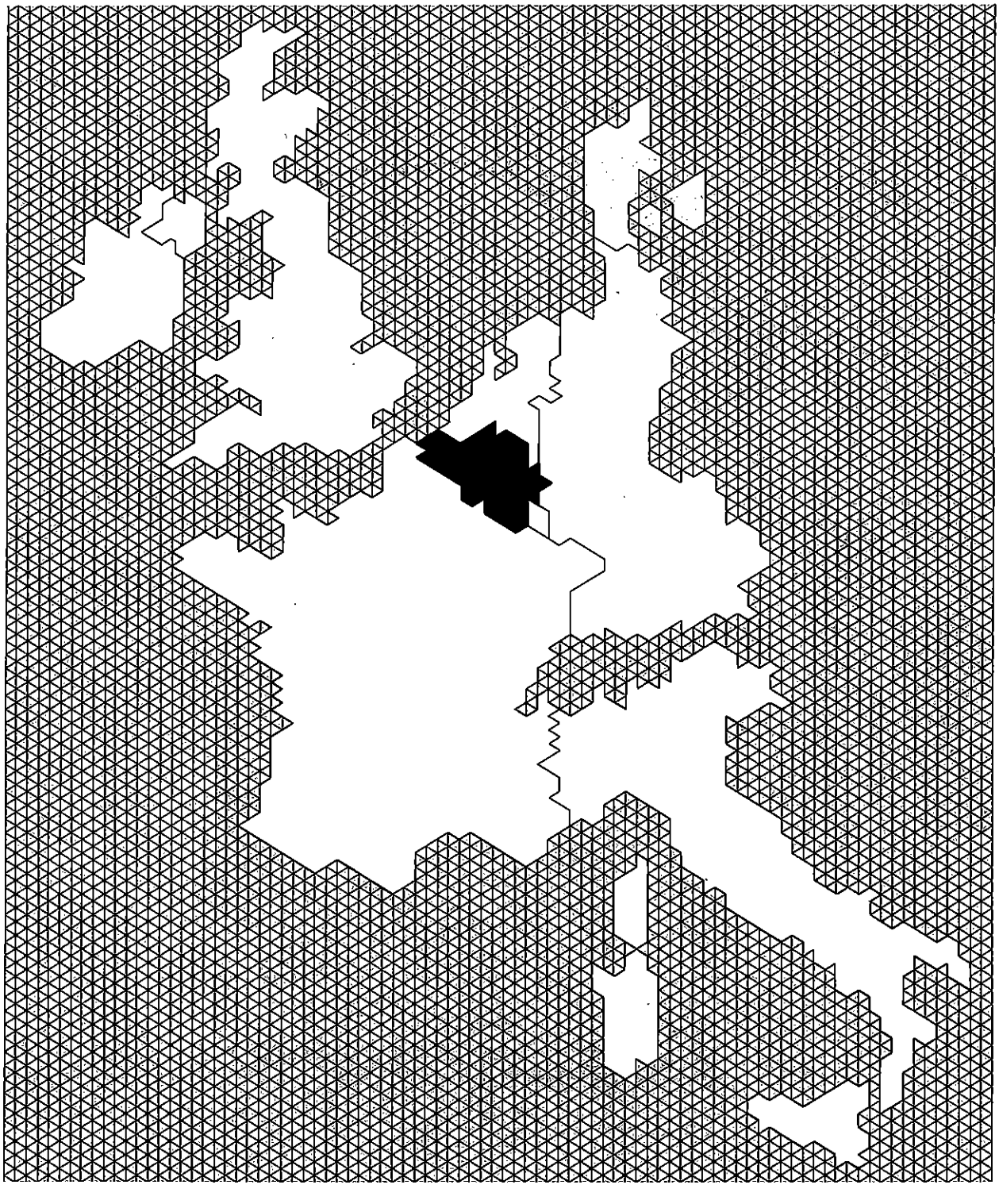
Commission des Communautés Européennes

Bilan des ressources en eau souterraine de la Belgique



Commission des Communautés Européennes

Bilan des ressources en eau souterraine de la Belgique

Direction générale de l'environnement, de la protection des consommateurs
et de la sécurité nucléaire.

Th. Schäfer GmbH · D-3000 Hannover 1

Ir. F. Derycke avec la collaboration de P. G. Laga et H. Neybergh
Service geologique de Belgique rue Jenner 13 B-1040 Bruxelles
Contrat ENV/223/74-F REV 2

J. J. Fried, Professeur à l'Université Louis Pasteur de Strasbourg.
Coordinateur de l'étude.

EUR 7947 FR

Avertissement
Ni la Commission des Communautés européennes, ni aucune autre personne agissant au nom de la Commission n'est responsable de l'usage qui pourrait être fait des informations ci-après.

© CECA, CEE, CEEA, Bruxelles-Luxembourg, 1982

Publié et distribué par
Th. Schäfer Druckerei GmbH · Tivolistraße 4 · D-3000 Hannover 1
Telefon (0511) 3499-0 · Telex 923846 (vinha)

Préface

Dr. K.-H. Narjes

Membre de la Commission
des Communautés européennes

Responsable de l'Environnement, de la Protection des Consommateurs et de la Sécurité Nucléaire

Le bilan des ressources en eau souterraine de la Communauté est une évaluation de ces ressources dont l'objectif essentiel est d'aider les gestionnaires de l'eau, les planificateurs et plus généralement les décideurs au niveau national et communautaire. Cette étude, conduite à une échelle permettant l'homogénéisation des résultats et assurant leur cohérence ainsi que des comparaisons fructueuses entre Etats Membres, donne une image aussi complète que possible à l'échelle communautaire de la répartition des eaux souterraines et de leurs disponibilités.

Une des premières études internationales de ce genre, ce travail est original à bien des titres:

- au plan des résultats, il apporte les éléments nécessaires à une approche nationale et communautaire de la gestion des eaux souterraines, notamment en rassemblant et en analysant, souvent pour la première fois, des données généralement dispersées; il met aussi en évidence les lacunes qui devraient être comblées pour une gestion rationnelle de cette ressource importante.
- au plan technique, en introduisant une régionalisation à la fois scientifique et administrative, il a mis en évidence les problèmes liés à l'exploitation de la ressource en eau souterraine, dans un cadre permettant d'éventuelles décisions politiques.
- au plan méthodologique, effectue par neuf équipes, une par Etat membre, sous la direction d'un coordinateur, il a permis une confrontation et une harmonisation des idées, des méthodes et des usages propres à chaque Etat membre.

Cette étude mérite que l'on y porte un grand intérêt pour les résultats obtenus et la méthodologie utilisée.

Introduction

A. Andreopoulos
Directeur Général
Direction Générale de l'Environnement, de la Protection des Consommateurs et de la Sécurité Nucléaire

La Commission des Communautés Européennes présente le bilan des ressources en eau souterraine de la Communauté.

Pour la première fois, une image aussi complète que possible à l'échelle communautaire est donnée des aquifères et de leurs disponibilités. Cette évaluation comporte quatre thèmes de base, chaque thème étant illustré par 38 cartes couvrant le territoire de la Communauté à l'échelle du 1/500.000 (soit un total de 152 cartes d'environ 50×80 cm en moyenne) et détaillé dans 10 rapports soit un rapport par Etat membre et un rapport de synthèse.

L'adhésion de la Grèce à la Communauté européenne a eu lieu le 1er janvier 1981, alors que les études pour les neufs autres Etats membres avaient déjà été réalisées. Pour cette raison, la Grèce ne fait pas partie de cet ouvrage. Les travaux sur les eaux souterraines de la Grèce ont commencé en 1982. Par conséquent, il faut prévoir que les données concernant cet Etat membre seront intégrées, avec un léger décalage, dans l'œuvre globale.

Les thèmes traités sont les suivants:

- L'inventaire des aquifères: position géographique; caractéristiques géométriques, lithologiques, stratigraphiques; types (libre ou captif); perméabilités (d'interstices, de fissures, karst).

- L'hydrogéologie des aquifères: transmissivités, directions d'écoulement, échanges rivières-nappes, problèmes spécifiques comme l'intrusion d'eau de mer.

- L'exploitation de l'eau souterraine: les densités d'exploitation, les stations de pompage importantes.

- Les ressources complémentaires potentielles: avec toutes les précautions d'usage concernant la recharge, l'exploitation et les contraintes de gestion, on présente la distribution géographique des zones de surplus possible, d'équilibre, de surexploitation reconnue en l'état des politiques actuelles d'exploitation, les zones sans eau souterraine significative.

Pour plusieurs Etats-Membres, ce bilan représente la première évaluation au plan national de leurs ressources en eau souterraine et il rassemble et synthétise des données dispersées et souvent traitées ici pour la première fois.

Instrument indispensable pour la gestion des eaux souterraines à l'échelle communautaire, cette œuvre est également très précieuse pour la connaissance et la gestion des ressources en eau souterraine à l'échelle de chaque Etat-Membre, grâce à la grande originalité de la méthode d'évaluation, combinant une régionalisation hydrogéologique et une régionalisation administrative suivant un maillage irrégulier adapté aux unités de décision administrative nationales, ce qui permet une utilisation très facile dans le contexte administratif et politique de la gestion et notamment des modélisations.

Une légende originale a été conçue, permettant une présentation homogène des résultats pour l'ensemble de la Communauté et une lecture aisée par des non spécialistes, tout en préservant la qualité technique de l'information.

S O M M A I R E

AVANT-PROPOS

CHAPITRE I - INTRODUCTION

CHAPITRE II - GENERALITES

2.1. Informations générales : - Pluviosité
- Hydrographie

2.2. Législation de l'eau en Belgique

2.3. Situation de la distribution de l'eau en Belgique

2.4. Mode de captage des eaux souterraines

2.5. Composition naturelle des eaux souterraines

CHAPITRE III - CARTES DU BILAN DE SYNTHESE

Carte n°1 : - Inventaire des formations aquifères

1) Géologie et lithologie
2) Type de formations aquifères
3) Géométrie des formations aquifères

Carte n°2 : - Hydrogéologie

1) Mouvement de l'eau
2) Contraintes particulières
3) Divers

Carte n°3 : - Exploitation

1) Volumes exploités
2) Sources ou groupes de sources

Carte n°4 : - Estimations : recharge - disponibilités

1) Recharge
2) Disponibilités

CHAPITRE IV - DESCRIPTION DES FORMATIONS AQUIFERES BELGES

4.1. Quaternaire

4.1.1. - Dunes (sables côtiers) et plaine maritime
4.1.2. - Vallée Flamande
4.1.3. - Thalwegs du Bassin de l'Escaut
4.1.4. - Thalwegs du Bassin de la Meuse
4.1.5. - Haute Terrasse et Plaine de Basse Meuse

4.2. Tertiaire

4.2.1. - Ensemble des sables de Campine, au-dessus de l'Argile de Boom.

4.2.1.1. - Formation de Berchem ("Anversien" traditionnel)

4.2.1.2. - Formation de Diest ("Diestien" traditionnel)

4.2.1.3. - Formations de Kattendijk et de Kasterlee

4.2.1.4. - Formation de Lillo ("Scaldien" traditionnel)

4.2.1.5. - Formation de Mol

4.2.1.6. - Formation de Brasschaat

4.2.1.7. - Formation de Merkplas

4.2.1.8. - Formation du Complexe des Sables et Argiles de Campine

4.2.1.9. - Schéma hydrogéologique du Bassin de la Campine
A) Couche aquifère profonde
B) Couche aquifère moyenne
C) Couche aquifère phréatique

4.2.2. - Sables du Rupélien inférieur

4.2.3. - Sables lédo-paniseliens et lédo-bruxelliens

4.2.3.1. - Sables lédo-paniseliens
- Sables lédo-bruxelliens
- Salinité

4.2.4. - Sables bruxelliens

4.2.5. - Sables yprésiens

4.2.6. - Sables landéniens

4.2.7. - Landénien du Bassin de la Gette

4.2.8. - Marnes heersiennes

4.3. Crétacé

4.3.1. - Crétacé des Flandres

4.3.2. - Crétacé du Brabant

4.3.3. - Crétacé de Hesbaye

4.3.4. - Nappe captive du Maastrichtien

4.3.5. - Crétacé du Pays de Herve

4.3.6. - Crétacé du Bassin de Mons

4.4. Jurassique

4.5. Conglomérats de Stavelot (Poudingue de Malmédy)

4.6. Calcaires dinantiens

4.6.1. - Calcaires dinantiens du Synclinorium de Namur

4.6.1.1. - Calcaire Carbonifère du Tournaisis
4.6.1.2. - Calcaire Carbonifère du Hainaut

4.6.2. - Calcaire Carbonifère du Bassin de Dinant

4.7. Calcaires dévoniens

4.8. Terrains schisto-gréseux du Dévonien et du socle ancien (Silurien-Ordovicien - Cambrien)

4.9. Nappe captive du socle cambro-silurien

CHAPITRE V - HYDROGEOLOGIE - PRELEVEMENTS - DISPONIBILITES

- Secteur 1
- Secteur 2
- Secteur 3
- Secteurs 4, 5 et 6
- Secteur 7
- Secteurs 8, 9 et 10
- Secteurs 11 et 12
- Secteur 13
- Secteurs 14, 15, 16 et 17
- Secteurs 18 et 20
- Secteur 19
- Secteur 21
- Secteur 22
- Secteur 23
- Secteur 24
- Secteur 25
- Secteur 26
- Secteur 27
- Secteur 28
- Secteurs 29 et 30
- Secteur 31
- Secteur 32

Note relative au Calcaire Carbonifère du Bassin de Namur

- Secteur 33
- Secteur 34
- Secteur 35
  Note relative au Calcaire Carbonifère du Bassin de Dinant.
  Note relative aux calcaires dévoniens du Bassin de Dinant.
  Note relative aux terrains schisto-gréseux de l'Ardenne.
- Secteur 36
- Secteur 37
- Secteur 38
- Secteur 39
- Secteurs 40 et 41
- Secteur 42
- Secteurs 43 et 44
- Secteur 45
- Secteur 46
- Secteur 47
- Secteur 48

Conclusions chapitre V

1. Prélèvements en eau souterraine.
2. Disponibilités en eau souterraine.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte de la répartition de la distribution de l'eau en Belgique.

Figure 2 : Evolution de la teneur en chlore de nappes captives du Nord du Pays en fonction de la distance à la zone phréatique d'alimentation.

Figure 3 : Carte des limites de salinité à 500mgr Cl^-/litre des nappes captives du Nord du Pays.

Figure 4 : Répartition des cartes de la série World 1404 en Europe.

Figure 5 : Carte des limites d'extension méridionale des formations imperméables dans le Nord du Pays.

Figure 6 : Coupe schématique de la Plaine Maritime d'Ostende à Oudenbourg.

Figure 7 : Coupe Zwartberg-Stokkem à travers la Haute Terrasse et la plaine de Basse Meuse.

Figure 8 : Coupe N-S Kalmthout-Duffel des formations reposant sur l'Argile de Boom.

Figure 9 : Schéma hydrogéologique de la Province d'Anvers.

Figure 10 : Carte isopiézométrique de la Nappe des Sables de Diest et de Kasterlee (associés localement aux Sables de Kattendijk et de Kasterlee) - " Couche aquifère profonde" du schéma structural.

Figure 11 : Carte isopiézométrique des Formations de Merksplas, Lillo et Poederlee en zone captive sous le recouvrement de l'Argile de Campine - "Couche aquifère moyenne" du schéma structural.

Figure 12 : Carte isopiézométrique de la nappe phréatique des Formations de Campine, Mol et de Brasschaat - "Couche aquifère phréatique" du schéma structural.

Figure 13 : Coupe générale A suivant la direction E-W entre Ostende et Malines.

Figure 14 : Coupe générale B suivant la direction E-W entre Poperinge et Maastricht.

Figure 15 : Carte des isoteneurs en mE/chlore dans la nappe captive des sables lédo-paniseliens.

Figure 16 : Coupe générale C suivant la direction E-W entre Roubaix et Liège.

Figure 17 : Coupe générale dans les couches landéniennes du Bassin de la Gette.

Figure 18 : Carte de l'extension des dépôts crétacés dans la partie septentrionale de la Belgique.

Figure 19 : Coupe dans le Crétacé du Pays de Herve.

Figure 20 : Coupe longitudinale dans le Bassin de Mons.

Figure 21 : Coupe longitudinale dans le Bassin de Mons franco-belge.

Figure 22 : Coupe Nobressart-Longwy à travers les formations secondaires de la Gaume.

Figure 23 : Profil du Calcaire Carbonifère depuis Tourcoing à Namur.

LISTE DES TABLEAUX

I. Evolution des prélèvements d'eau souterraine et d'eau de surface, de 1974 à 1978.

II. Liste des aquifères de la Belgique.

III. Bilan hydrique de l'Institut Royal Météorologique.

IV. Bilan hydrique du Bassin de la Rulles.

V. Disponibilités des Massifs schisto-gréseux de l'Ardenne.

VI. Liste des prélèvements effectués dans chaque secteur avec indication de la destination de l'eau.

VII. Coefficients d'exploitation en eau souterraine de chaque secteur.

VIII. Classement des aquifères suivant l'importance de leur production.

AVANT-PROPOS

Le bilan de synthèse des ressources en eau de la Belgique a été effectué par le Service Géologique de Belgique à la demande de la Commission des Communautés Européennes (Service de l'Environnement et de la Protection des Consommateurs). Le contrat fut signé en juin 1978 ; diverses réunions, présidées par le coordonnateur de l'étude, Monsieur J.J. Fried et Monsieur Zampetti, représentant la Commission, ont permis de préciser les différents termes du bilan de synthèse et sa forme finale, quatre cartes à l'échelle 1/500.000, respectivement :

- *carte 1 : inventaire des formations aquifères,*
- *carte 2 : hydrogéologie,*
- *carte 3 : exploitation,*
- *carte 4 : estimation des disponibilités.*

Ce présent rapport est destiné à préciser et à compléter l'information synthétisée sur les différentes cartes.

La carte n°1 ainsi que le rapport s'inspirent fortement des publications ou documents inédits de feu Marcel Gulinck ; il est important de souligner ici le rôle fondamental que joua Marcel Gulinck dans le développement des sciences hydrogéologiques en Belgique : à la fois mathématicien, géologue de terrain, hydrologue et ingénieur en sciences appliquées, Marcel Gulinck présentait toutes les qualités d'un grand hydrogéologue. La longue expérience et les connaissances de Monsieur R. Legrand, principalement dans le domaine du calcaire carbonifère, m'ont été d'un grand secours.

Monsieur P.G. Laga m'a aidé efficacement pour la géologie et l'hydrogéologie de la partie septentrionale du pays, tandis que Monsieur H. Neybergh s'acquittait de la même tâche pour les contours géologiques des terrains plissés de la Wallonie.

Monsieur R. Fautré s'est chargé avec patience et persévérance de l'inventaire de toutes les données relatives aux pompages d'eau souterraine ; ces données ont été synthétisées et mises en tableaux par Monsieur C. Delvaux.

Madame C. Mertens pour le collationnement de données éparses et Mesdames N. Kéro et B. Collard pour la dactylographie ont oeuvré à la réalisation technique de ce rapport.

Enfin, Messieurs R. Troch et A. Theys se sont chargés respectivement du dessin et des maquettes des cartes du bilan de synthèse.

Que tous soient remerciés pour leur patience et la qualité de leur travail, malgré les contingences de délais toujours trop courts.

Ir. F. DERYCKE,
Service Géologique de Belgique

CHAPITRE I : INTRODUCTION

La connaissance des gisements aquifères et de leur réserve est fondamentale. L'eau est l'un des éléments les plus importants dans le monde : elle est essentielle à la vie de l'Homme et au développement de ses collectivités. Malheureusement, l'eau n'est pas une "manne céleste" distribuée à profusion par la Nature : c'est une richesse naturelle, certes, mais elle est épuisable et dès lors il convient de l'évaluer, puis de la préserver en qualité et en quantité. L'importance d'une étude du bilan de synthèse des ressources en eau à l'échelle des Communautés Européennes apparaît donc évidente : l'Homme ne peut plus continuer à exploiter aveuglément une nappe aquifère sans risquer son épuisement, phénomène pratiquement irréversible ; la sauvegarde et l'avenir des nappes d'eau souterraine exigent une gestion rationnelle, fondée sur des études quantitatives et qualitatives. L'étude quantitative des ressources en eau de la Communauté Européenne répond à la première condition de gestion rationnelle ; la seconde, basée sur l'étude de la vulnérabilité des nappes aquifères, sera entamée dans une seconde phase.

La mise en place d'une gestion rationnelle de l'eau est particulièrement importante en Belgique ; d'une part, on peut considérer que dans l'ensemble, toutes les ressources aquifères utilisables sont actuellement connues et les gisements d'eau souterraine sont largement mis à contribution, parfois même au-delà de leur capacité; d'autre part, si le territoire belge contient des gisements aquifères très variés, leur répartition géographique est assez inégale : certaines régions à forte densité de population urbaine et industrielle ne peuvent trouver sur place les ressources qui leur sont indispensables et sont obligées de faire appel à des captages fort éloignés.
Il y a une vingtaine d'années, la plus grande partie des eaux distribuées provenait de prises d'eau souterraine. Pour faire face aux besoins croissants de l'industrie et de l'agriculture ainsi qu'à l'accroissement de consommation des collectivités, lié à l'amélioration du niveau de la vie, il a été nécessaire de mobiliser de larges quantités d'eau de surface.
Le tableau I montre l'évolution comparée, durant les dernières années, des prélèvements d'eau de surface pour la distribution et d'eau souterraine pour la distribution et pour l'industrie. On peut constater que les quantités d'eau souterraine prélevées pour la distribution et l'industrie

TABLEAU I

EVOLUTION DES PRELEVEMENTS D'EAU SOUTERRAINE
ET D'EAU DE SURFACE, DE 1974 A 1978 (en m3)

	Eau de surface (1) Distribution publique	Eau souterraine (2) Distribution publique	Eau souterraine (2) (3) Usage industriel
1974	167.317.762	392.520.868	178.865.527
1975	164.467.004	406.522.798	163.480.541
1976	191.281.010	415.816.698	171.260.865
1977	192.907.338	410.164.521	164.881.699
1978	207.917.272	418.743.065	163.667.570

(1) D'après statistiques du Ministère de la Santé Publique.

(2) D'après statistiques de l'Administration des Mines.

(3) Sans tenir compte des prélèvements dus à l'exhaure des carrières, des mines et au démergement.

sont relativement constantes ; par contre, le volume d'eau de surface utilisé dans les réseaux de distribution montre une croissance régulière, atteignant près de 20% de 1974 à 1978 (1).
Les ressources en eau souterraine gardent cependant toute leur importance car elles représentent une quantité double à celle de l'eau de surface dans le domaine de l'eau fournie à la distribution publique. En outre, elles offrent généralement de meilleures garanties au point de vue de la qualité et de la protection contre les pollutions extérieures.

La courte durée de temps disponible pour l'élaboration du bilan de synthèse des ressources en eau souterraine a imposé de nous limiter à la revue et à la synthèse de l'information existante ; cette option était d'ailleurs bien définie à l'origine par la Commission des Communautés Européennes. Les cartes n°1 (inventaire des formations aquifères) et n°3 (exploitation) doivent être considérées comme complètes et satisfaisantes. La carte n°2 (hydrogéologie), complète dans l'état actuel des connaissances, est perfectible, à court terme, au niveau de l'information relative aux caractéristiques hydrodynamiques des aquifères et de leur piézométrie. Enfin, sur la carte n°4 (estimation des disponibilités), nous avons surtout mis l'accent sur les aquifères trop largement mis à contribution et surexploités. Pour les aquifères captifs, la carte souffre certainement du nombre restreint d'étudesde synthèse régionale des ressources, en dehors des grands réservoirs producteurs. Pour les aquifères phréatiques, la complexité des facteurs mis en jeu ne permet généralement pas d'appliquer les formules simples du bilan hydrologique et d'établir ainsi un rapport direct entre les eaux souterraines, les eaux de surface et la pluviosité. Fidèles à la politique du Service Géologique de Belgique, vis-à-vis des ressources en eau, nous nous sommes refusés à publier des chiffres basés sur l'empirisme seul ; trop d'auteurs dans le passé se sont permis d'avancer des chiffres insuffisamment étayés et nous pensons qu'oeuvrer à de telles tâches ne concourt pas à l'avancement réel de la connaissance des ressources.

---

(1) Voir, en annexe 1, le relevé des principales exploitations d'eau de surface en Belgique.

CHAPITRE II - GENERALITES

Dans ce chapitre, après quelques renseignements succints concernant la pluviosité et l'hydrographie en Belgique, nous passerons en revue différentes informations générales, relatives à la législation des eaux souterraines, à la situation de la distribution de l'eau en Belgique et aux modes de captages utilisés. Ces informations nous ont été demandées par Monsieur J.J. Fried, coordonnateur du projet ; elles sont utiles dans le contexte du bilan de synthèse des ressources en eau souterraine et à titre de comparaison entre les Pays de la Communauté Européenne.

2.1. INFORMATIONS GENERALES

- Pluviosité en Belgique

Les valeurs moyennes des précipitations relevées en Belgique sont comprises entre 700 mm par an à la côte et 1.400 mm sur les plateaux de l'Ardenne. Il en résulte que le bassin mosan recueille nettement plus d'eau pluviale que le Bassin de l'Escaut.

- Hydrographie

Le territoire de la Belgique appartient aux cinq bassins hydrographiques suivants :

- Meuse, 14.630 km2 (bassin hydrographique total en amont de Liège, 20.800 km2);
- Escaut, 12.240 km2 (bassin hydrographique total en amont du Rupel, 19.300 km2);
- Bassins côtiers, 2.230 km2;
- Moselle-Rhin, 871 km2;
- Vise-Seine, 73 km2.

Le jaugeage des cours d'eau relève de la compétence de l'Administration des Voies Hydrauliques du Ministère des Travaux Publics ; pour les cours d'eau non navigables et non flottables, les mesures sont effectuées par les Services Techniques desProvinces et par l'Administration Hydraulique Agricole du Ministère de l'Agriculture.
Les mesures de pluviosité et les résultats des stations de jaugeage sont publiés chaque année dans un Annuaire Hydrologique, réalisé par l'Institut Royal Météorologique de Belgique.

2.2. LEGISLATION DE L'EAU EN BELGIQUE

En vue d'assurer l'exploitation rationnelle des ressources aquifères souterraines, leur répartition équitable entre les utilisateurs et la protection des biens de surface, différents arrêtés royaux règlementent l'exploitation des prises d'eau souterraine.
Depuis 1947, toute prise d'eau souterraine à usage public ou privé, dépassant les besoins domestiques, est soumise à une autorisation préalable que doivent accorder les Ministères ou Secrétaires d'Etat régionaux.
Ces exploitants de prises d'eau souterraine, mises en service avant le 15 juillet 1947 sont tenus d'en faire déclaration ; l'Administration des Mines donne acte de cette déclaration et cet acte vaut autorisation ; dans certains cas précis (risques de dégâts en surface, surexploitation d'un aquifère ou utilisation irrationnelle de l'eau), l'exploitant peut se voir imposer de nouvelles conditions relatives au débit maximum prélevé, au niveau minimum de rabattement de la nappe ou à l'installation d'instruments de mesure des niveaux.

Toute nouvelle prise d'eau souterraine (post 1947) est soumise à autorisation préalable, excepté, pour autant que l'eau ne soit pas jaillissante au lieu de captage:

- les prises d'eau destinées aux besoins alimentaires et sanitaires d'une communauté familiale,
- les puits où l'eau est prélevée sans l'aide d'un moteur,
- les pompages d'essai d'une durée inférieure à 2 mois,
- les pompages d'eau souterraine de caractère temporaire, réalisés à l'occasion de travaux publics, lorsque le débit ne dépasse pas 96 m3/j.

Les prises d'eau souterraine sont réparties en deux classes :

- CLASSE I : prises d'eau dont le débit prélevé par jour ne dépasse pas 96 m3 et pompages temporaires réalisés à l'occasion de travaux publics et dont le débit est supérieur à 96 m3/j.
- CLASSE II : prises d'eau souterraine de débit supérieur à 96 m3/j.

Procédure d'autorisation des prises d'eau souterraine de la classe I.

Toute prise d'eau souterraine de classe I doit faire l'objet d'une déclaration aboutissant à l'Administration des Mines et comportant les renseignements suivants :

- identité ou raison sociale du demandeur,
- acte de propriété ou autorisation écrite du propriétaire,
- activité de l'établissement,
- destination de l'eau,
- nombre maximal de m3 par jour et par an, avec justification de l'utilisation de ce débit,
- emplacement de la prise d'eau (extrait cadastral et extrait de carte au 1/10.000),
- nature de la prise d'eau ou de l'ouvrage,
- caractéristiques techniques de l'ouvrage,
- lieu d'évacuation des eaux usées.

Il est donné acte à la déclaration et cet acte vaut autorisation. Le Service Géologique de Belgique fournit éventuellement un rapport concernant la prise d'eau considérée.

Procédure d'autorisation des prises d'eau souterraine de la classe II.

La demande comporte les mêmes renseignements que ceux prévus au paragraphe précédent. Le Service Géologique de Belgique fournit un avis concernant la préservation des ressources aquifères souterraines.
L'Administration des Mines instruit la demande et fait rapport à la Députation Permanente ; le Service Géologique de Belgique peut recommander une enquête publique dans les communes dont le territoire est susceptible d'être influencé par la prise d'eau ou l'ouvrage.
L'autorisation peut être subordonnée à des mesures relatives notamment au volume d'eau maximal à prélever, aux dispositifs de prélèvement , à l'isolement des différentes nappes aquifères superposées, au relevé des niveaux d'eau, à l'utilisation de l'eau captée, à la préservation des prises d'eau souterraine dans le voisinage, à la préservation des propriétés de la surface ainsi qu'à la sécurité publique.
Toute nouvelle prise d'eau autorisée doit permettre, en tout temps, la mesure du niveau de l'eau, soit au moyen d'une sonde, soit par un dispositif automatique.

Les exploitants des prises d'eau souterraine de classe II doivent communiquer à l'Administration des Mines, au plus tard le 15 janvier de chaque année, les volumes d'eau captés au cours de l'année écoulée.
Notons pour terminer la création depuis 1977 d'un Fonds d'avances pour la réparation des dommages provoqués par les prises et pompages d'eau souterraine ; ce fonds d'avance est alimenté par une contribution des exploitants de prises d'eau, proportionnellement au débit prélevé.

2.3. SITUATION DE LA DISTRIBUTION DE L'EAU EN BELGIQUE

L'organisation de la distribution de l'eau en Belgique est variée. La figure 1 montre la répartition des distributions d'eau sur le territoire national.

Un grand nombre de communes, principalement en Haute-Ardenne possèdent leur propre réseau de distribution d'eau captée sur leur territoire même ou en dehors de celui-ci.
Ailleurs, des intercommunales, groupant plusieurs communes, exploitent leurs captages.
L'alimentation des grands centres urbains s'effectue, soit par des sociétés intercommunales, soit par des services exploitant en régie des installations autonomes. Le sous-sol de certains de ces centres urbains est pauvre en ressources en eau et leur alimentation doit s'effectuer à partir de captages éloignés (par exemple, les villes de Bruxelles, Gand et Bruges sont approvisionnées en eau partiellement par le Calcaire Carbonifère de la Dendre ou le Crétacé du Bassin de Mons.

2.4. MODE DE CAPTAGE DES EAUX SOUTERRAINES

Les principaux types de captage utilisés en Belgique sont les suivants :

- puits filtrants isolés ou batterie de puits, dans les aquifères sableux épais (sables bruxelliens, sables de Diest), avec de bons rendements spécifiques ;
- batterie de puits filtrants de faible section, dans des sables ou graviers peu épais (terrasse et plaine de basse Meuse) ou faiblement perméables (sables yprésiennes ou landéniens) ;
- puits de grand diamètre (supérieur à 0,5 m), dans des calcaires fissurés, cuvelés ou maçonnés dans les craies ou certains sables ;
- galeries captantes à écoulement gravitaire ou avec refoulement (calcaire du Bassin de Dinant, craie de Hesbaye, sables bruxelliens) ;

FIGURE 1

REPARTITION DES DISTRIBUTIONS D'EAU DANS LE TERRITOIRE NATIONAL

SOCIETE NATIONALE DES DISTRIBUTIONS D'EAU

PETITES REGIES COMMUNALES ET INTERCOMMUNALES

GRANDES REGIES

C.I.B.E = COMPAGNIE INTERCOMMUNALE BRUXELLOISE DES EAUX

A.W.W. = ANTWERPSE WATERWERKEN

C.I.E.A.L.E. = COMPAGNIE INTERCOMMUNALE DES EAUX DE L'AGGLOMERATION LIEGOISE ET EXTENSIONS

T.H.V.W. = TUSSENGEMEENTELIJKE MAATSCHAPPIJ DER VLAANDEREN VOOR WATERBEDELING

P.I.D.P.A. = PROVINCIALE EN INTERCOMMUNALE DRINKWATERMAATSCHAPPIJ DER PROVINCIE ANTWERPEN

COMMUNES SANS DISTRIBUTION D'EAU

SITUATION DE SEPTEMBRE 1968

- carrières souterraines et mines abandonnées, dans les calcaires et parfois les craies ;
- carrières à ciel ouvert ;
- drains superficiels, en tête de vallon, pour capter les débits de plusieurs petites sources (socle de l'Ardenne),
- captage de sources à l'émergence (terrains jurassiques de la Gaume) .

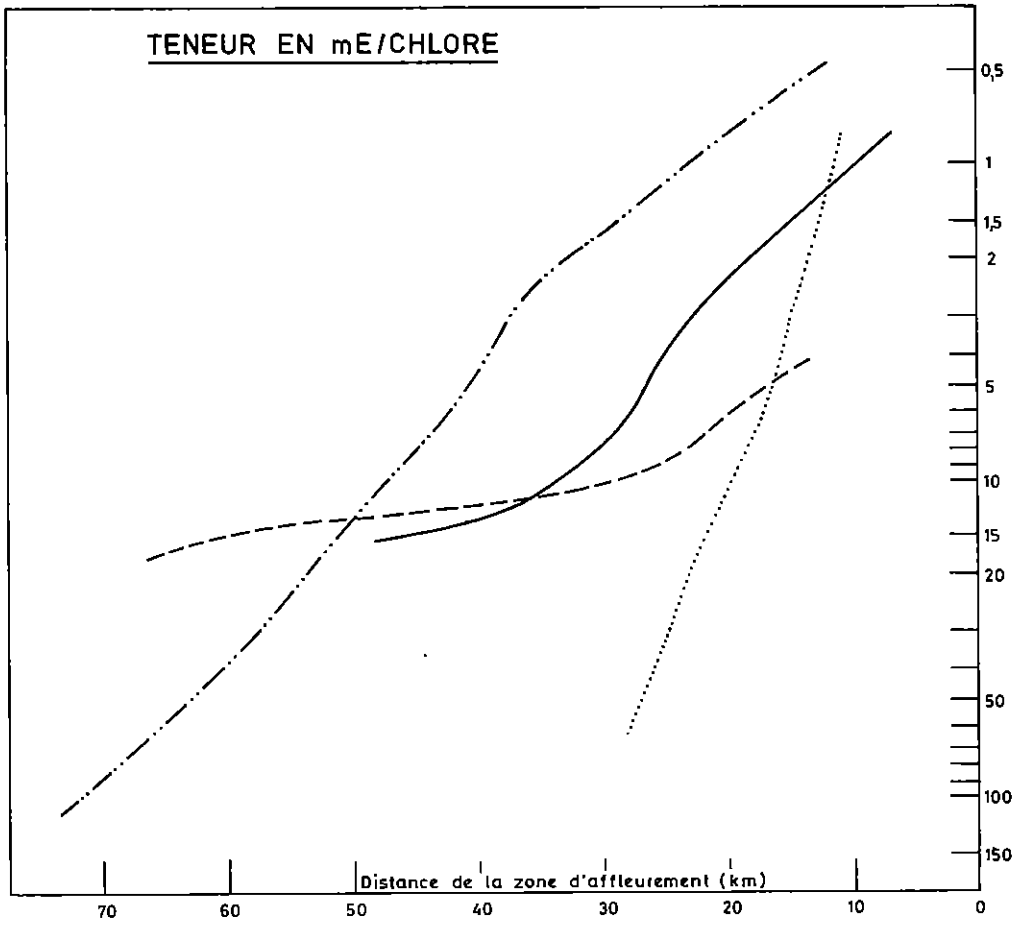
2.5. COMPOSITION NATURELLE DES EAUX SOUTERRAINES

Sans entrer dans le domaine de la pollution artificielle et de la vulnérabilité , objet d'une prochaine étude, nous pensons qu'il est utile de préciser quelques notions générales relatives à la qualité naturelle des eaux souterraines.

Dans les nappes phréatiques, la qualité naturelle des eaux dépend essentiellement de la nature des terrains traversés :

- les eaux des massifs schisto-gréseux de l'Ardenne et des sables quartzeux de Campine , sont peu minéralisées et acides ;
- les eaux provenant des terrains glauconifères de Campine ou de certaines zones des graviers de Campine sont ferrugineuses et plus ou moins acides ;
- les eaux contenues dans des sables calcareux, des craies et des calcaires ou ayant percolé au travers de limons calcarifères sont calcaires ;
- la région maritime et les polders produisent des eaux chlorurées.

Par contre, les eaux des nappes captives changent graduellement de composition chimique lorsque la profondeur de la nappe augmente en s'écartant de la zone d'alimentation. Les eaux, souvent dures, se transforment en eaux douces, chargées de carbonates sodiques.
Plus loin, les eaux deviennent de plus en plus chlorurées et l'eau issue de sondages profonds peut atteindre une salinité triple de celle de l'eau de mer actuelle, sans que l'on puisse admettre une infiltration de celle-ci.
La figure 2 illustre l'augmentation de la salinité (teneur en ions Cl^-) en fonction de la distance à la zone phréatique d'alimentation.
Cette augmentation de la salinité conduit rapidement différentes nappes captives du Nord du Pays au seuil de 500 mgr d'ions Cl^-, seuil à partir duquel la représentation des aquifères est abandonnée sur la carte n°1.



—·—·— Nappe du Crétacé (suivant une ligne Turnhout - Tongres)

— — — — Nappe des sables landéniens

····· Nappe des sables lédo-paniseliens

——— Nappe du socle (suivant ligne Gand - Ath)

Figure 2 : Evolution de la teneur en Cl^- de nappes captives dans le Nord du Pays en fonction de la distance de la zone phréatique d'alimentation (d'après M. GULINCK, 1969).

La figure 3 représente les lignes isochlorures à 500 mgr Cl^- pour les nappes captives des sables lédo-paniseliens, yprésiens et landéniens ainsi que pour les nappes profondes du socle et du Crétacé de la partie flamande du pays.

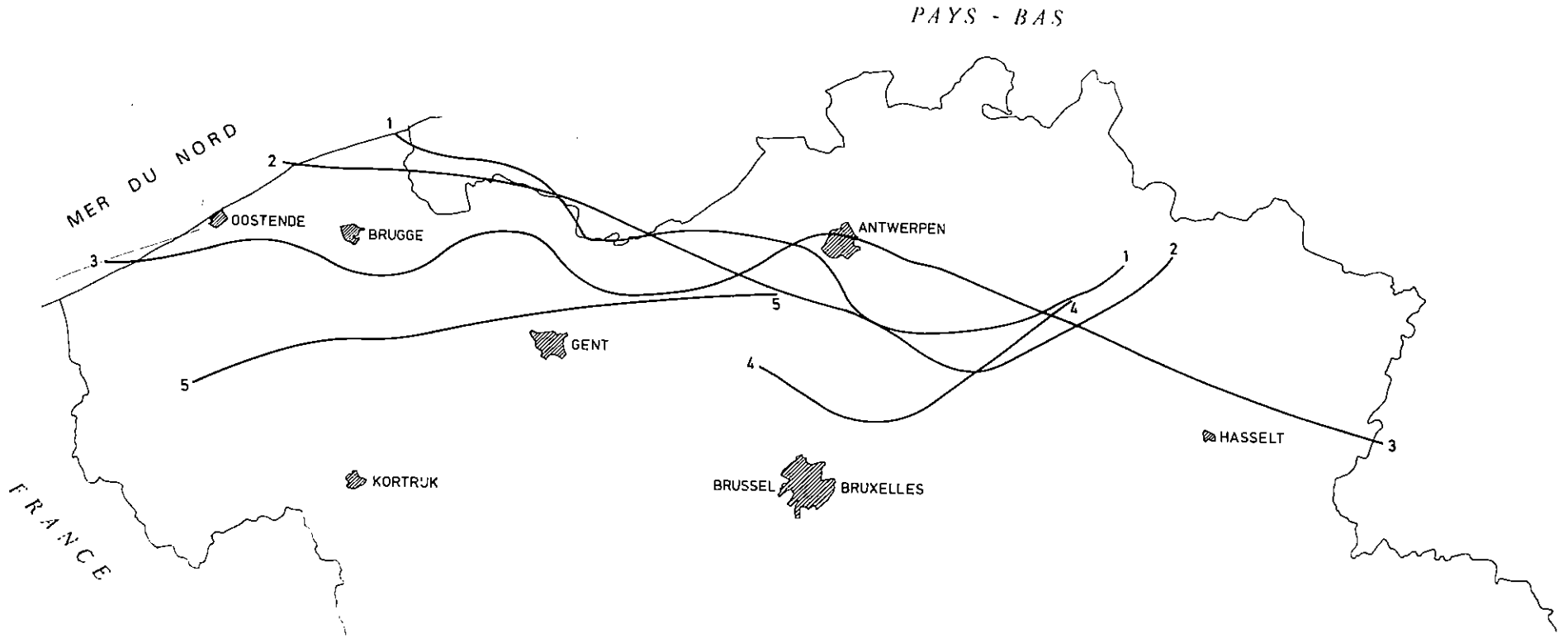


Figure 3 : Carte des limites de salinité à 500 mgr Cl^-/litre des nappes captives du Nord du Pays.

1. Nappe des sables lédo-paniseliens
2. Nappe des sables yprésiens
3. Nappe des sables landéniens
4. Nappe du Crétacé
5. Nappe du socle paléozoïque

CHAPITRE III - CARTES DU BILAN DE SYNTHESE

L'illustration cartographique du bilan de synthèse des ressources en eau souterraine a été effectuée sur les cartes de la série WORLD 1404 à l'échelle du 1/500.000ème (voir figure 4). La carte n°14 représente pratiquement toute la Belgique, à l'exception de la partie extrême méridionale ; afin de simplifier les problèmes de dessin définitif, la partie du territoire belge figuré sur la carte 18 sera dessinée par la France tandis que la Belgique se chargera des territoires français, hollandais, allemands et luxembourgeois appartenant à la carte 14.

Carte n°1 - Inventaire des formations aquifères

1. GEOLOGIE et LITHOLOGIE
   - vallées alluviales,
   - types de perméabilité : - interstices,
     - fissures,
     - mixte,
     - milieux karstiques,
   - faille,
   - âge des formations (légende générale de la carte géologique internationale de l'Europe, votée par le Congrès Géologique International et publiée par le Bundesanstalt für Bodenforschung (Hannover 1962),
   - lithologie (légende de l'Unesco simplifiée - voir tableau n°2).

2. TYPE DE FORMATIONS AQUIFERES
   - libre,
   - captive.

3. GEOMETRIE DE FORMATIONS AQUIFERES
   - limite d'extension,
   - toit et mur de la nappe (en raison du caractère général de superposition des aquifères en Belgique, il ne nous a pas été possible de représenter sur la carte n°1 les cotes du toit et du mur des aquifères - nous en ferons mention dans la description des unités élémentaires - chapitre 6).
   - aquifère multicouche,
   - aquifère monocouche,
   - aquifères superposés (3 au maximum),

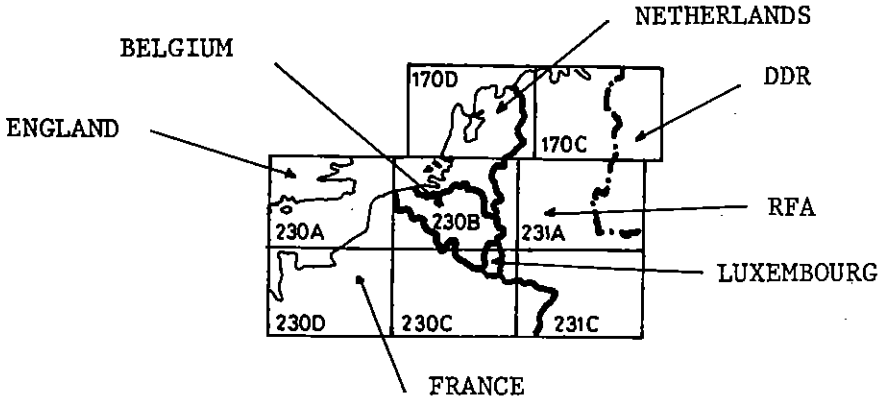


Figure 4 : Répartition autour de la Belgique des cartes topographiques de la série World 1404.

REPARTITION DES PROVINCES BELGES

1. Flandre occidentale
2. Flandre orientale
3. Anvers
4. Limbourg
5. Brabant
6. Hainaut
7. Namur
8. Liège
9. Luxembourg

- domaine karstique pur,
- zone d'émergence des nappes,
- domaine sans formation aquifère.

Une coupe générale, traversant tout le Nord du pays et orientée EST-OUEST accompagne la carte n°1. Cette coupe précise les différentes formations contenues dans les aquifères multicouches du Nord du Pays.

Carte n°2 - Hydrogéologie

1. MOUVEMENT DE L'EAU
   - courbes piézométriques,
   - sens d'écoulement de la nappe,
   - transmissivité,
   - échanges entre aquifères,
   - liaison nappe → rivière, ou rivière → nappe,
   - domaine karstique.

2. CONTRAINTES PARTICULIERES
   - limite de zones à eau salée,
   - intrusion d'eau de mer,
   - émergence de nappe,

3. DIVERS
   - recharge artificielle importante (inexistante en Belgique),
   - nature et importance des sources (peu de sources de débit supérieur à 30 l/sec. en Belgique).

Carte n°3 - Exploitation

- maillage : le maillage des cartes n°3 et n°4 correspond au découpage du territoire belge en 48 secteurs économiques ; ces régions ont été délimitées en septembre 1974 par le Service National de l'Administration de l'Urbanisme (Ministère des Travaux Publics). Il s'agit d'entités économiques pour lesquelles existent des projets d'aménagement du territoire ; elles correspondent à des sous-divisions des neuf provinces belges.

1. VOLUMES EXPLOITES
   - numéro de la maille,
   - volume total pompé (en 10^6 m^3/an),
   - nature du captage (aquifère unique ou multiple),
   - taille du captage.

2. SOURCES ou GROUPES DE SOURCES

Carte n°4 - Estimations : recharge - disponibilités

1. RECHARGE
   - zone de recharge artificielle importante (inexistante en Belgique).

2. DISPONIBILITES
   - maillage,
   - numéro de la maille,
   - volume disponible par maille,
   - flux entre maille (et entre mailles de pays voisins),
   - zone à bonne disponibilité complémentaire,
   - zone d'équilibre entre la ressource et son utilisation,
   - zone de surdéveloppement,
   - zone à disponibilité d'importance locale seulement,
   - zone jugée non exploitable dans l'état actuel des connaissances.

CHAPITRE IV - DESCRIPTION DES FORMATIONS AQUIFERES BELGES

A l'image de la géologie, les formations aquifères belges présentent des caractères très variés : le tableau II énumère ces différents réservoirs d'eau souterraine et précise la dénomination qui leur sera appliquée dans la suite du rapport.
Le tableau II caractérise aussi :

- l'âge des formations,
- le type de perméabilité,
- le type d'aquifère,
- les aquifères limités par une limite de salinité,
- l'importance de l'aquifère,
- les aquifères qui s'étendent au-delà de la frontière belge.

La carte n°1 "Inventaire des formations aquifères", montre à l'évidence le caractère distinct des structures géologiques des terrains aquifères dans les parties méridionale et septentrionale du Pays : structures "plissées" au Sud, structures "tabulaires" au Nord.

Dans le Nord du Pays, et plus précisément en moyenne et basse Belgique, les structures tabulaires conditionnent un empilement de terrains sédimentaires, meubles et peu consolidés, d'âges Cénozoïque et Mésozoïque ; cet empilement est constitué par des alternances de couches perméables et (semi) imperméables, superposées parfois sur de grandes étendues.
Sables, tuffeaux, craies d'une part, argiles ou marnes d'autre part, plongent régulièrement vers le Nord ou le Nord-Est ; ces dépôts reposent sur le socle d'âge Paléozoïque, arasé, plus ou moins altéré et fissuré.
Au point de vue hydrogéologie, la structure tabulaire plongeant vers le Nord conduit à une superposition de nappes captives (ou semi-captives), souvent bien individualisées, mais dont les zones d'alimentation sont généralement en liaison partielle ou totale.
La carte de la figure 5 représente les limites d'extension méridionale des formations imperméables dans le Nord du Pays.
Les dépôts cénozoïques possèdent surtout une perméabilité d'interstices (sables) tandis que les aquifères mésozoïques doivent leurs propriétés hydrodynamiques aux fissures, diaclases ou joints qui morcèlent la roche.

LISTE DES AQUIFERES DE LA BELGIQUE

TABLEAU II

LEGENDE

(1) :	x	Aquifère limité par une augmentation de salinité.
(2) :	A	Aquifère monocouche, bien individualisé.
	B	Aquifère formant multicouche avec d'autres aquifères.
(3) :		Importance.
	*	Aquifère d'importance mineure.
	**	Aquifère d'importance mineure, mais constituant la seule ressource aquifère d'une région.
	***	Aquifère important.
	****	Aquifère majeur.
(4)		Aquifère se prolongeant au-delà de la frontière belge.
		F = France
		NL= Hollande
		L = Luxembourg
		D = Allemagne

E R E C E N O Z O I Q U E

SYSTEME	SOUS SYSTEME	NOM DE L'AQUIFERE	TYPE	(1)	(2)	(3)	(4)
QUATERNAIRE	HOLOCENE	DUNES (SABLES COTIERS) PLAINE MARITIME	INTERSTICE INTERSTICE	 x	A A	*** *	
	PLEISTOCENE	VALLEE FLAMANDE THALWEGS BASSIN DE L'ESCAUT THALWEGS BASSIN DE LA MEUSE HAUTE TERRASSE et PLAINE DE BASSE MEUSE SABLES DE MERKSPLAS et DE CAMPINE	INTERSTICE INTERSTICE INTERSTICE INTERSTICE INTERSTICE	x	A A A B B	*** *** *** **** *	NL
	PLIOCENE + PLEISTOCENE	SABLES DE MOL, DE BRASSCHAAT et DE KASTERLEE	INTERSTICE		B	*	
TERTIAIRE	PLIOCENE	SABLES DE LILLO	INTERSTICE		B	*	
	MIOCENE	SABLES DE DIEST, ANVERS et BOLDERBERG	INTERSTICE		A,B	****	NL
	OLIGOCENE	SABLES RUPELIENS - INF.	INTERSTICE		A,B	**	
	EOCENE	SABLES LEDO-PANISELIENS SABLES LEDO-BRUXELLIENS SABLES BRUXELLIENS SABLES YPRESIENS	INTERSTICE	x	A	** ***	NL
	PALEOCENE	SABLES LANDENIENS LANDENIEN DU BASSIN DE LA GETTE (SABLES,TUFFEAUX) MARNES HEERSIENNES	INTERSTICE INTERSTICE FISSURES	x	A A A	** ** **	F

TABLEAU II (suite)

E R E M E S O Z O I Q U E

SYSTEME	SOUS-SYSTEME	NOM DE L'AQUIFERE	TYPE	(1)	(2)	(3)	(4)
CRETACE		CRETACE DES FLANDRES	FISSURES		A	**	F
		CRETACE DU BRABANT	FISSURES		A	***	
		CRETACE DE HESBAYE	FISSURES	x	A	****	
		CRETACE DU PAYS DE HERVE	FISSURES		A	***	NL.D
		CRETACE DU BASSIN DE MONS	FISSURES		A	****	F
		TUFFEAUX MAASTRICHTIENS DU GEER	MIXTE		A	****	NL
		NAPPE CAPTIVE DU MAASTRICHTIEN	MIXTE	x	A	***	NL
JURASSIQUE	JURASSIQUE MOYEN	CALCAIRES BAJOCIENS	FISSURES		A	**	F.L.
	JURASSIQUE INF.	MACIGNOS VIRTONIENS	MIXTE		A	***	F.L.
		CALCAIRES SABLEUX, GRES et SABLES DU SINEMURIEN	MIXTE		A	***	F.L.
TRIAS		SABLES, POUDINGUES	INTERSTICE		A	**	

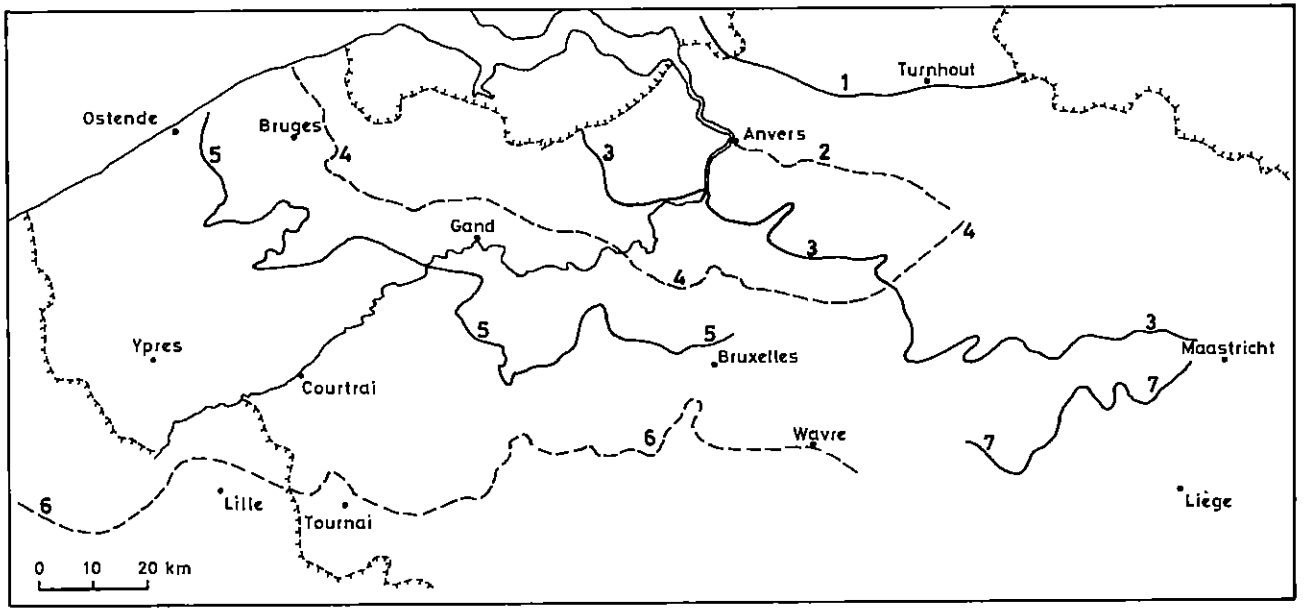
TABLEAU II (suite)

E R E P A L E O Z O I Q U E

SYSTEME	SOUS-SYSTEME	NOM DE L'AQUIFERE	TYPE	(1)	(2)	(3)	(4)
PERMIEN		CONGLOMERATS DE STAVELOT	MIXTE		A	**	
CARBONI-FERIEN	DINANTIEN	CALCAIRE CARBONIFERE DU TOURNAISIS CALCAIRE CARBONIFERE DU BASSIN DE NAMUR CALCAIRE CARBONIFERE DU BASSIN DE DINANT	KARST KARST KARST		A A A	**** *** ***	F
DEVONIEN	DEVONIEN MOYEN	CALCAIRES DEVONIENS DU BASSIN DE NAMUR CALCAIRES DEVONIENS DU BASSIN DE DINANT	KARST KARST		A A	*** ***	
	DEVONIEN INF. MOYEN et SUP.	MASSIFS SCHISTO-GRESEUX DE L'ARDENNE (GEDINNIEN, SIEGENIEN, EMSIEN, COUVINIEN, FRASNIEN et FAMENNIEN)	FISSURES		A A A	**	
SILURIEN ORDOVICIEN CAMBRIEN		SOCLE DES FLANDRES SOCLE DE L'ARDENNE	FISSURES FISSURES	x	A,B A	** **	F

TABLEAU II (suite)

Figure 5 : Limite des couches argileuses de couverture dans le Nord du Pays.



d'après M. Gulinck (1962)

1. Argile de Campine
2. Argile de Lillo
3. Argile de Boom
4. Argile d'Asse
5. Argile panesilienne
6. Argile yprésienne
7. Argiles landéniennes et tongriennes

Le sous-sol de la partie méridionale du Pays, la Haute-Belgique, est constitué de roches dures, très plissées, d'âge Paléozoïque , le caractère aquifère trouvant son origine de la fissuration de ces roches, quartzites, grès, schistes, le plus souvent fortement diaclasés à proximité des surfaces d'affleurement. Les prélèvements les plus importants sont bien sûr effectués dans les calcaires, leur caractère karstique conduisant à des débits spécifiques élevés.
A l'exception de la nappe souterraine contenue dans le Calcaire Carbonifère du Bassin de Namur qui montre une certaine continuité, les aquifères de Haute-Belgique forment souvent des entités bien individualisées, d'extension relativement réduite (synclinaux, ...) et présentant des caractéristiques hydrodynamiques très variés, suivant leur position géographique, leur facies ou leur histoire géologique.

Localement, ces terrains anciens sont encore recouverts par des couches aquifères d'âge Mésozoïque ; ainsi, à l'extrême Sud de la Belgique, en Gaume, les couches jurassiques apparaissent également sous la forme d'un empilement de formations perméables et imperméables, avec un pendage régulier vers le Sud ; de même, au Sud-Ouest de la Belgique, le Bassin de Mons, appendice septentrional du Bassin de Paris, correspond à une véritable cuvette où se sont entassés jusqu'à 300 mètres de dépôts d'âge Crétacé. La porosité de ces formations mésozoïques est mixte.
Nous allons maintenant entamer une description générale des caractéristiques des formations aquifères citées dans le tableau II.

4.1. QUATERNAIRE

4.1.1. DUNES (SABLES COTIERS) ET PLAINE MARITIME

Sous la couverture des dunes, des eaux plus ou moins dessalées sont contenues dans une formation sableuse (assises de Calais et de Douvres). Cette formation est parfois très perméable, surtout à la base où les sédiments sont grossiers (voir coupe de la figure 6).
Plus vers la frontière française, au Sud de l'estuaire de l'Yser, sont situés certains massifs dunaires importants où l'absence de tourbe et la minceur des couches limoneuses permettent une bonne percolation des eaux de pluie.
L'ensemble des dunes côtières couvre environ 4.400 hectares.
De petites quantités d'eau sont disponibles également dans les chenaux sableux de la plaine maritime.

Récent.
1. Dunes

Holocène.
2. Subatlantique, Subboréal, Atlantique, Boréal

Pléistocène.
3. Würm (zone de Leffinge)
4. Riss-Würm interglaciaire (assise d'Ostende)

Tertiaire.
5. Panisélien
6. Yprésien

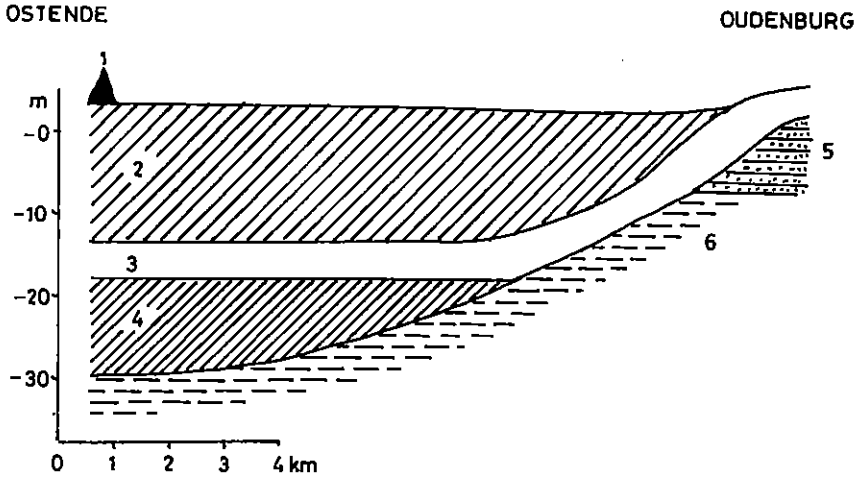


Figure 6 : Coupe géologique schématique de la plaine Maritime d'Ostende à Oudenburg (d'après R. TAVERNIER, 1947) "l'Evolution de la Plaine Maritime belge" - Bull. Soc. belge Géol., Paléont. et Hydrol. pp.332-344.

A noter qu'à proximité des agglomérations balnéaires, la nappe dunaire est très vulnérable face à la pollution et que, de toute façon, les débits restent limités afin d'éviter une montée de la salinité.

4.1.2. VALLEE FLAMANDE

L'ancienne dépression pléistocène s'étale au Nord de Gand et est connue sous le nom de Vallée Flamande ; elle est limitée à l'Est par le soubassement argileux du Pays de Waas et se relie à l'Ouest aux sédiments de la plaine maritime.
La Vallée Flamande est formée par un vaste système de chenaux, creusés dans les couches sableuses et argileuses d'âge tertiaire et colmatés par des sédiments sableux et/ou limoneux. La nappe contenue dans ces sables de comblement repose sur l'argile bartonienne mais elle communique, au Sud de la Vallée, avec la nappe lédo-panisélienne.
La base des dépôts est sablo-graveleuse et donc particulièrement aquifère. Une couche limoneuse, irrégulière, lenticulaire à l'intérieur des sables, assure la filtration des eaux de percolation et confère localement à la nappe un caractère semi-phréatique.

4.1.3. THALWEGS DU BASSIN DE L'ESCAUT

L'Escaut supérieur, la Lys, la Dendre, la Senne et certains de leurs affluents ont creusé des dépressions de 10 à 20 mètres dans leur soubassement essentiellement argileux. Les couches sablo-graveleuses de base des dépôts de comblement renferment une nappe aquifère, très localisée, souvent non alimentée latéralement.
Par exemple, dans la région de Courtrai, de nombreux puits industriels sont alimentés par le gravier situé à la base des alluvions de la Lys. Quelques tronçons de la vallée de l'Escaut ne sont pas encore exploités, mais la qualité de leurs eaux reste sujette à caution et, de toute façon, les quantités disponibles sont limitées.
Dans l'agglomération bruxelloise, pauvre en ressources en eau, les eaux des graviers de la Senne peuvent convenir pour certains usages industriels, malgré leur haut degré de pollution : ces eaux alluviales constituent d'ailleurs encore la seule possibilité aquifère disponible sous la Capitale.
Dans le Tournaisis, tous les captages s'alimentent à la nappe du Calcaire Carbonifère ; l'Escaut, colmaté, n'est pas toujours en liaison avec la

nappe alluviale et coule parfois en position nettement "perchée" par rapport au niveau piézométrique souterrain. Signalons que dans le village de Kain, la nappe des alluvions se déverse dans celle du Calcaire Carbonifère, par disparition de la couverture secondaire ("trouée de Kain").

4.1.4. THALWEGS DU BASSIN DE LA MEUSE

Des ressources en eau, considérables, existent dans les graviers de la Meuse dont le thalweg est principalement creusé dans les terrains paléozoïques : le gisement est exploité depuis Dinant jusqu'à Liège.
Des limons et des graviers ont comblé le thalweg de la Meuse : leurs dépôts peuvent atteindre exceptionnellement 15 mètres, mais se situent le plus souvent entre 8 et 12 mètres d'épaisseur.
Généralement, l'aquifère alluvial de la Meuse forme une seule entité : les graviers fluviatiles, à stratifications entrecroisées avec des lentilles argileuses, ne donnent qu'un seul niveau aquifère. Dans certains cas (agglomération liégeoise par exemple), la nappe alluviale peut être captive sous des limons fluviatiles.

Le niveau piézométrique de l'eau dans les puits creusés au gravier est en relation avec celui de l'eau du fleuve, mais reste toujours un peu supérieur suite à l'alimentation de la nappe alluviale le long des coteaux de la vallée ; il y a également apport d'eau dans les alluvions par artésianisme des roches calcaires karstiques entaillées par la rivière.

Si toutes les précautions sont prises (limitation du prélèvement afin d'éviter un drainage trop important de l'eau du fleuve et protection vis-à-vis des crues pouvant envahir le lit majeur), l'eau des graviers de la Meuse est abondemment utilisée pour l'alimentation de réseaux de distribution (depuis Anseremme jusqu'à Liège).

La composition chimique des eaux est souvent intermédiaire entre celle du fleuve et celle de la nappe des coteaux ; avec tolérance d'une qualité d'eau inférieure, la nappe des alluvions est également exploitée intensivement pour les besoins des industries situées dans la plaine alluviale, le fleuve assurant une réalimentation suffisante de la nappe.

Les puits d'exploitation sont creusés en grand diamètre (généralement de l'ordre d'un mètre, mais allant parfois jusqu'à 6 mètres).

4.1.5. HAUTE TERRASSE ET PLAINE DE BASSE MEUSE

Les graviers de la Haute Terrasse recouvrent le plateau oriental de la Campine ; ils reposent sur les Formations de Mol, de Diest ou de Bolderberg. Généralement, le niveau piézométrique de la nappe se situe dans les sables sous-jacents et les graviers, non saturés, ne jouent pas un rôle hydrogéologique important.

La plaine de Basse Meuse s'étend jusqu'au dénivelé abrupt du Plateau de Campine : dans cette plaine, la nappe phréatique noye une bonne partie des graviers, de même bien sûr que les sables néogènes.

La coupe de la figure 7 met en évidence les positions relatives de la nappe dans la Haute Terrasse et dans la Plaine de Basse Meuse ; à noter également la position de la crête de partage des eaux des bassins de l'Escaut et de la Meuse, crête qui joue un rôle hydrogéologique important pour les conditions d'alimentation de la nappe.

Les dépôts de graviers atteignent en général une épaisseur de 10 mètres au Sud et de 20 mètres au Nord de la faille du Feldbiss.

Grâce à la bonne perméabilité des graviers pléistocènes, les captages peuvent atteindre des débits élevés dans la plaine de Basse Meuse. Sur le Plateau de la Haute Terrasse, les débits spécifiques sont variables en fonction des hétérogénéités de perméabilité à la fois dans les dépôts graveleux (graviers avec sables et limon) et dans les sables sous-jacents (granulométrie, présence de bancs de lignite). L'ordre de grandeur du gradient hydraulique de la nappe, très élevé sur les versants du plateau, influence également les rendements des puits de captage.

d'apres P.G. LAGA (1978)
SERVICE GEOLOGIQUE DE BELGIQUE

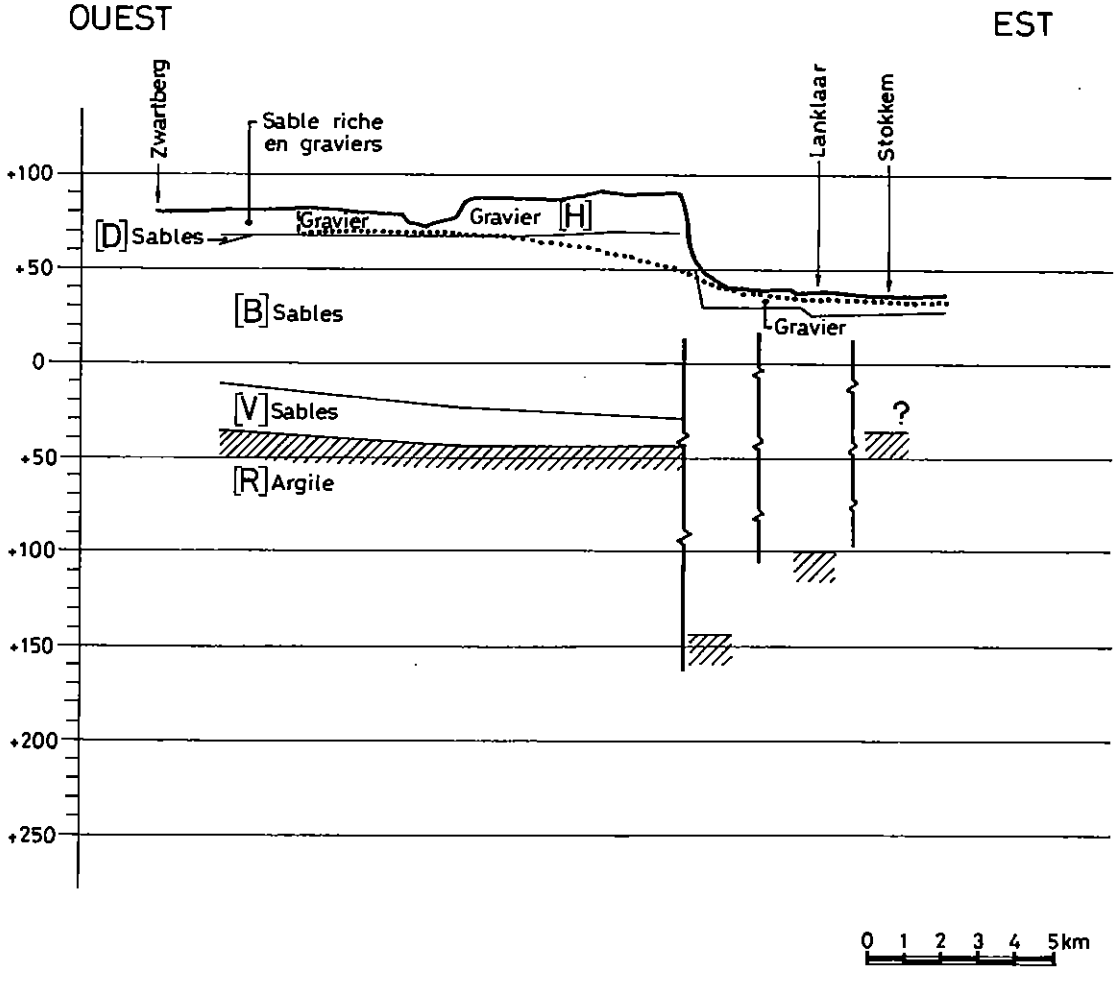


Figure 7 : Coupe Zwartberg - Stokkem à travers la Haute Terrasse et la plaine de Basse Meuse (d'après DE SMEDT, 1977).

FIGURE 9

4.1.6. SABLES DE MERKSPLAS ET DE CAMPINE

La description des caractéristiques géologique et hydrologique de cette formation sera reprise au paragraphe suivant car elle forme avec les sables pliocènes et miocènes un ensemble multicouche dont chaque couche aquifère est en liaison hydrologique avec les autres et ne peut donc être individualisée.
Les Formations de Sables de Mol, Brasschaat et Kasterlee, d'âge Pliocène et Pleistocène, seront également examinées dans le paragraphe relatif au Tertiaire (les Sables de Diest, d'âge Miocène, représentant l'aquifère le plus important).

4.2. TERTIAIRE

4.2.1. ENSEMBLE DES SABLES DE CAMPINE, AU-DESSUS DE L'ARGILE DE BOOM

Le sous-sol de la Campine est constitué d'un ensemble d'alternances de couches sableuses, sablo-argileuses et argileuses, d'âge Miocène à Pleistocène, reposant sur l'argile rupélienne de Boom (d'âge Oligocène) considérée comme un substratum imperméable (coupe de la figure 8) ; il constitue un important réservoir aquifère se prolongeant, en Hollande, sous le Brabant néerlandais. De bas en haut, on rencontre successivement, recouvrant l'Argile de Boom, les formations suivantes :

- Formation de Berchem,
- Formation de Diest,
- Formations de Kattendijk et de Kasterlee,
- Formation de Lillo et Poederlee,
- Formation de Mol,
- Formation de Brasschaat,
- Formation de Merksplas,
- Formation du Complexe des sables et argiles de Campine.

4.2.1.1. Formation de Berchem ("Anversien" traditionnel)

La Formation de Berchem est constituée de sables très glauconifères et coquilliers, à l'intérieur de laquelle on distingue plusieurs niveaux sableux productifs.
A la base, les sables sont fins, argileux et glauconifères et donc peu intéressants au point de vue hydrologique.
Ce sont surtout les sables d'Anvers, fins à mi-fins, qui assurent la perméabilité de la formation, à l'exception du Nord-Est de la Campine, où leur contenu argileux augmente tandis que leur granulométrie diminue.

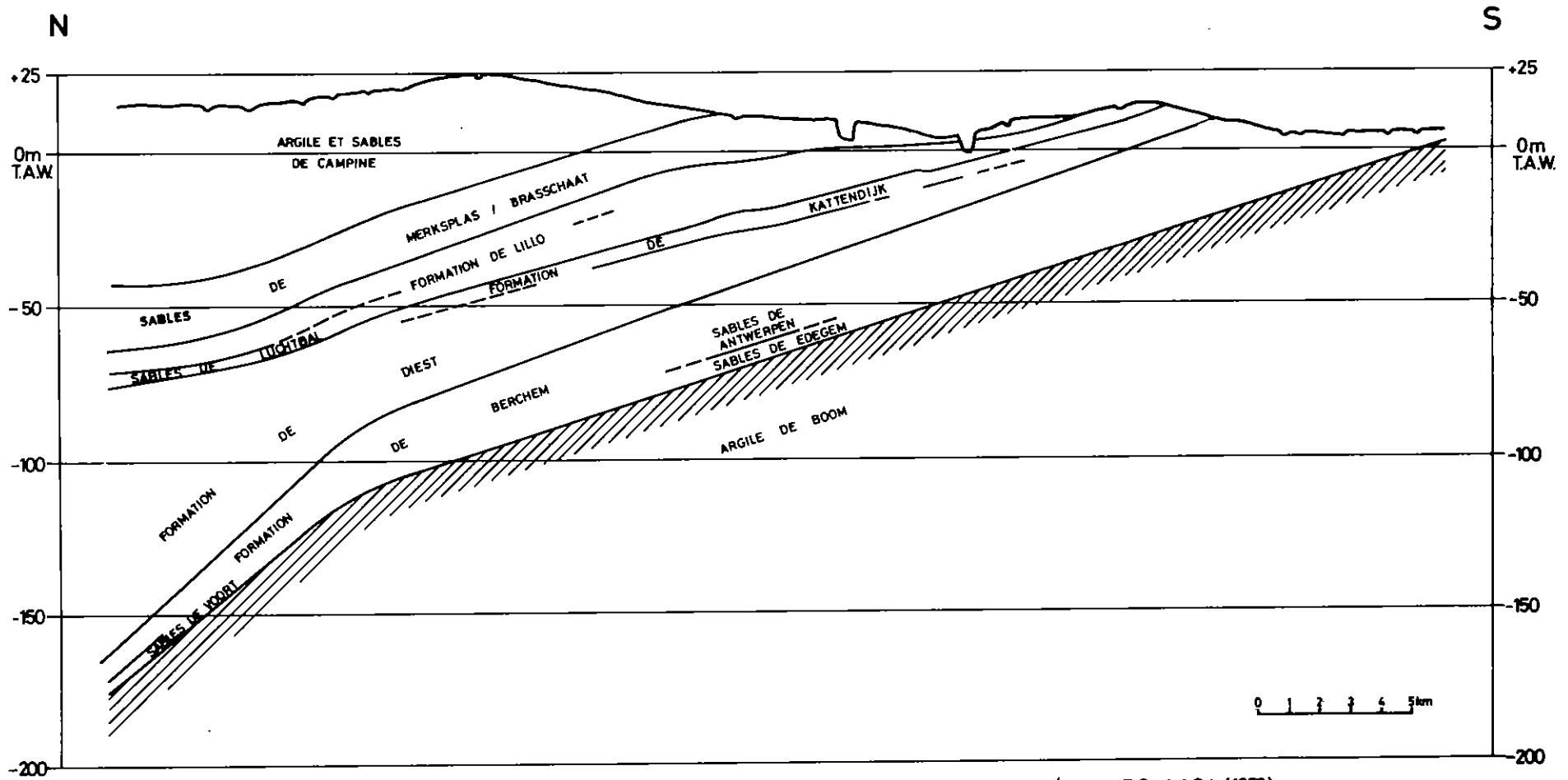


Figure 8

d'apres P.G. LAGA (1978)
SERVICE GEOLOGIQUE DE BELGIQUE P.G.L./77/104

4.2.1.2. Formation de Diest ("Diestien" traditionnel)

La Formation de Diest est constituée de sables glauconifères, grossiers à très grossiers, mal calibrés, non coquilliers et pauvres en calcaire.
A la base, les niveaux de sable sont plus fins et homogènes.
Il existe certaines variations latérales de facies; ainsi, vers le Nord-Est, le caractère grossier et hétéromorphe diminue ; dans le Sud-Est de la Campine, la Formation de Diest est remplacée par les Sables de Bolderberg (sables quartzeux non glauconifères, associés à des lits argilo-ligniteux. Localement, le sommet de la Formation de Diest peut devenir très argileux ou même passer à une argile (Mol et Grobbendonk). A noter également la présence de niveaux sableux durcis conférant à la nappe un caractère captif ou du moins semi-captif.

4.2.1.3. Formations de Kattendijk et de Kasterlee

Bien connue seulement aux environs d'Anvers, la Formation de Kattendijk, constituée de sables coquilliers, fins et glauconifères se limite aux derniers mètres de la Formation de Diest. A l'Est et au Sud, le facies varie, les sables sont moins glauconifères, micacés, avec parfois des zones ligniteuses et la Formation prend le nom de KASTERLEE.

4.2.1.4. Formation de Lillo ("Scaldisien" traditionnel)

La Formation de Lillo est composée de sables riches en coquilles, fins à mi-fins, avec de la glauconie et un peu d'argile. Décalcifiée, elle est également appelée Formation de Poederlee.
Certains niveaux sableux deviennent plus argileux au Nord-Est (Meerle), et franchement argileux (Argile de Kallo des auteurs hollandais).
La couche des Sables de Luchtbal est importante au point de vue hydrogéologique : son épaisseur atteint la quinzaine de mètres au Nord de la Province d'Anvers ; cette épaisseur croît encore vers la Hollande où les sables deviennent un aquifère très productif "Couche coquillière du Pliocène".

4.2.1.5. Formation de Mol

Reposant sur les sables de Kasterlee, ce sable blanc quartzeux, interstratifié de couches de lignite, est fin à mi-grossier et ne contient pas d'argile.

4.2.1.6. Formation de Brasschaat

Ces sables pleistocènes sont quartzeux, fins à mi-fins, sans argile et couvrent les sables tertiaires au Sud du Canal de la Campine. A l'Est et à l'Ouest, ils viennent respectivement se confondre avec ceux des Formations de Lillo et de Mol-Kasterlee.

4.2.1.7. Formation de Merksplas

Ces sables blancs, quartzeux, grossiers à très grossiers, coquilliers, couvrent les sables tertiaires au Nord du Canal de la Campine.

4.2.1.8. Formation du Complexe des sables et argiles de Campine

Cette formation est composée principalement de sables fins à mi-fins, localement grossiers, dont les stratifications sont entrecroisées de lentilles argileuses ou argilo-silteuses.
Malgré leurs conditions de formation (milieu fluvio-lagunaire) qui rendent leur distribution irrégulière, ces lentilles forment finalement une entité plus ou moins continue et cette caractéristique s'accentue vers le Nord où les lentilles sont de plus en plus épaisses et jouent un rôle hydrologique important en capturant les nappes sous-jacentes.

4.2.1.9. Schéma hydrogéologique du Bassin de la Campine

La lecture des caractéristiques lithologiques, avec les nombreux changements latéraux de facies à l'intérieur des différentes formations, montre à l'évidence la complexité hydrogéologique de l'empilement des couches miocènes, pliocènes et pleistocènes sur le substratum imperméable constitué par l'Argile de Boom.
Suivant les données géologiques et les degrés de perméabilité, la structure hydrogéologique peut être schématisée suivant la figure 9.

A. - Couche aquifère profonde : elle correspond aux niveaux aquifères les plus productifs des Formations de Berchem et de Diest, associés localement à ceux de Kattendijk et de Kasterlee (à l'exception de la région de Mol où elle est isolée des couches sous-jacentes).
Au Nord de la Campine, l'aquifère est purement captif tandis qu'au Sud, il présente un caractère tout à fait libre, phréatique; entre les deux, dans la partie centrale, on rencontre toutes les transitions entre les deux états extrêmes, phréatique et captif. Cette transition est de plus

irrégulière, car les couches de couverture sont formées par différentes entités lithologiques se relayant les unes après les autres :

- au Nord, les Formations de Diest et Kattendijk ainsi que les sables de base de la Formation de Lillo sont recouverts par le facies argileux de la Formation de Lillo ;
- à l'Est, les Sables de Berchem et de Diest sont chapeautés par le facies argileux sommital de la Formation de Diest ;
- à Grobbendonk, il existe localement une couche argileuse de couverture formée par le sommet de la Formation de Diest et la Formation de Lillo (celle de Kattendijk manque).

B. - Couche aquifère moyenne : au Nord du Canal de la Campine, les argiles du Complexe de Campine apparaissent et donnent naissance à une seconde nappe captive dans les Formations de Merksplas, de Lillo et de Poederlee.

C. - Couche aquifère phréatique : au Nord du Canal de la Campine également, les Sables de Campine renferment une nappe aquifère phréatique, peu profonde. A noter qu'il existe des petites nappes captives perchées dans les lentilles argileuses des Argiles de Campine.

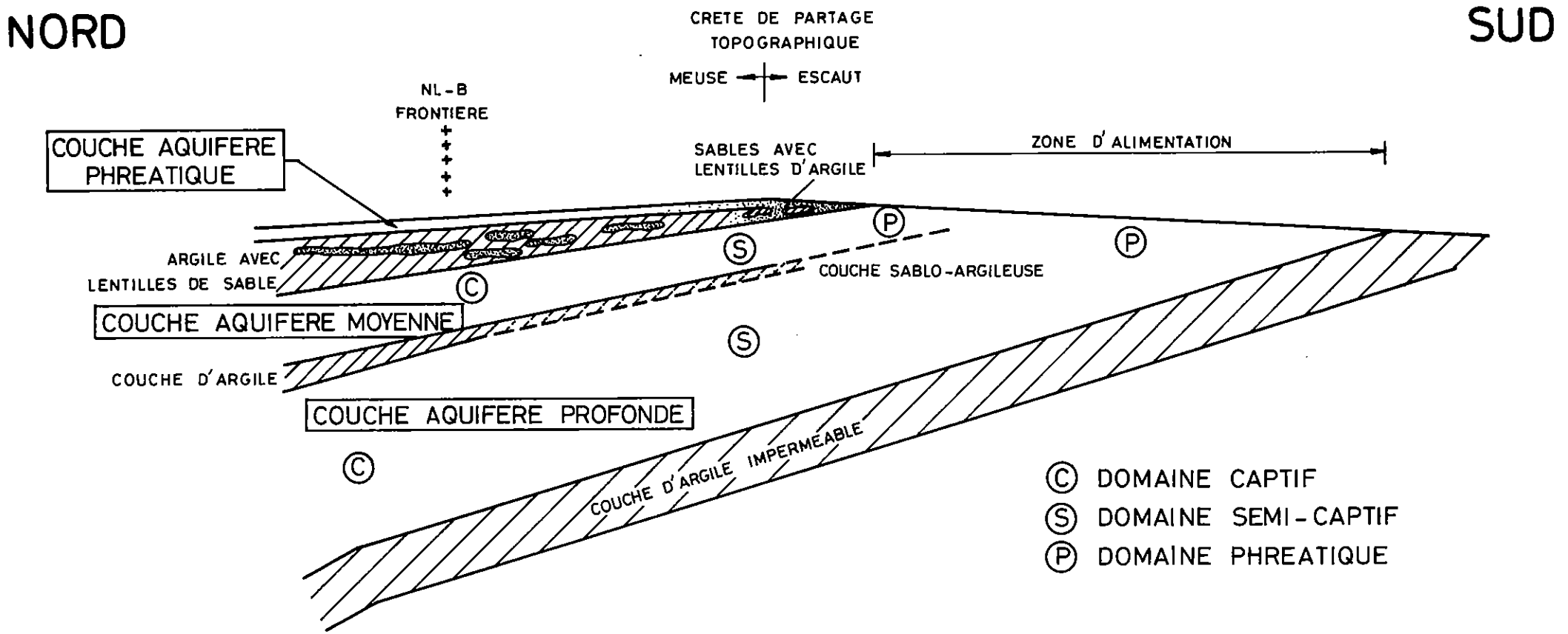
Le schéma de la structure hydrogéologique de la Campine représente une simplification des mécanismes de circulation de l'eau souterraine et ne doit pas faire oublier que :

- les couches de couverture sont souvent discontinues ;
- les argiles induisant des nappes captives ne sont jamais tout à fait imperméables et possèdent une certaine perméabilité verticale permettant des échanges verticaux entre aquifères (1) ;
- les formations aquifères subissent de nombreuses variations latérales de facies :
- les différentes nappes captives et sub-captives se relaient latéralement ;

---

(1) Lors de la description hydrogéologique secteur par secteur, on précisera l'ordre de grandeur du coefficient de perméabilité verticale et de la résistance hydraulique verticale des couches intermédiaires.

SCHEMA HYDROGEOLOGIQUE DE LA PROVINCE D'ANVERS



- même si l'Argile de Boom peut être considérée comme parfaitement imperméable, tout au Sud, à Veerle, cette argile est ravinée entraînant ainsi un mélange d'eau des Formations de Diest et du Rupélien inférieur et faisant dès lors perdre à cette dernière son caractère captif.

Des cartes isopiézométriques de chacun des trois ensembles aquifères de Campine ont été dessinées aux figures 10, 11 et 12 :

- figure 10 : piézométrie de la couche profonde aquifère, se divisant en une zone captive au Nord, une autre purement phréatique au Sud et une troisième semi-captive au Centre du Plateau de Campine ;
- figure 11 : piézométrie des Formations de Merksplas, Lillo et Poederlee dans la partie septentrionale où ces couches sont captives ;
- figure 12 : piézométrie des Formations de Brasschaat, de Campine et de Mol, avec un caractère purement phréatique limité à la partie septentrionale de la Campine.

L'examen de ces cartes révèle que les surfaces piézométriques des niveaux aquifères captifs et semi-captifs présentent la même allure générale que celle de la nappe phréatique ; pour cette raison d'ailleurs, seule a été représentée, sur la carte 2 - "Hydrogéologie" - du bilan de synthèse, la piézométrie des Formations de Berchem et de Diest qui constituent les niveaux aquifères les plus productifs.

A noter également que la ligne topographique de partage entre les bassins de l'Escaut et de la Meuse correspond à la ligne de crête des différentes surfaces piézométriques, créant en quelque sorte une frontière hydrologique souterraine entre les eaux du sous-sol de ces deux grands bassins hydrographiques.

4.2.2. SABLES DU RUPELIEN INFERIEUR

Cette formation est constituée de sables blanchâtres, parfois ligniteux et se situe sous l'ensemble imperméable de l'Argile de Boom.

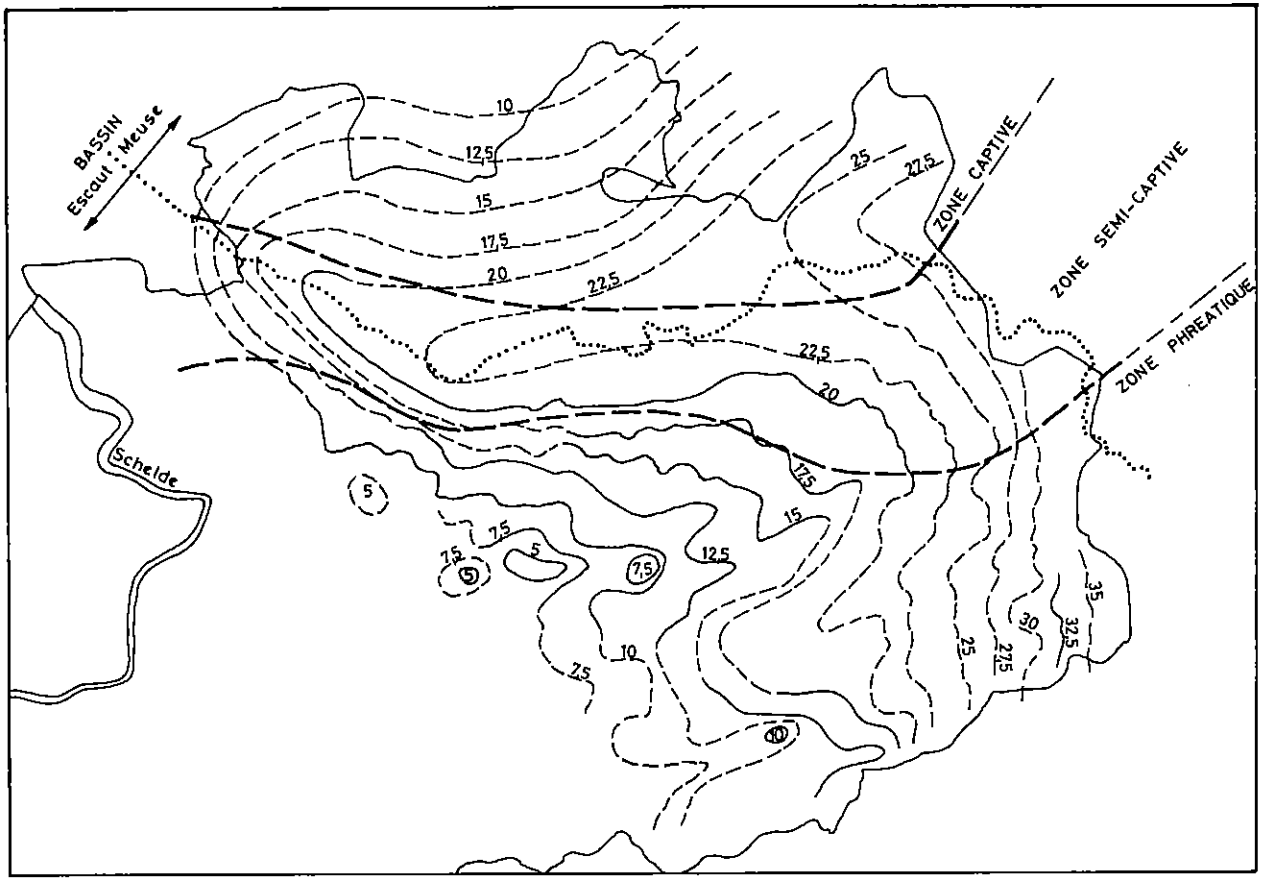


Figure 10 : Carte isopiézométrique de la nappe des Sables de Diest et de Berchem (associés localement aux Sables de Kattendijk et de Kasterlee) - "Couche aquifère profonde" du schéma structural. (D'après P.G. Laga et R. Sabo (1978).

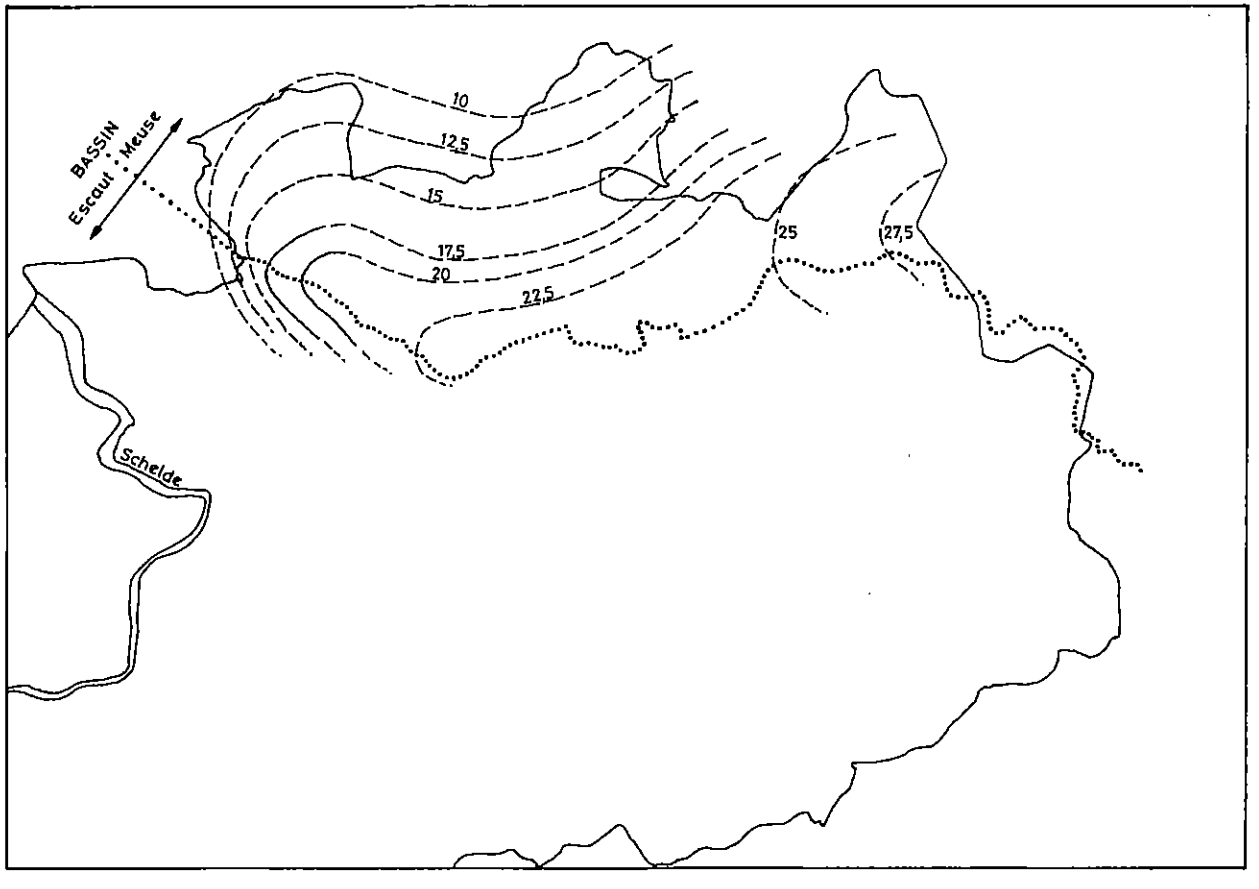


Figure 11 : Carte isopiézométrique des Formations de Merksplas, Lillo et Poederlee en zone captive sous le recouvrement de l'Argile de Campine - "Couche aquifère moyenne" du schéma structural. (D'après P.G. Laga et R. Sabo, 1978).

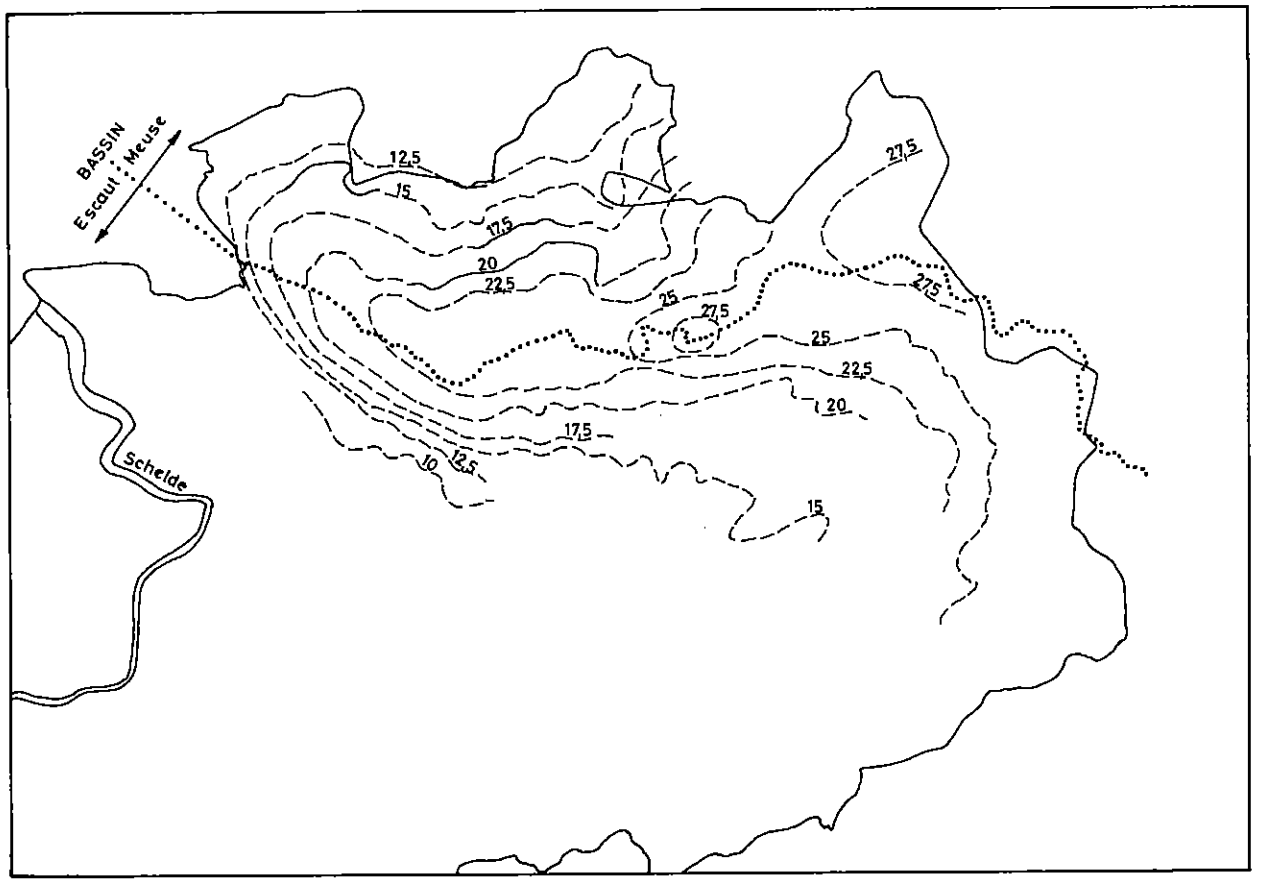


Figure 12 : Carte isopiézométrique de la nappe phréatique des Formations de Campine, de Mol et de Brasschaat - "Couche aquifère phréatique" du schéma structural.
(D'après P.G. Laga et R. Sabo, 1978).

Peu épaisse, elle affleure suivant un fin ruban au Sud de l'Argile de Boom ; la zone d'alimentation est plus étendue à l'Ouest, dans le Pays de Waas, avant couverture des sables rupéliens par les dépôts de la Vallée Flamande (voir coupe générale A, Ostende-Lommel de la figure 13).

A noter que dans la région de Veerle, l'Argile de Boom a été érodée par les sables néogènes, ce qui entraîne la constitution d'un aquifère bi-couche libre des nappes des Sables de Diest (et de Berchem) et du Rupélien inférieur (ou tri-couche avec les sables lédo-paniseliens).

4.2.3. SABLES LEDO-PANISELIENS ET LEDO-BRUXELLIENS

La formation lédienne est constituée de sables fins calcareux et de bancs gréseux ; l'épaisseur et la nature des terrains aquifères contenant la nappe lédienne sont variables : aux couches lédiennes proprement-dites viennent s'ajouter soit les sables bartoniens (Sables de Wemmel sous-jacents à l'Argile d'Asse) dans la région de Termonde et Malines, soit les sables paniseliens dans le Nord des Flandres, soit les sables bruxelliens dans la partie orientale de la nappe.

4.2.3.1. Sables Ledo-Paniseliens

A l'Ouest de la Senne, le réseau hydrographique ravine fortement les couches reposant sur l'argile paniselienne (voir coupe générale B - Poperingue-Maastricht de la figure 14) : dans les échancrures des vallées, de nombreux petits sites sourciers, parfois captés et exploités, apparaissent au contact de l'argile sous-jacente).

Plus au Nord, la nappe lédo-paniselienne devient captive sous le recouvrement de l'Argile d'Asse, d'âge Bartonien, dont l'extension est continue dans la partie septentrionale des deux Flandres.

4.2.3.2. Sables Ledo-Bruxelliens

A l'Est de la zone d'extension des sables lédiens, la nappe lédo-paniselienne est prise en relai par celle des sables lédo-bruxelliens exploitée en régime captif dans la région de Diest ; à l'Ouest d'une ligne Diest-Aarschot, l'argile bartonienne sous-jacente disparaît et est remplacée par l'Argile de Boom rupélienne, ce qui entraîne une mise en communication hydrologique de la nappe avec les sables du Rupélien inférieur. Enfin, dans la région de Veerle, le ravinement de l'argile

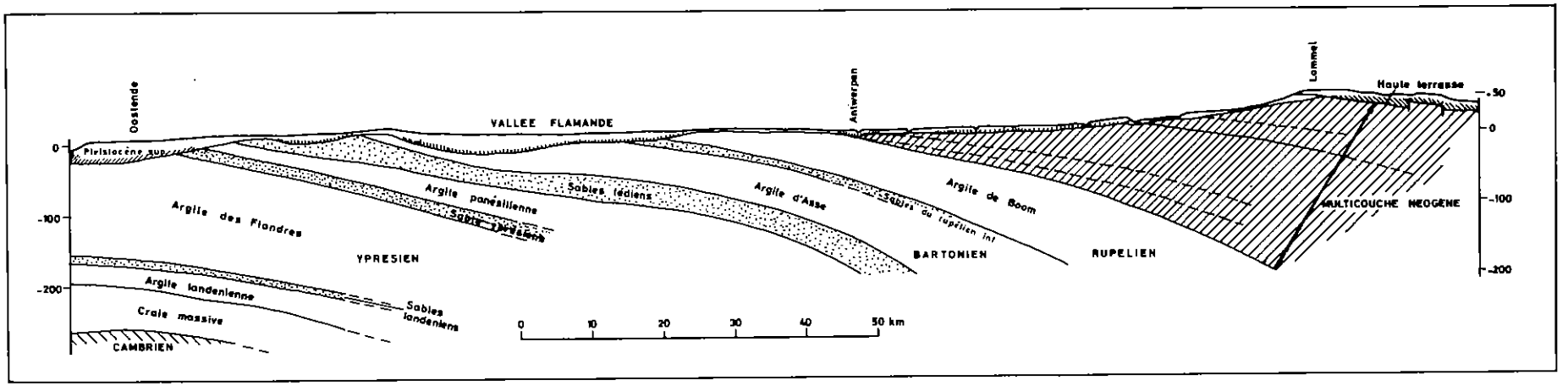


Figure 13 : Coupe générale A suivant la direction E-W entre Ostende et Lommel (d'après M. GULINCK, 1966).

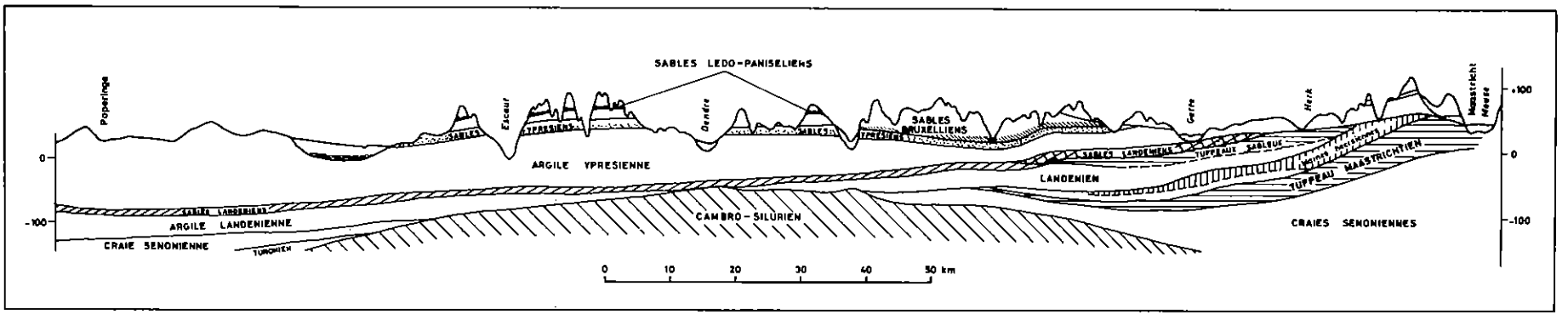


Figure 14 : Coupe générale B suivant la direction E-W entre Poperinge et Maastricht (d'après M. GULINCK, 1966).

rupélienne de couverture conduit à la formation d'une nappe phréatique contenue à la fois dans les Sables de Diest et Berchem, du Rupélien inférieur et du Lédien-Bruxellien.

4.2.3.3. Salinité

L'exploitabilité des nappes ledo-paniselienne et ledo-bruxellienne, suivant la représentation adoptée sur la carte 1 - "Inventaire des formations aquifères" - du bilan de synthèse, est limitée au Nord par une ligne de salinité à 500 mgr Cl^-/litre.
La carte de la figure 15 représente les variations de teneur en chlorures de la nappe captive des sables ledo-paniseliens ou bruxelliens : on constate l'augmentation continue de la salinité en fonction de la distance à la zone d'alimentation. A noter également, dans la région de Lierre, l'existence d'un "golfe de salinité" où les eaux sont à la fois dures et chlorurées.

4.2.4. SABLES BRUXELLIENS

La formation des sables bruxelliens est constituée de sables blancs quartzeux, avec des concrétions gréseuses de forme irrégulière, et de sables et grès calcarifères. Le plus souvent, une épaisse couverture limoneuse assure le filtrage des eaux de percolation.

La zone d'alimentation de la nappe bruxellienne est très étendue: elle atteint près de 1.400 km2 dont la partie septentrionale, la plus importante, est drainée vers le Bassin de l'Escaut par le versant oriental de la Senne, le versant occidental de la Gette et surtout par la Dyle (surface d'alimentation dans le bassin hydrographique de l'ordre de 860 km2 en amont de Louvain) ; au Sud, les eaux des sables bruxelliens s'écoulent vers les bassins de la Haine et de la Meuse. Le réseau hydrographique, dont les vallées sont souvent bien échancrées, joue le rôle d'axe de drainage ; parfois, les sables bruxelliens présentent un caractère captif sous les alluvions des vallées.

L'épaisseur de la nappe est très variable et elle peut parfois atteindre 35 m ; sur les points hauts des massifs, le niveau de l'eau peut s'établir à près de 35 m de profondeur.

Sur les massifs entrecoupés par les vallées, les sables bruxelliens sont recouverts par des sables tongriens ou lédiens.

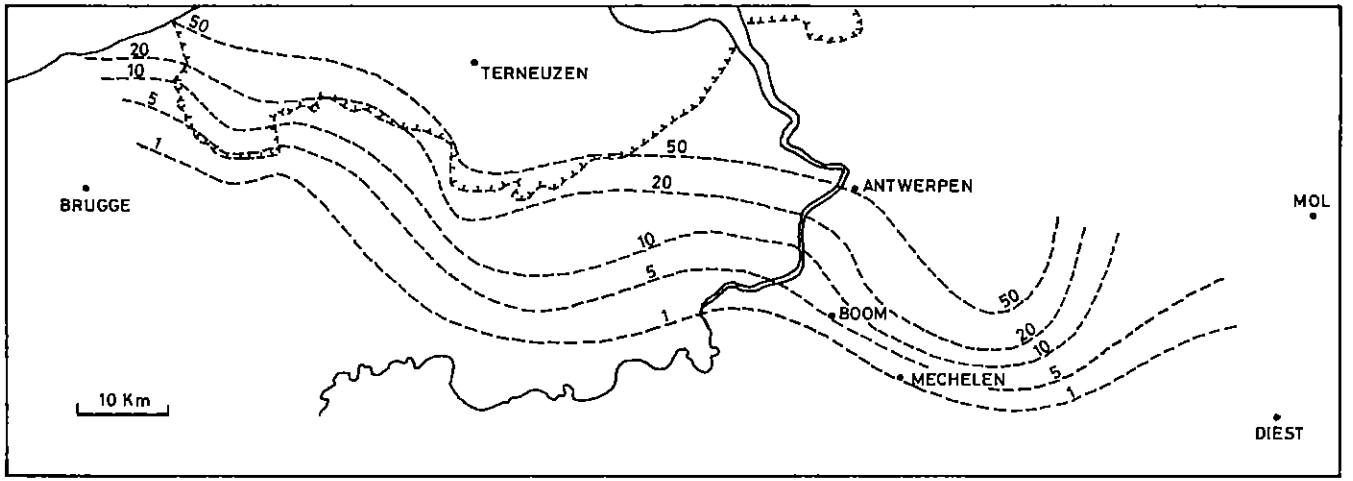


Figure 15 : Variation de la teneur en mE/Chlore dans la nappe captive du lédo-paniselien.
(D'après M. Gulinck, 1969).

Le substratum des sables bruxelliens est assez variable ; il est constitué soit par des sables de l'Yprésien Yd (beaucoup plus fins et avec lesquels ils constituent un seul aquifère sableux) ;

- soit par les dépôts landéniens sablo-argileux ;
- soit par le socle primaire.

La coupe générale C - Roubaix-Liège - de la figure 16 met en évidence la nature variable du substratum des sables bruxelliens.

Dans les deux derniers cas, les sables bruxelliens jouent, selon une expression imagée reprise à M. Gulinck, "le rôle d'une éponge qui alimente les nappes de fissures contenues dans le socle primaire et dans les couches landéniennes" (par exemple, sur la carte 1 - "Inventaire des formations aquifères" - du bilan de synthèse, l'ensemble sables bruxelliens à perméabilité d'interstices et socle primaire à perméabilité de fissures est représenté par un système multicouche).

Plus vers le Nord, la nappe des sables bruxelliens (et les sables lédiens avec lesquels elle forme une seule entité hydrologique) devient captive sous l'argile bartonienne et s'individualise vis-à-vis du socle primaire et des dépôts landéniens (présence continue ou biseau de Crétacé).

Le rendement spécifique des captages exploitant la nappe des sables bruxelliens est très variable ; il dépend notamment :

- de la granulométrie des sables,
- de l'état de décalcification des couches,
- de la nature du stubstratum des sables.

Au point de vue réserve, l'accent sera mis sur le Bassin de la Dyle, qui semble encore présenter des ressources exploitables appréciables.

4.2.5. SABLES YPRESIENS

De même que les sables lédo-paniseliens, les sables yprésiens, très fins (Yd, assise supérieure de l'Yprésien au-dessus de l'argile yprésienne appelée aussi "Argile des Flandres"), apparaissent dans la partie septentrionale du pays à l'Ouest de la Senne, en petits massifs découpés par les vallées du réseau hydrographique. La nappe yprésienne, de faible puissance, devient ensuite captive vers le Nord sous l'argile paniselienne (voir coupes générales A et B).

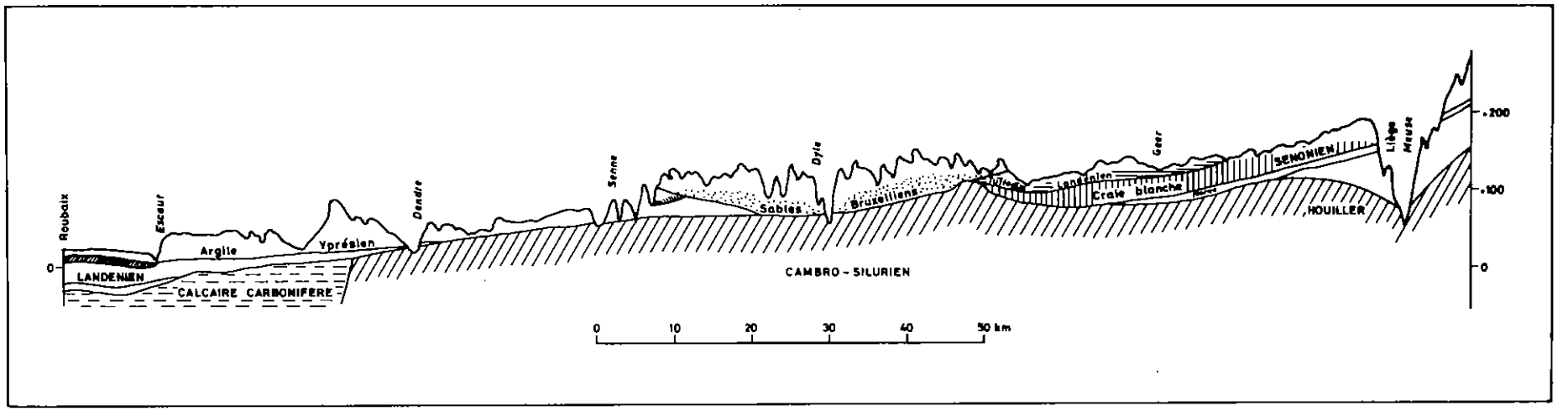


Figure 16 : Coupe générale C suivant la direction E-W entre Roubaix et Liège (D'après M. GULINCK, 1966).

La nappe yprésienne est parfois en contact avec les sables bruxelliens (voir coupe générale B, dans la région bruxelloise) : lorsque le niveau piézométrique de l'ensemble Bruxellien-Yprésien descend dans les niveaux sableux yprésiens, le rendement des captages diminue très fort (sables fins de faible perméabilité) et les puits présentent de gros risques d'ensablement.

A noter que vers le Nord, la nappe subit une limite d'exploitabilité par apparition d'un seuil de salinité à 500 mgr Cl^-/litre.

4.2.6. SABLES LANDENIENS

La formation aquifère landénienne est constituée par des sables fins épais d'environ 10 mètres : la nappe landénienne est très étendue sur le territoire des deux Flandres où elle présente un caractère tout à fait captif sous la couverture d'argile yprésienne continue depuis l'Artois jusqu'à la Campine : la zone d'alimentation des sables landéniens est lointaine, en France, dans la région de Calais-Béthune-Lille.

Malgré les faibles rendements spécifiques obtenus dans la nappe landénienne (d'autant plus que, par manque d'alimentation, les influences mutuelles des puits de captage se font rapidement sentir), son importance est grande dans les deux Flandres où elle constitue la seule ressource en eau (là où l'argile yprésienne affleure, il n'existe pas de nappe aquifère phréatique).

A noter l'existence d'une salure progressive de la nappe avec une limite à 500 mgr Cl^-/litre ; ce seuil reste cependant très éloigné de la zone d'alimentation (au contraire des nappes lédo-panisélienne et yprésienne) alors que des pompages intensifs ont pourtant provoqué un abaissement généralisé du niveau piézométrique.

Dans le Brabant, la nappe des sables landéniens se termine en biseau sous l'argile yprésienne ; en Belgique, cette nappe sableuse n'est donc pratiquement jamais en contact avec la surface topographique, son alimentation, très réduite, ne s'effectuant que par drainance au travers d'autres formations aquifères.

4.2.7. LANDENIEN DU BASSIN DE LA GETTE

Dans le bassin supérieur de la Gette, les sables et tuffeaux d'âge landénien, fortement diaclasés, contiennent une nappe phréatique (voir coupe de la figure 17).

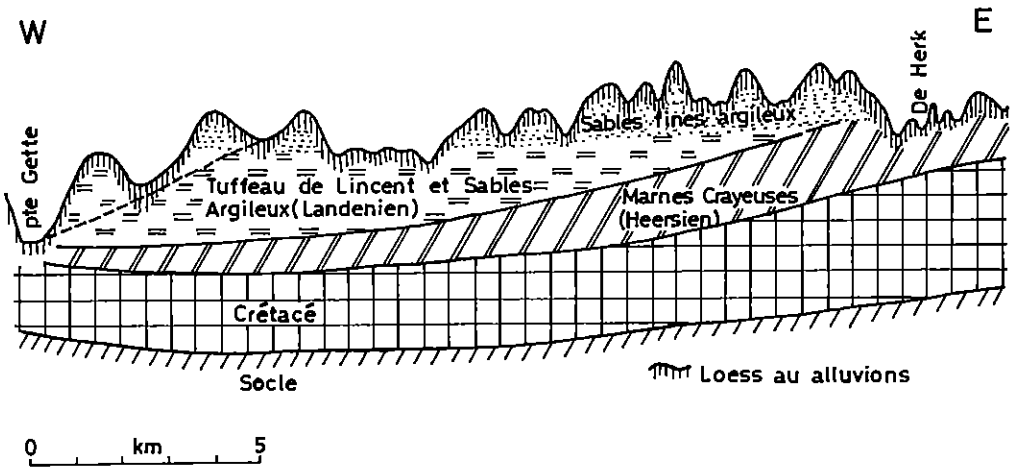


Figure 17 : Coupe générale dans les couches landéniennes du Bassin de la Gette.

La perméabilité de ces couches landéniennes est essentiellement due aux fissures de la partie supérieure de la formation. En nappe captive, sous les niveaux argileux yprésiens, la fissuration disparaît rapidement et les couches perdent leur caractère aquifère.

La nappe du Landénien est drainée sur de grandes surfaces par le réseau hydrographique qu'elle alimente par de nombreux sites sourciers situés en aval de longs ravinements secs.

4.2.8. MARNES HEERSIENNES

Les marnes heersiennes possèdent une perméabilité essentiellement due aux fissures qui les morcèlent ; elles peuvent d'ailleurs fournir des débits importants lorsqu'elles sont fortement diaclasées en zone d'affleurement.

Plus au Nord, la nappe devient captive sous les couches argileuses du Landénien inférieur (voir coupe générale B) : si les marnes restent encore productives au début du recouvrement argileux, elles perdent ensuite leur caractère aquifère par manque de fissuration des couches.

La nappe aquifère des marnes heersiennes est en contact avec celle des tuffeaux maastrichtiens et aussi avec celle des sables et tuffeaux landéniens avant apparition des facies argileux de cette dernière formation.

4.3. CRETACE

4.3.1. CRETACE DES FLANDRES

A l'intérieur des couches crayeuses du sous-sol des Flandres, seules les formations turoniennes (craies glauconifères à "rabots" (1) et calcaires grossiers) sont réellement aquifères.

La plupart des puits d'exploitation captent à la fois l'eau du Crétacé et celle du socle primaire fissuré ; la couche de la figure 18 montre :

- la limite méridionale d'extension des dépôts crétacés (à l'exception du Bassin de Mons),
- la zone intermédiaire où craie et socle peuvent être considérés comme un seul aquifère productif à milieu fissuré,

(1) Nom local donné à des concrétions siliceuses.

- la zone septentrionale où les craies ne sont plus fissurées et où seul le socle peut assurer une production d'eau limitée en quantité et en qualité (seuil de salinité à 500 mgr Cl^-/ litre).

Dans l'agglomération bruxelloise, on peut considérer que socle et Crétacé forment deux nappes aquifères distinctes ; on notera aussi sur la figure 3, que le seuil de salinité du Crétacé dessine une avancée vers le Sud, en direction de Bruxelles où de trop nombreux captages ont fortement déprimé la nappe.

Vers l'Est, la nappe du Crétacé des Flandres est prise en relai par l'importante nappe captive du Maastrichtien.

4.3.2. CRETACE DU BRABANT

Les terrains crayeux existant dans la région de la Dyle en amont de Louvain correspondent à une avancée méridionale des dépôts crétacés qui s'étendent de façon continue dans le sous-sol du Nord de la Belgique (voir carte de la figure 18). Ces dépôts sont assez hétérogènes : leur perméabilité est surtout importante à la base (craie grenue avec noyaux de calcaire dur) et au sommet (tuffeau, riche en silex, du Maastrichtien) dont l'extension est surtout limitée au Nord du Bassin ; les craies blanches présentent un aspect souvent compact avec une perméabilité très réduite ; le niveau de base est une zone caillouteuse au contact du socle, ce qui entraîne d'ailleurs un mélange avec les eaux de ce socle).

Le Crétacé moyen de la Dyle se présente comme une entité hydrogéologique isolée, les bassins hydrographiques voisins ne contenant aucun dépôt crétacique (Bassin de la Senne et de la Grande Gette) ; on ne retrouve des couches crétacées que dans le bassin de la Petite Gette (région Orp-Jauche) où existent de nombreuses sources alimentées partiellement par la nappe du Landénien de la Gette dans son bassin supérieur.

Les dépôts landéniens et yprésiens forment une couverture plus ou moins imperméable au Crétacé et isolent celui-ci des nappes superficielles phréatiques contenues dans les sables bruxelliens. Etant donné le caractère principalement captif et l'isolement du bassin hydrographique, se pose le problème de la réalimentation naturelle de la nappe crétacée du Brabant, pourtant capable de fournir des débits élevés par sources ou par puits. L'alimentation naturelle n'est possible qu'en

1. Limite sud de la craie blanche
2. Limite sud du tuffeau maastrichtien en formation continue
3. Limite nord des craies fissurées et aquifères
4. Limite nord des craies fissurées individualisées vis-à-vis du socle
5. Limite de la nappe captive productive du Maastrichtien.

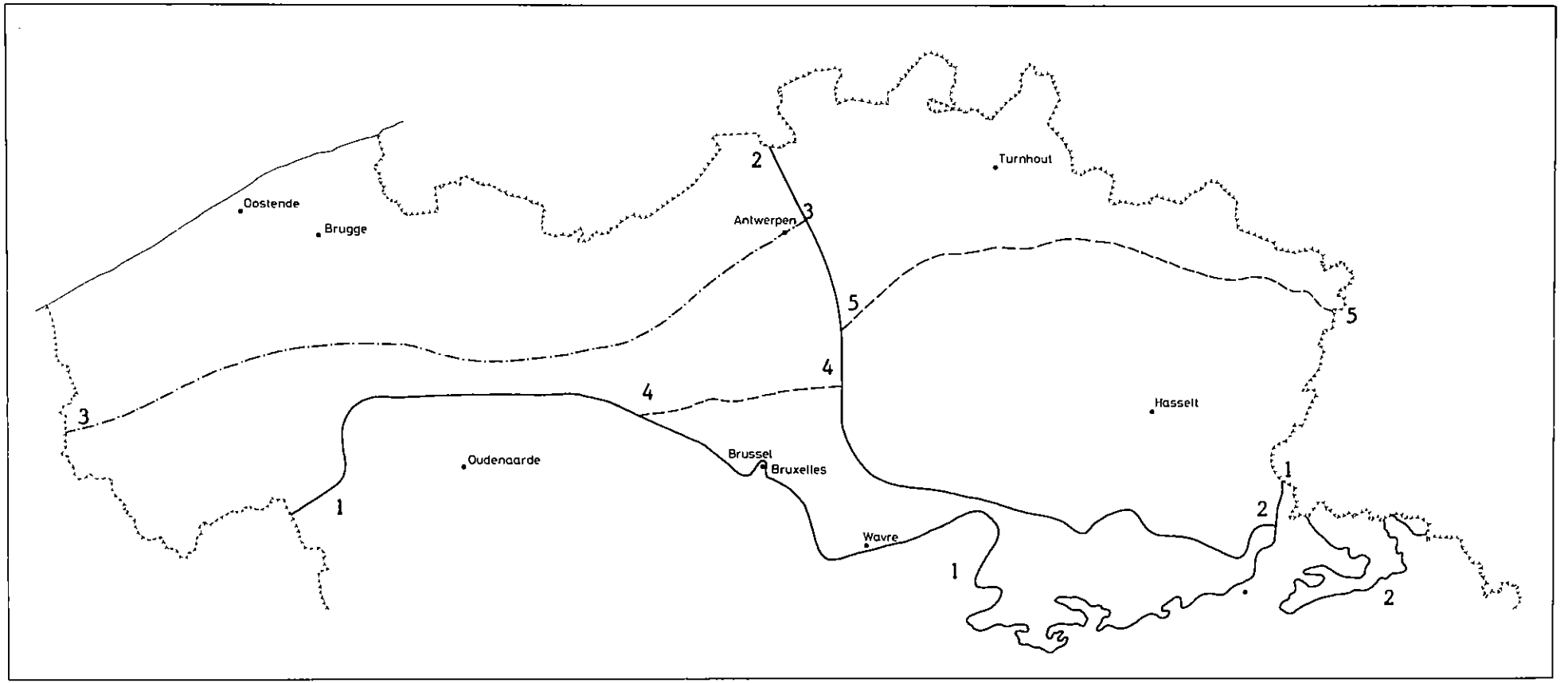


Figure 18 : Extension des dépôts crétacés dans la partie septentrionale du Pays (D'après M. GULINCK, 1966).

bordure du Massif Crétacé par l'intermédiaire de la nappe contenue dans le cailloutis de base du Landénien et les zones fissurées du socle. Afin de boucler un bilan hydrique, il est également absolument nécessaire de faire intervenir une drainance à partir de la couverture landénienne et yprésienne.

Le thalweg de la Dyle forme un drain naturel pénétrant jusqu'au coeur de la nappe et est en partie responsable de la mise en charge hydrostatique du Crétacé : l'existence du gradient suivant le cours des rivières est mise en évidence le long de la Lasne (voir carte 2 - Hydrogéologie - du bilan de synthèse).

4.3.3. CRETACE DE HESBAYE

La nappe aquifère des craies du Plateau de Hesbaye,(totalement délimité par les vallées de la Meuse, de la Mehaigne et du Geer),constitue un réservoir d'eau souterraine important alimentant notamment l'agglomération liégeoise.

Le terrain aquifère est constitué par les craies du Campanien-Maastrichtien (craie blanche-tuffeau-craie grenue) ; il repose sur un niveau d'argile et de marne ("smectite") imperméable et présente un pendage faible (1 à 2%) vers le Nord-Est.

L'ensemble des dépôts crayeux est recouvert par 5 à 15 m de limon et sables argileux ; cette couverture assure la filtration des eaux de percolation mais entraîne un délai important dans l'alimentation pluviale de la nappe (de 1 à 2 ans).

Le niveau piézométrique de la nappe est assez profond et largement situé en dessous du toit des craies : souvent, la zone saturée se limite à une épaisseur de la vingtaine de mètres, ce qui entraîne pratiquement l'absence du réseau hydrographique sur le plateau.

Les couches maastrichtiennes possèdent une porosité mixte ; par contre, les craies constituent un aquifère de fissures, l'eau circulant dans les diaclases et les joints. A noter également, l'importance des vallées sèches qui réalisent un drainage préférentiel (déjà parfois dans les limons), l'altération augmentant la fissuration de la roche ; un niveau induré entre le Campanien et le Maastrichtien joue un rôle hydrogéologique, provoquant localement des mises en charge conduisant à une nappe captive.

4.3.4. NAPPE CAPTIVE DU MAASTRICHTIEN

La nappe captive du Maastrichtien, constituée d'une roche calcaire grenue et tendre-tuffeau-, s'étend sur tout le territoire de la Province d'Anvers et du Limbourg (voir carte de la figure 18) ; elle se relie naturellement à la nappe des craies sénoniennes de Hesbaye mais, au contraire de celles-ci, les tuffeaux maastrichtiens conservent leur perméabilité vers le Nord en régime captif.

Les marnes heersiennes, surmontant le Maastrichtien (coupe générale B) conservent sur une plus courte distance leur fissuration en profondeur et sont en liaison hydrodynamique avec le Maastrichtien.

La nappe du Maastrichtien présente un intérêt vital pour toute la région du Demer mais présente une salinité croissante vers le Nord avec un seuil à 500 mgr Cl^-/litre ; celle-ci reste cependant éloignéede la zone d'alimentation de la nappe (sources du Demer et de la Herck, et dans l'échancrure de Orp-Jauche). A noter que la nappe du Maastrichtien, tout comme les sables lédiens, présente un golfe de salinité vers le Sud dans la région de Lierre.

4.3.5. CRETACE DU PAYS DE HERVE

Le Pays de Herve, encadré par la Meuse et le Vesdre, contient des ressources aquifères dans les couches crayeuses du Crétacé : celles-ci, très fissurées, sont perméables et reposent sur un substratum imperméable constitué par la "smectite" de Herve.

Les craies couvrant le plateau sont fortement échancrées par l'érosion du réseau hydrographique, ce qui donne naissance à un nombre de sites sourciers(voir coupe de la figure 19).

A proximité de la frontière hollandaise, dans les vallées de la Gulp et de la Voer, la smectite est prise en relai par des sables (sables de Vaals) surmontés par les Sables d'Aix-la-Chapelle ; le recouvrement crayeux ayant disparu, les couches sableuses forment une nouvelle nappe phréatique.

4.3.6. CRETACE DU BASSIN DE MONS

La dépression du Bassin de la Haine, cuvette comblée localement de plus de 300 mètres de terrains crétacés, constitue un gisement important d'eau souterraine. L'aquifère du Bassin de Mons est composé d'un

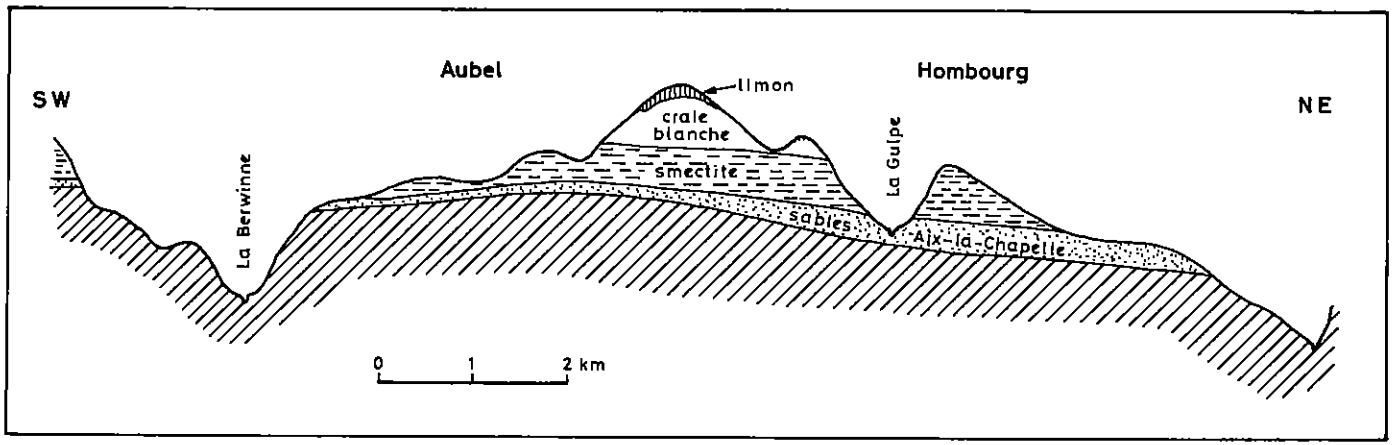


Figure 19 : Coupe dans le Crétacé du Pays de Herve, reposant sur le substratum houiller (d'après M. Gulinck, 1966).

ensemble de formations carbonatées plus ou moins perméables, superposées depuis le mur imperméable (les Dièves ou marnes turoniennes) jusqu'au toit, sensiblement imperméable par l'intermédiaire de silts argileux ou glauconifères (voir figures 20 et 21).

En général, la partie utile des formations crayeuses, du point de vue circulation des eaux, se situe dans les zones supérieures, les seules qui soient suffisamment fissurées et capables d'assurer des débits importants.

L'alimentation de la nappe s'effectue, directement ou par l'intermédiaire d'une fine pellicule sableuse, sur de vastes affleurements de craie dans la partie orientale du Bassin. A l'Ouest, par contre, la présence de sédiments landéniens à la base de la couverture et un recouvrement local d'argiles yprésiennes confèrent à la nappe un caractère captif ou du moins semi-captif ; il est d'ailleurs nécessaire, lors de l'établissement du bilan hydrique du Bassin, de tenir compte d'une alimentation par drainance à partir des couches superficielles.

La nappe se prolonge à l'Ouest, au-delà de la frontière française vers le Bassin de l'Escaut (voir figure 21).

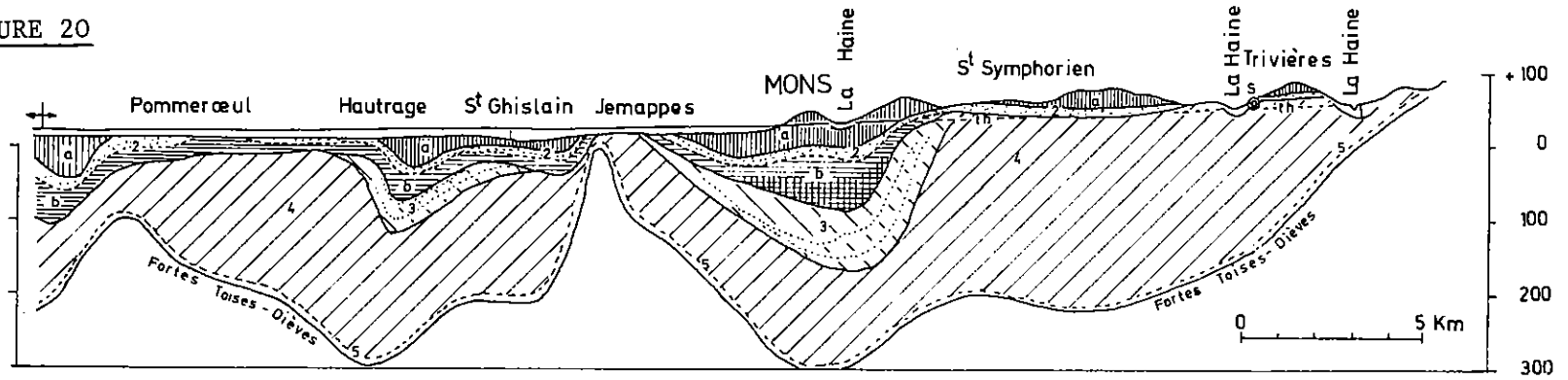
A noter que le mouvement général des eaux est contrarié par des inflexions profondes du toit imperméable (dépression tertiaire de Quiévrain-Bernissart) et des relèvements du mur imperméable (seuil de Jemappes).

4.4. JURASSIQUE

Le sous-sol de la Gaume est constitué d'un ensemble de couches triasiques et jurassiques, en pendage pseudo-régulier vers le Sud-Est et recouvrant le substratum gréso-schisteux du Dévonien.
L'alternance de couches perméables (calcaires, calcaires gréseux ou sables gréseux) et imperméables (marnes ou argilex schisteuses) donne lieu à la formation de plusieurs nappes superposées, plus ou moins indépendantes (voir coupe de la figure 22).

Les nappes aquifères contenues dans les poudingues, conglomérats et grès du Keuper inférieur sont peu importantes en raison de leur alimentation assez médiocre (zones d'affleurement discontinues et d'extension restreinte) ; il en est de même de la nappe du Rhétien.

FIGURE 20

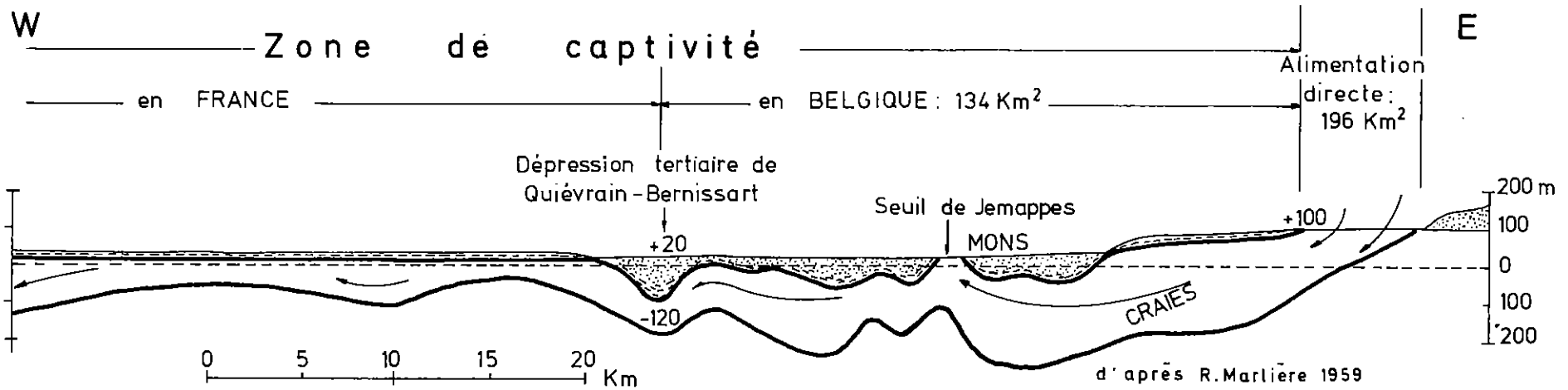


Coupe longitudinale de la vallée de la Haine en Belgique
(d'après M. Gulinck).

1 = alluvions
2 = sables landéniens
3 = calcaires, tuffeaux (Montien - Maastrichtien)
4 = craies blanches
5 = craies glauconifères et rabots

a = argile yprésienne
b = argiles landiennes et marnes montiennes
S = source
th = thalweg de la Haine projeté

FIGURE 21



Coupe longitudinale d'ensemble dans les craies du Bassin de Mons et du Nord de la France, avec indication du recouvrement tertiaire (d'après R. MARLIERE).

Par contre, les terrains liasiques du Virtonien et du Sinémurien (1) présentent un intérêt hydrogéologique majeur. Le premier ensemble aquifère important est constitué par les calcaires sableux de Florenville et d'Orval, d'âge Sinémurien et reposant sur les marnes hettangiennes imperméables ; la perméabilité de ces roches présente un caractère mixte d'interstices et de fissures ; localement, une plus forte dissolution des terrains sinémuriens provoque des circulations de type karstique, se manifestant par des pertes ou des résurgences. A noter les échanges d'eau entre la Semois et la nappe aquifère sinémurienne ; celle-ci subit un drainage profond alimentant de nombreuses sources. Au Sud de la zone d'alimentation, cette nappe devient captive sous les marnes du Sinémurien supérieur, sauf à l'Ouest où elle se relie à la nappe des Sables et Grès de Virton (Virtonien inférieur) avec laquelle elle forme un vaste aquifère stratifié par des hard-grounds ou des bancs discontinus de marnes.

Séparé de la nappe sinémurienne par l'assise imperméable des schistes d'Ethe (Virtonien moyen), le second ensemble aquifère est constitué par les "macignos" (grès tendres et calcarifères) d'Aubange et de Messancy du Virtonien supérieur, souvent ferrugineux, fortement fissurés ce qui leur confére une perméabilité de type mixte ; la nappe des macignos alimente un assez grand nombre de sources, souvent pérennes.

A noter que la présence de failles, très mal connues, complique les circulations souterraines des deux ensembles aquifères.

Enfin, suivant un liseré parallèle à la frontière franco-belge, apparaissent de nombreuses sources au contact de la nappe des calcaires bajociens avec les marnes toarciennes sous-jacentes.

---

(1) Afin de garder aux formations aquifères de la Gaume leur dénomination courante, nous avons utilisé dans le texte les noms des anciens étages géologiques définis sur les cartes géologiques belges et suivant la légende générale du Conseil Géologique (1929) ; suivant les nouvelles nomenclatures, il est nécessaire de faire les transformations suivantes :

- calcaires sableux de Florenville et d'Orval ⟶ Lotharingien et Carixien
- grès et sables de Virton (Virtonien inférieur) ⟶ Carixien inférieur
- schistes d'Ethe (Virtonien moyen) ⟶ Carixien supérieur
- "macignos" d'Aubange et de Messancy ⟶ Domérien

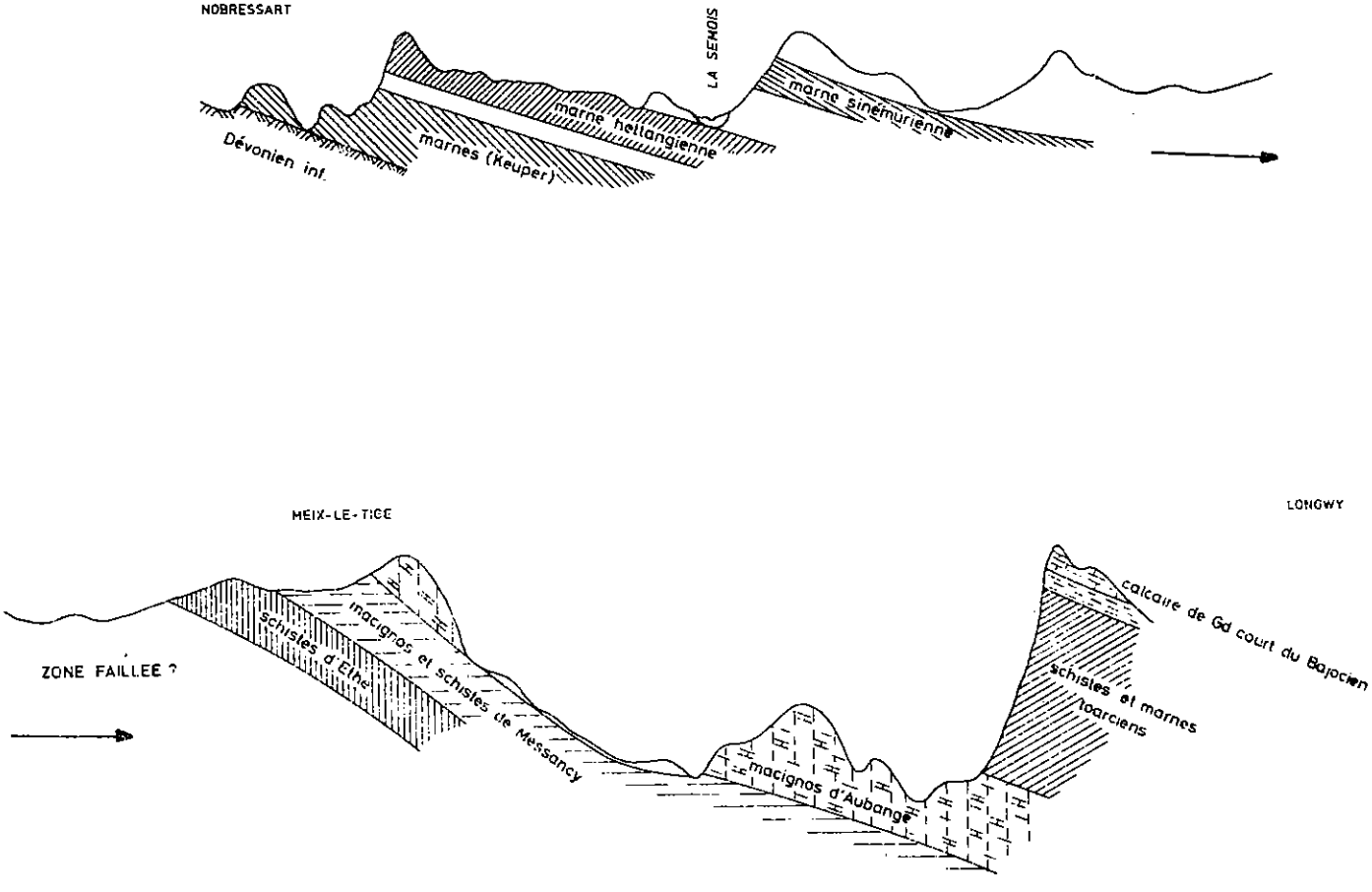


Figure 22 : Coupe NOBRESSART - LONGWY (France) à travers les formations secondaires de la Gaume.

4.5. CONGLOMERATS DE STAVELOT (POUDINGUES DE MALMEDY)

Le Massif Cambrien de Stavelot est traversé par une formation conglomératique d'origine continentale et d'âge Permien : le Poudingue de Malmédy. Ce conglomérat est formé de trois assises superposées dont l'assise moyenne est constituée de galets calcaires à ciment calcaro-argileux et se comporte comme une roche calcaire : les actions de la dissolution y ont créé un régime de circulation des eaux de type karstique.

4.6. CALCAIRES DINANTIENS

4.6.1. CALCAIRES DINANTIENS DU SYNCLINORIUM DE NAMUR

Un gisement aquifère important est contenu dans la bande de Calcaire Carbonifère du Bord Nord du Synclinorium de Namur qui s'étend depuis la région de Lille jusqu'à Namur et qui se prolonge ensuite vers Visé en suivant la vallée de la Meuse.

Les couches calcaires sont peu déformées et présentent un pendage plus ou moins régulier vers le Sud.

La perméabilité des calcaires est due essentiellement à un réseau serré de diaclases et de fissures auxquelles s'ajoutent des cavités naturelles de dissolution pour conférer à la nappe un type karstique, ou mieux subkarstique car, en général, le régime hydraulique de l'aquifère correspond à une véritable nappe dont on peut parfaitement dessiner des cartes piézométriques continues.

4.6.1.1. Calcaire Carbonifère du Tournaisis

Le Calcaire Carbonifère du Tournaisis est bordé au Nord et à l'Ouest par le Dévonien et plonge au Sud sous le Namurien : il affleure hydrologiquement sous le Tournaisis grâce à l'érosion et à un vaste dôme anticlinal faillé, l'anticlinal de Tournai.

Par suite de l'érosion locale des marnes de base du Crétacé et/ou de l'argile landénienne et/ou de l'argile yprésienne, la nappe du Calcaire Carbonifère peut être mise en liaison hydrologique directe respectivement avec les nappes turoniennes, landéniennes ou quaternaires. A l'Ouest de l'Escaut, la nappe du Calcaire Carbonifère devient nettement artésienne.

Le Calcaire Carbonifère est formé d'une succession de couches géologiques de nature lithologique variable et de comportement hydrodynamique variable ; la partie supérieure du Viséen inférieur est hydrologiquement la plus importante, notamment en raison de son altération plus développée (rôle du karst Wealdien) de même que la partie médiane du Tournaisien supérieur (surtout dans le thalweg de l'Escaut où le karst est plus développé) ; localement, la partie inférieure du Viséen inférieur est également bien productive.

Au point de vue technique, le rôle joué par les failles est important, surtout dans l'anticlinal de Tournai : ces failles forment écran, compartimentent ainsi l'aquifère et compliquent donc la circulation naturelle des eaux souterraines.

La nappe du Tournaisis est fortement sollicitée pour la production d'eau de distribution publique mais aussi par l'exhaure des carrières.

4.6.1.2. Calcaire Carbonifère du Hainaut

A l'Est du Tournaisis, le Calcaire Carbonifère est entaillé par les affluents supérieurs de la Dendre et de la Senne ; plus loin encore, le drainage s'effectue vers la Sambre.

La nappe alimente le réseau hydrographique par un assez grand nombre de sources ; certains puits creusés sous la plaine alluviale sont artésiens et des échanges d'eau s'effectuent avec les nappes des alluvions fluviatiles.

En examinant l'allure générale de la surface du Calcaire Carbonifère depuis Tourcoing jusqu'à Namur (voir profil de la figure 23), il semble possible qu'il existe, sous-jacent au drainage des différents thalwegs, un courant profond de l'Est vers l'Ouest mais cette circulation générale éventuelle des eaux ne s'effectue certainement pas de façon simple, l'eau infiltrée dans le calcaire à Namur ne circulant pas nécessairement jusque dans le Tournaisis.

4.6.2. CALCAIRE CARBONIFERE DU BASSIN DE DINANT

La structure du synclinorium de Dinant montre une alternance de plis anticlinaux et synclinaux : cette succession de plis assez réguliers, plus ou moins parallèles, avec ennoyages ou redressements locaux des couches, se marque de la topographie et donne une figure

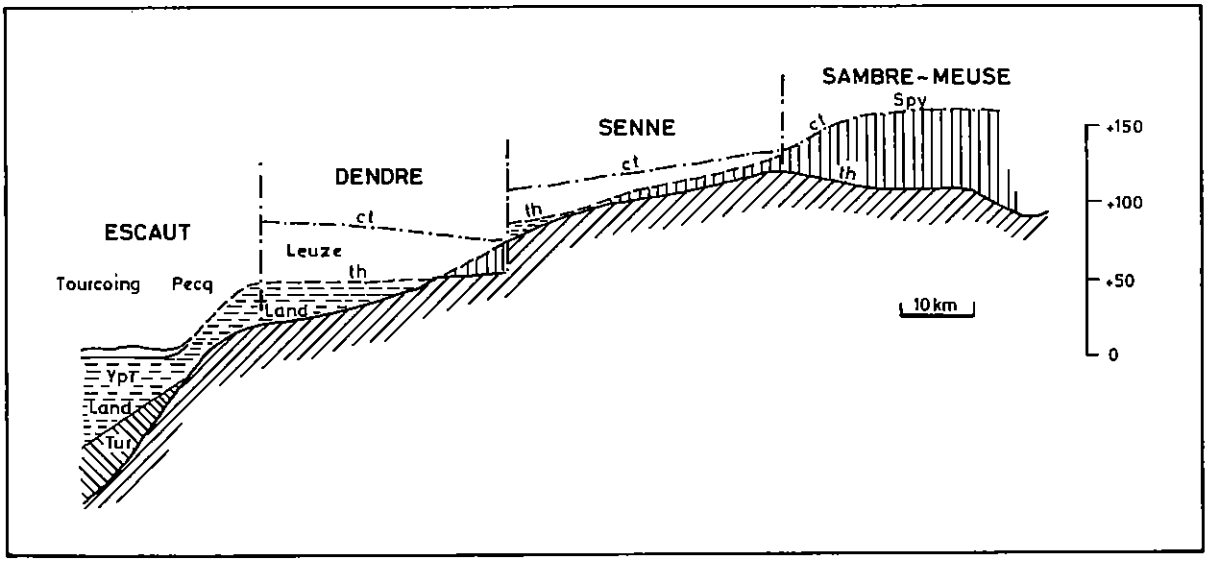


Figure 23 : Profil du Calcaire Carbonifère depuis Namur jusqu'à Tourcoing. (D'après M. GULINCK, 1966).

caractéristique sur la carte n°1 - "Inventaire des formations aquifères"- du bilan de synthèse.

Le coeur des synclinaux est constitué de calcaires carbonifères, Viséen ou Tournaisien, parfois recouverts dans la partie centrale de la structure de roches du Houiller donnant à la nappe souterraine un caractère captif ; le noyau des anticlinaux est formé de niveaux schisto-gréseux du Famennien.

Etant donné le faible emmagasinement hydraulique des schistes et grès dévoniens environnants, l'écoulement souterrain converge surtout vers les synclinaux calcaires, formant des dépressions topographiques où se concentrent les eaux : il en résulte des réservoirs aquifères généralement de forme allongée, soit isolés les uns des autres, soit reliés entre eux à la faveur d'ennoyages longitudinaux.

Le réseau hydrographique coupe les bandes calcaires soit transversalement, soit longitudinalement, donnant lieu à d'importants sites sourciers dont les eaux montrent le plus souvent une constance de débit, de température et de chimisme.

Les calcaires tournaisiens doivent leur perméabilité à un réseau très dense de fissures tandis que les couches viséennes développent un caractère karstique, avec pertes et résurgences nombreuses.
Ce karst peut être très profond ; ainsi, à Wépion, l'eau du karst viséen à 1.000 m de profondeur se met en équilibre hydrostatique avec l'eau de la Meuse dont elle suit instantanément les variations saisonnières de température.

Il faut également citer les ressources aquifères contenues dans les calcaires dinantiens du Bassin de la Vesdre.

4.7. CALCAIRES DEVONIENS

Les calcaires dévoniens affleurent sur les bordures du Bassin de Dinant et sur le bord Nord du synclinorium de Namur.

Si les calcaires couviniens et frasniens sont irrégulièrement développés (sous forme de lentilles ou en massifs isolés), les calcaires givétiens forment par contre des couches distribuées de façon beaucoup plus continue.

La surface d'affleurement de tous ces calcaires est assez étendue et parfois de bonnes conditions sont réunies pour permettre le

captage de gros débits.

Ces calcaires dévoniens forment un terrain de prédilection pour un développement optimal d'un karst qui entraîne des risques élevés de pollution pour les nappes souterraines. La plupart des sites sourciers issus des calcaires dévoniens ne présentent d'ailleurs pas un débit d'émergence régulier.

4.8. TERRAINS SCHISTO-GRESEUX DU DEVONIEN ET DU SOCLE ANCIEN (SILURIEN - ORDOVICIEN - CAMBRIEN)

Les formations schisto-gréseuses de l'Ardenne et des Bassins de Dinant et de Namur (Gedinnien, Siegenien, Emsien, Couvinien, Frasnien et Famennien) sont principalement constituées de schistes, phyllades, grès, quartzites et quartzophyllades ; une comparaison hâtive de ces formations avec les aquifères calcaires, crayeux ou sableux, pourrait les faire considérer comme hydrologiquement stériles. Cependant, même si les ressources aquifères qu'elles contiennent sont de faible importance, les formations schisto-gréseuses dévoniennes ne sont pas à négliger car elles constituent souvent les seules disponibilités aquifères des communes, particulièrement en Ardenne.

Les nappes phréatiques contenues dans les couches superficielles altérées et fissurées sont captées par drains et galeries (souvent placés en tête de vallon ou en zone d'émergence) ; ces nappes peu profondes sont souvent très sensibles à la pollution (notamment l'élevage) et, leur capacité d'emmagasinement d'eau pluviale étant faible, leur débit productif diminue très fortement en été, alors que la demande en eau s'accroît en raison du développement touristique.

Par contre, à plus grande profondeur, surtout dans des couches gréseuses ainsi que dans des zones fracturées et quartzeuses, des puits atteignant près de 100 mètres de profondeur captent des eaux à caractère artésien circulant souvent le long de bandes de roches broyées sur de très longues distances (plusieurs dizaines de kilomètres parfois). Le rendement de ces puits, dont les eaux sont indépendantes de la nappe phréatique d'altération, est relativement constant durant toute l'année.

Les terrains du socle ancien (Cambrien-Ordovicien-Silurien) du Massif du Brabant et de l'Ardenne obéissent aux mêmes règles hydrogéologiques que les massifs schisto-gréseux de l'Ardenne.

Pour être complet, citons également quelques réserves aquifères dans les roches namuriennes (notamment des phtanites fissurés) du Hainaut et du Massif de la Vesdre).

Un paragraphe particulier doit être consacré à la région des Fagnes, caractérisée par une pluviosité très forte et la présence d'une couverture limono-argileuse presque imperméable sur un sous-sol essentiellement schisteux peu profond. Les tourbières présentent une structure favorable à l'emmagasinement d'eau, captée par drains dans les niveaux sourciers situés en bordure du plateau.

Signalons enfin l'existence, au Nord de l'Ardenne, dans le Massif de Stavelot, de sources carbo-gazeuses ("pouhons") d'eau très ferrigineuse et chargée de gaz carbonique.

4.9. NAPPE CAPTIVE DU SOCLE CAMBRO-SILURIEN

L'eau de la nappe captive du socle cambro-silurien est contenue dans les fissures du rocher et dans les cailloutis de base du Landénien ou du Crétacé ; la zone d'alimentation, essentiellement méridionale par rapport à toute l'extension de la nappe, est située dans le bassin supérieur de la Dendre et dans le Brabant méridional.

Les relations de cette nappe avec d'autres sus-jacentes (Crétacé, Landénien, Bruxellien, ...) ont déjà été décrites précédemment.

L'extension de la nappe du socle cambro-silurien couvre tout le Nord du Pays, mais son exploitation est limitée (profondeur des couches, faibles rendements, surexploitation locale notamment à Bruxelles et dans la région de Renaix et enfin limites de salinité).

CHAPITRE V - HYDROGEOLOGIE - PRELEVEMENTS - DISPONIBILITES

La carte de la figure 24 définit le découpage du territoire belge suivant les 48 secteurs économiques du Service National de l'Administration de l'Urbanisme : chacun de ces secteurs représente une maille élémentaire du schéma de description détaillée des paramètres hydrogéologiques du bilan de synthèse des ressources en eau.

Nous passerons en revue chacun de ces secteurs afin de préciser :

- les prélèvements effectués ;
- les caractéristiques géologiques propres ;
- les paramètres hydrodynamiques disponibles :
- les disponibilités aquifères ;
- le mode de prélèvement (estimation de la profondeur des puits, ...) ;
- la nature générale des eaux captées ;
- la piézométrie ;
- et tout autre élément hydrogéologique utile au bilan de synthèse.

Un extrait (à l'échelle du 1/250.000ème) de la carte n°1 - Inventaire du bilan de synthèse accompagne la description de chaque secteur : ces cartes précisent les différentes formations géologiques composant le sous-sol de la maille élémentaire.

Enfin, les prélèvements effectués sur chaque secteur sont définis par un tableau, avec précision de la nappe aquifère sollicitée et de la destination de l'eau captée (distribution publique ou industrie). Je remercie l'Administration des Mines de l'aide qu'elle m'a apportée dans la collecte des renseignements relatifs aux débits captés.

Sur les extraits de carte hydrogéologique au 1/250.000ème, les chiffres entre parenthèses correspondent à des nappes captives, les chiffres seuls représentant bien sûr des nappes aquifères phréatiques.

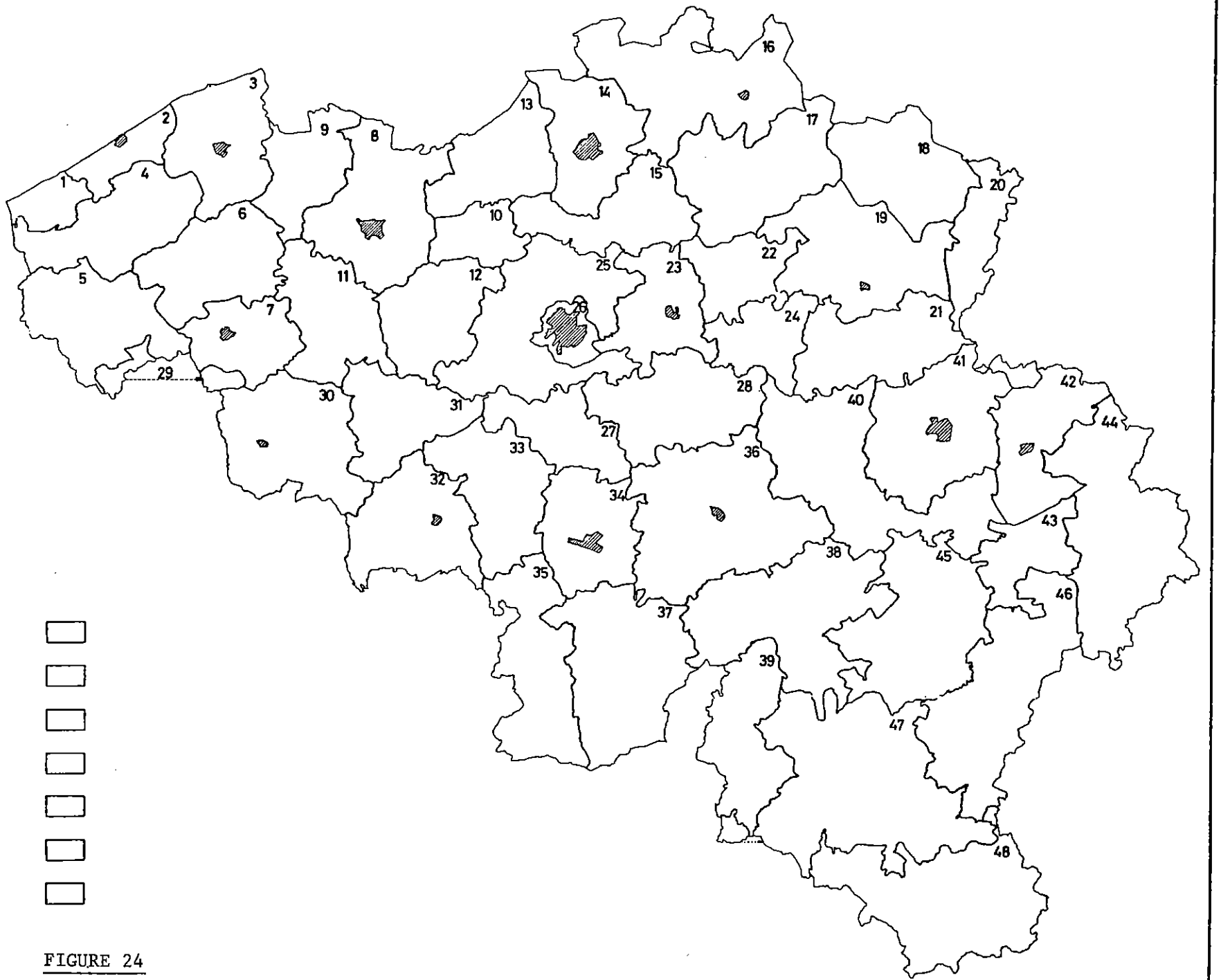

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48

FIGURE 24

SECTEUR ECONOMIQUE 1

WESKUST - VEURNE

- Superficie : 13.226 hectares

- Population : 39.681 habitants (fin 1974)

- Les prélèvements relatifs au secteur 1 sont effectués surtout dans la nappe des sables côtiers (Dunes).

- Deux massifs dunaires sont principalement productifs :
    - De Panne : batterie de 100 puits filtrants d'une profondeur d'environ 12 m ; production de 1.500.000 m3/an ;
    - Oostduinkerke : batterie de 163 puits filtrants, de même profondeur ; production : 1.700.000 m3/an.

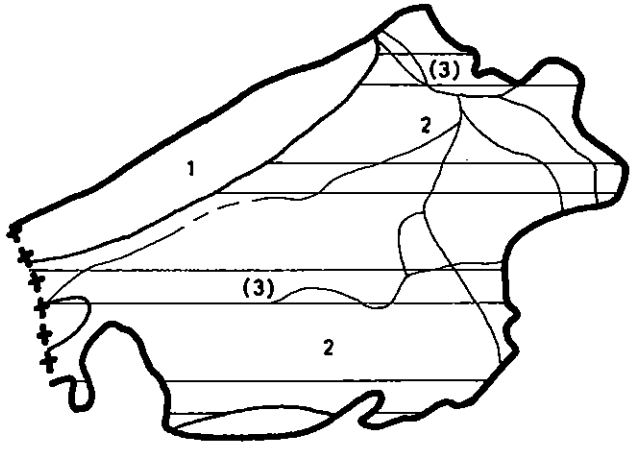
- Les eaux pompées dans les sables dunaires sont généralement dures, ferrugineuses (7,5 mgr Fe/litre), avec une salinité de l'ordre de 80 mgr Cl^-/litre.

- Caractéristiques hydrodynamiques disponibles :
    - $T = 9.10^{-3}$ m^2/sec ,
    - $S = 4.10^{-4}$ (nappe captive sous lentilles argileuses).

- A noter l'obligation de disposer judicieusement les batteries de puits filtrants, chacun de ceux-ci induisant un faible rabattement afin de limiter l'invasion de l'aquifère par les eaux salées.

- La période estivale, où l'infiltration est pratiquement nulle, engendre une surconsommation d'eau par le tourisme, avec risques de rapprochement du biseau salé vers les zones de captage.

1. Sables côtiers (dunes)
2. Dépôts sableux de la Plaine Maritime
3. Nappe captive des sables landéniens des Flandres



SECTEUR ECONOMIQUE 1
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 1 — WESTKUST-VEURNE (Flandre Occidentale)

Aquifère	Captage d'eau de distribution	Captage d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total.
Dunes (sables côtiers)	3.169.100			3.169.100
Pleistocène	146.000			146.000
Totaux	3.315.100			3.315.100

SECTEUR ECONOMIQUE 2

MIDDENKUST - OOSTENDE

- Superficie : 20.777 hectares

- Population : 107.292 habitants (fin 1974)

- Seule la nappe des sables côtiers est sollicitée par des captages pour la distribution publique de l'eau (batterie de 34 puits filtrants d'environ 18 mètres de profondeur avec une production de 130.000 m3/an).

- A noter l'apparition d'un seuil de salinité dans les sables landéniens mais ceux-ci ne sont de toute façon pas exploités à proximité immédiate de la côte belge.

- Alors que les secteurs 1 et 3 peuvent fournir dans la nappe aquifère des sables dunaires, par batterie de puits, des débits supérieurs au million de m3 par an, correspondants à la capacité maximale des massifs, le secteur 2 ne livre actuellement que 130.000 m3/an : des disponibilités doivent donc encore y exister.

- Estimation des disponibilités de la nappe des sables côtiers (d'après SCHITTEKAT, 1972)

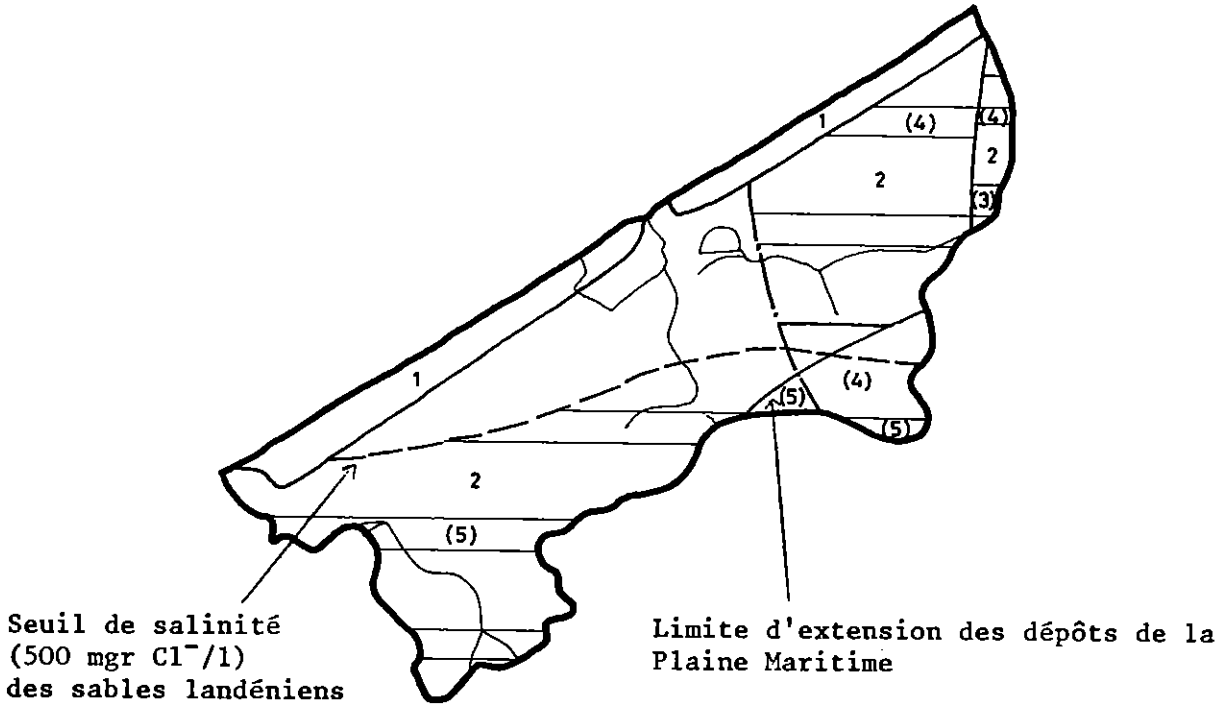
L'étude du bilan de la nappe dunaire à Oostduinkerke a montré qu'un débit de production de 1.300.000 m3/an correspond à l'alimentation pluviale d'une superficie de l'ordre de 650 hectares : ce calcul a été effectué sur base du rapport entre débit pompé et infiltration efficace, déterminée par application des formules de Thornthwaite et de Turc sur une période de 10 ans (de 1961 à 1970) ; les valeurs de l'évapotranspiration suivant la formule de Serra se sont avérées trop faibles, sans doute en raison du degré hygrométrique élevé en bordure de la mer.

L'ensemble des dunes côtières couvre une superficie de 4.400 hectares ; afin de tenir compte de la pollution, importante en bordure des cités balnéaires, de la grande surface nécessaire à l'implantation des batteries de puits filtrants et des risques d'intrusion d'eau saline, la surface totale d'affleurement doit être

réduite d'environ 30% ; la surface utile des sables dunaires couvre donc environ 3.000 hectares, ce qui correspond à un débit potentiel disponible de 6.000.000 de m3/an.

Une disponibilité de l'ordre de 1.500.000 m3/an apparaît donc au bénéfice du secteur 2 (et peut-être partiellement au secteur 1 dans la région de Koksijde).

1. Sables côtiers (dunes)
2. Dépôts sableux de la Plaine Maritime
3. Sables lédo-paniseliens
4. Sables yprésiens
5. Sables landéniens



SECTEUR ECONOMIQUE 2
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 2 — MIDDENKUST-OOSTENDE (Flandre occidentale)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Dunes (sables côtiers et pleistocène)	132.000			132.000
Totaux	132.000			132.000

SECTEUR ECONOMIQUE 3

BRUGGE - OOSTKUST

- Superficie : 56.363 hectares
- Population : 220.238 habitants (fin 1974)
- Villes et communes principales : Brugge, Knokke, Heist.

- Les sables côtiers ont fourni, sur le site de Knokke-Heist, des débits de l'ordre du million de m3 par an (toujours par batterie de puits filtrants).

- Au Sud de Brugge, les massifs sableux (sables lédo-paniseliens surmontés par des sables de couverture pléistocène) sont susceptibles de fournir des débits importants lorsqu'il possèdent une surface d'alimentation importante :

  - site de Varsenare - Loppem, 5.400 ha, 1.300.000m3/an, par une batterie de 100 puits (prof. 20 m, diamètre 110 mm) ;
  - site de Beernem, 11.000 ha, 1.000.000 m3/an, par batterie de 100 puits de même type.

- Dans la plaine maritime, de petits captages d'eau relativement peu salée existent, mais le débit qu'ils peuvent produire reste inférieur à 100 m3/jour et n'est donc pas repris dans notre inventaire.
  A noter qu'à proximité immédiate de Brugge, la nappe phréatique est fortement polluée tandis qu'aux abords du canal maritime, la présence de sel est sensible.

- Aux environs de Brugge, de petits massifs sableux paniseliens assurent la livraison d'eau aux industries par des débits de l'ordre de 50.000 m3/j (puits d'une profondeur de 40 m).

- Les sables yprésiens, captifs sous l'argile paniselienne, permettent localement le captage de 20 à 40.000 m3/an à une profondeur de l'ordre de 60 mètres.

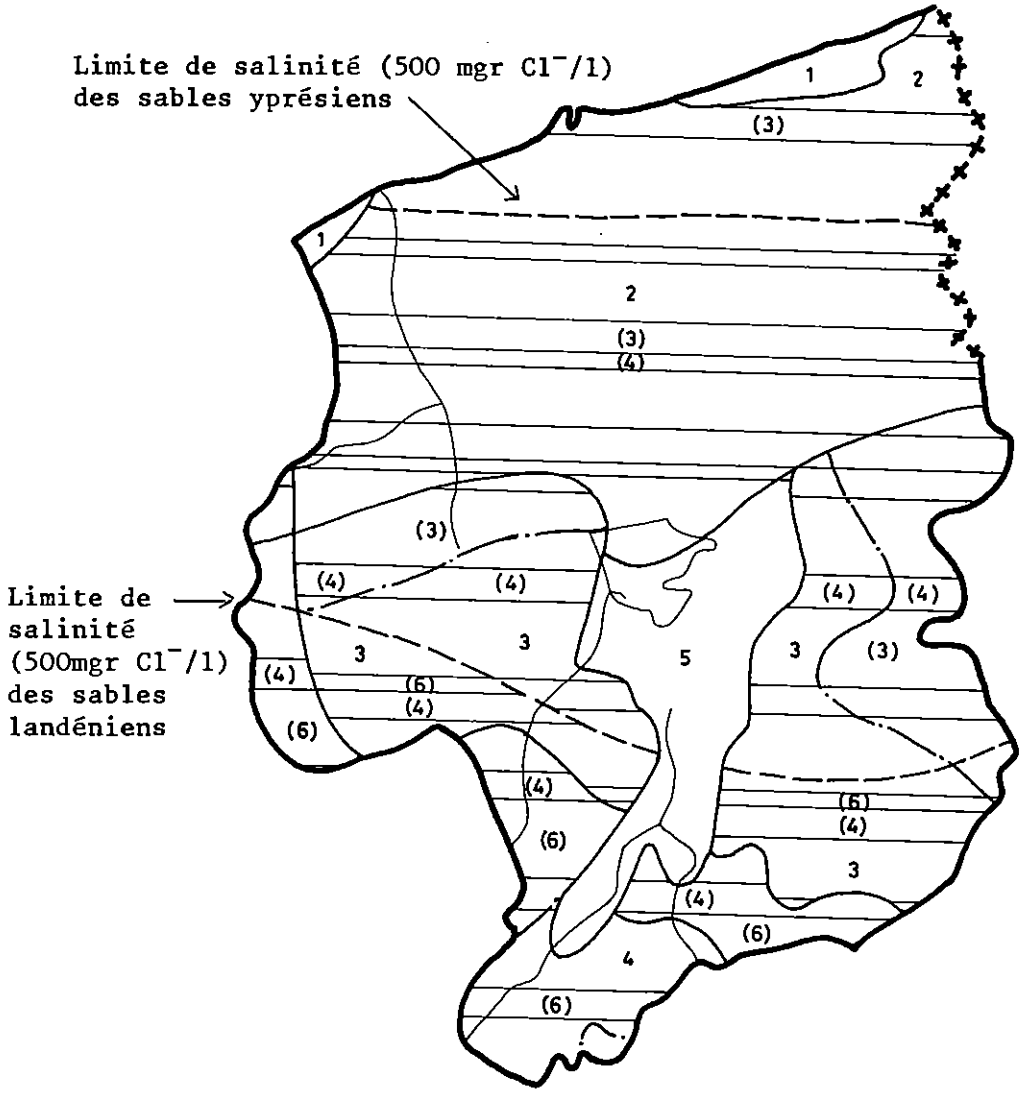
- Enfin, les sables landéniens, déjà très profonds (près de 250 m) fournissent 100.000 m3/an d'eau de faible qualité à l'industrie locale.

- A noter la présence des seuils de salinité des sables landéniens et yprésiens et, tout au Nord du secteur, de la nappe lédo-paniselienne.

- On peut considérer que ces nappes ne possèdent pratiquement plus de disponibilité importante d'eau de bonne qualité.

- Caractéristiques hydrodynamiques :
  - sables côtiers : $k = 3.10^{-4}$m/sec
  - sables paniseliens $k = 1.10^{-5}$m/sec (Varsenare)
    T = de 5 à $11.10^{-4}m^2$/sec (Brugge)
    $S = 7.15^{-4}$
  - sables yprésiens $T = 14.10^{-5}$ m^2/sec.

1. Sables côtiers (dunes)
2. Sables de la Plaine maritime (toujours libre)
3. Sables lédo-paniseliens (libre, puis captive vers le N et l'E)
4. Sables yprésiens (libre, puis captive au Nord)
5. Dépôts alluvionnaires pléistocènes (toujours libre)
6. Sables landéniens (toujours captive)



SECTEUR ECONOMIQUE 3
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 3 — BRUGGE-OOSTKUST (Flandre occidentale)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Dunes (sables côtiers et Pleistocène)	1.099.864			1.099.864
Sables paniseliens	2.394.117	1.014.000		3.408.117
Sables yprésiens		74.000		74.000
Sables landéniens		267.000		267.000
Totaux	3.493.981	1.355.000		4.848.981

SECTEURS ECONOMIQUES 4, 5 et 6

4. DIKSMUIDE - TORHOUT

- Superficie : 63.280 hectares

- Population : 106.295 habitants (fin 1974)

5. IEPER - POPERINGE

- Superficie : 61.023 hectares

- Population : 130.176 habitants (fin 1974)

6. ROESELARE - TIELT

- Superficie : 60.204 hectares

- Population : 219.075 habitants (fin 1974)

- Ces trois secteurs économiques ont été regroupés car ils présentent la particularité de voir s'étendre sur leur territoire la nappe des sables landéniens des Flandres, nappe captive sous l'argile yprésienne.

- Cette nappe du Landénien possède des caractéristiques hydrogéologiques tout à fait défavorables à l'exploitation par puits :
    - faible épaisseur réellement sableuse et aquifère (de l'ordre de 10 m) ;
    - faibles vitesses de circulation de l'eau (estimées par datation au tricium à 0,1 m/jour) ;
    - faibles transmissivités (de l'ordre de 2.10^{-5} m^2/sec) ;
    - zone d'alimentation très éloignée au Sud, en France ;
    - alimentation déficitaire sur les zones d'affleurement malgré une lame pluviale importante mais refusée par des sables argileux superficiels,
    - avec en conséquence, un abaissement continu de la nappe.

- La piézométrie de la nappe des sables landéniens présentée sur la carte n°2 du bilan de synthèse, souligne ces particularités.

- A noter que dans le secteur 5, aucun captage n'est supérieur à 100 m^3/jour et aucun débit n'est donc inscrit sur le tableau de synthèse.

- La nappe captive des fissures du socle est exploitée dans les secteurs 4 et 6 : ces captages (très profonds, plus de 200 mètres), se marquent immédiatement sur la carte isopiézométrique de la carte n°2 du bilan de synthèse ; une ellipse de rabattement importante se dessine suivant un axe NW-SE Kortemark-Ardooie-Oigem sur les deux secteurs considérés.

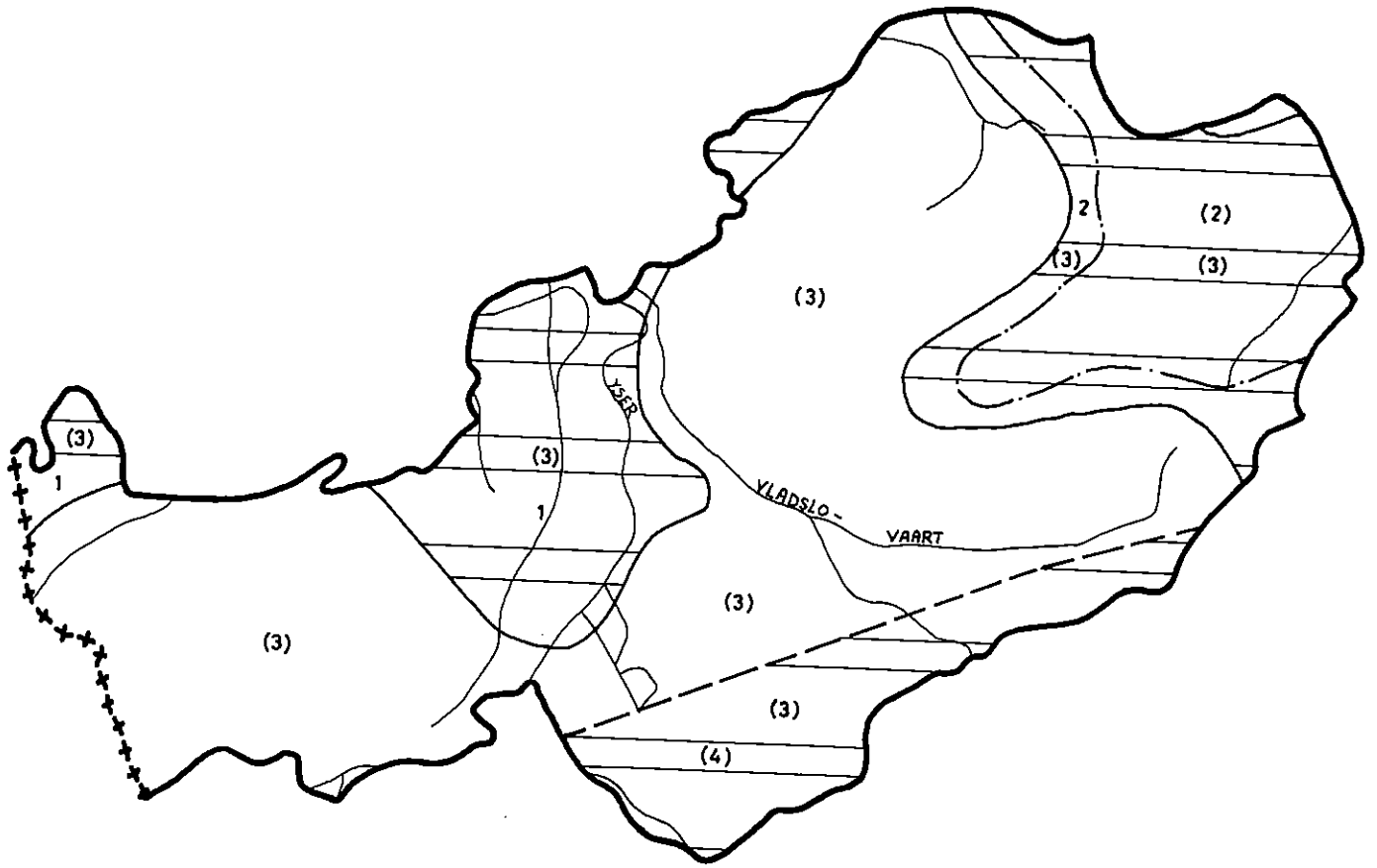
- L'eau captée dans le socle possède une salinité élevée (plus de 200 mgr Cl^-/litre à Izegem par exemple), ce qui limite sa destination aux besoins industriels. A l'extrémité Nord de l'ellipse de rabattement passe d'ailleurs la ligne du seuil de salinité, sensiblement orientée E-W.

- L'allure de cette carte isopiézométrique montre à l'évidence l'absence de réserves disponibles dans la nappe captive du socle des Flandres.

- Dans la partie septentrionale des secteurs 4 et 5, les massifs lédo-paniseliens et yprésiens, découpés par le réseau hydrographique, produisent des débits limités.

- A noter quelques prélèvements dans les dépôts pléistocènes du thalweg du Bassin de l'Escaut.

1. Sables de la plaine maritime
2. Sables yprésiens
3. Sables landéniens
4. Nappe du socle des Flandres (associée à la nappe captive des Craies des Flandres).



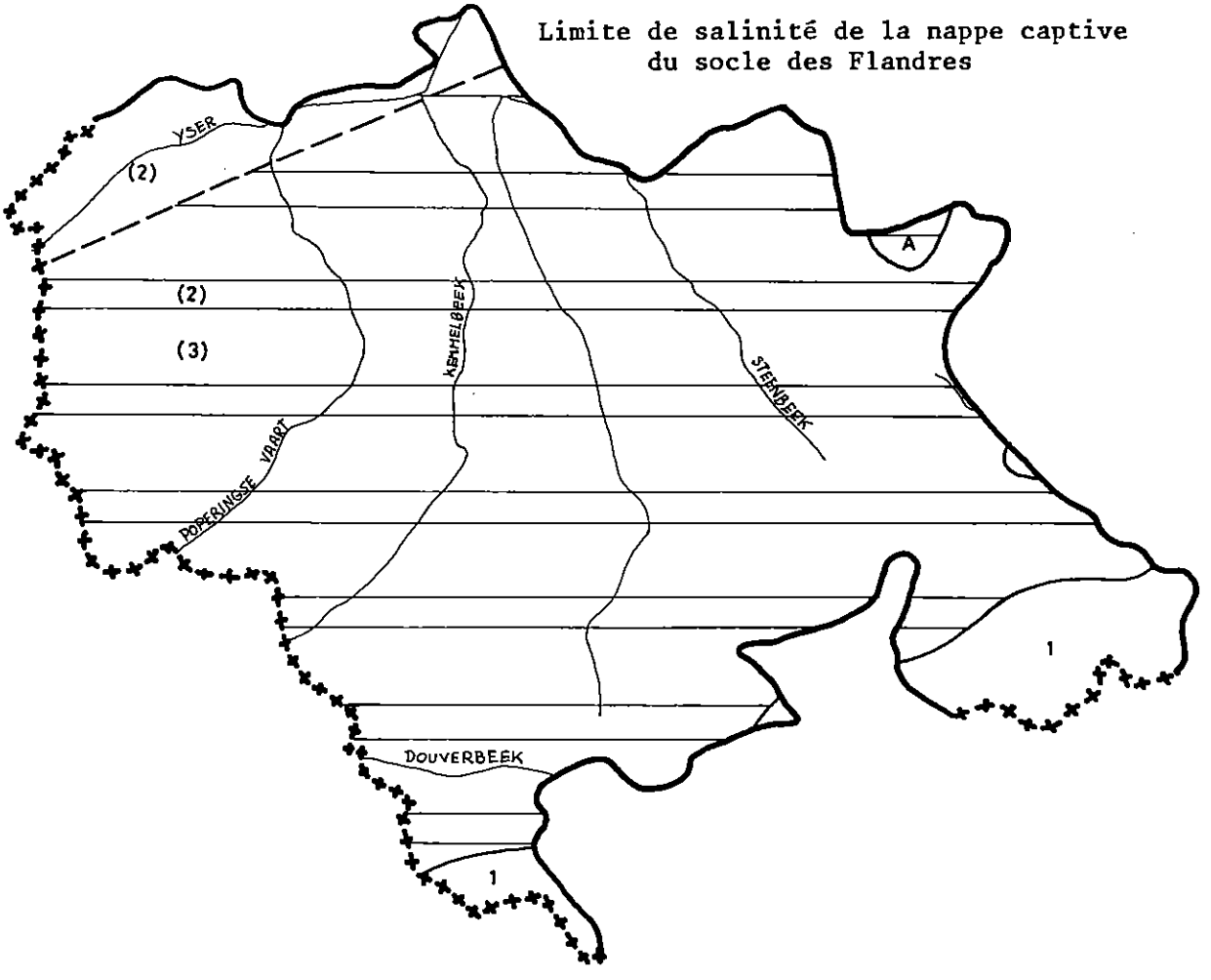
SECTEUR ECONOMIQUE 4
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 4 — DIKSMUDE-TORHOUT (Flandre Occidentale)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Sables paniseliens		74.000		74.000
Sables yprésiens		144.000		144.000
Socle		70.000		70.000
Totaux		288.000		288.000

1. Dépôts pléistocènes (thalweg du Bassin de l'Escaut)
2. Sables landéniens
3. Nappe du socle des Flandres (associée à la nappe captive du Crétacé des Flandres).

- A : système tricouche : sables yprésiens libres
  sables landéniens captifs
  socle captif

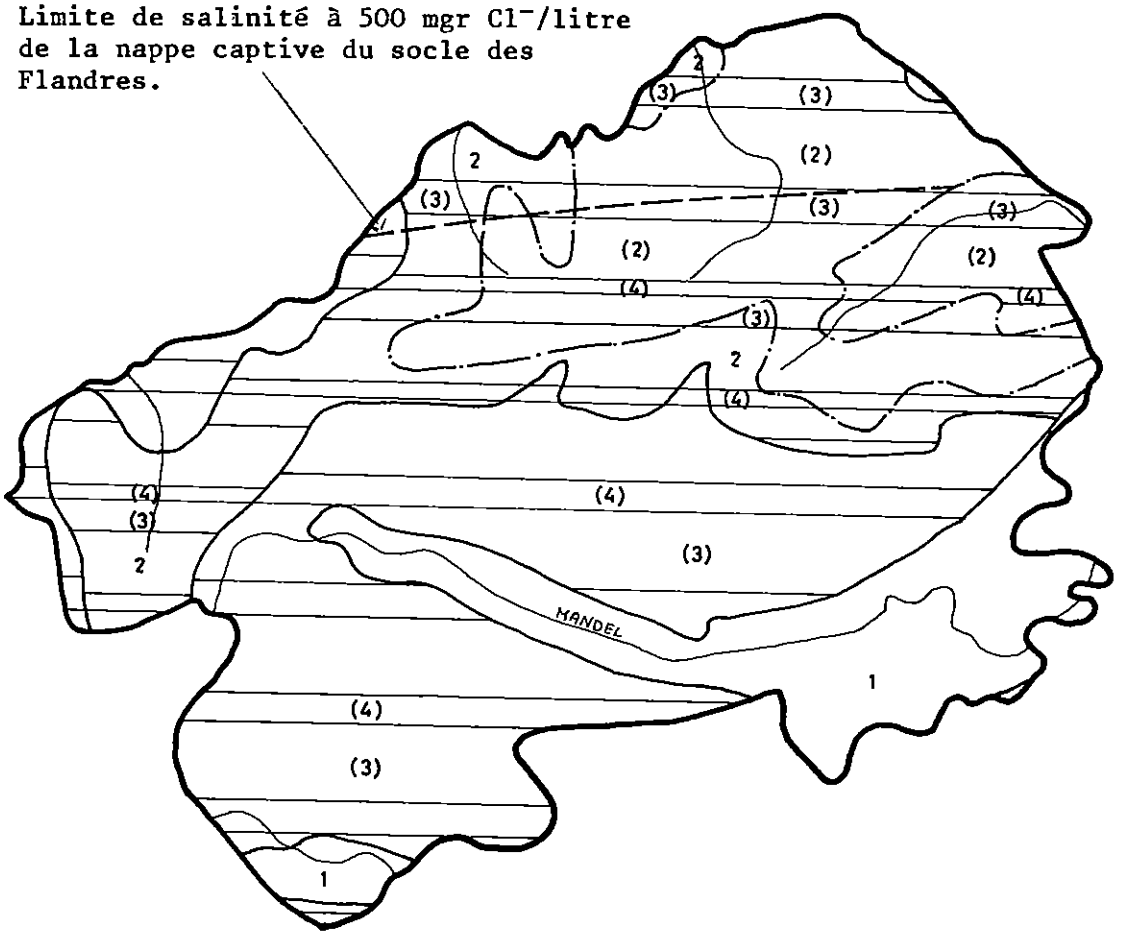


SECTEUR ECONOMIQUE 5
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 5 — IEPER-POPERINGE (Flandre occidentale)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Sables landéniens	± 0	± 0		± 0
Socle	± 0	± 0		± 0
Totaux	± 0	± 0		± 0

1. Dépôts pléistocènes (thalweg du Bassin de l'Escaut)
2. Sables yprésiens
3. Sables landéniens
4. Nappe du socle des Flandres (associée à la nappe captive du Crétacé des Flandres).



SECTEUR ECONOMIQUE 6
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 6 — ROESELARE-TIELT (Flandre occidentale)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Pleistocène		259.000		259.000
Sables yprésiens		150.000		150.000
Socle		937.000		937.000
Toteaux		1.346.000		1.346.000

SECTEUR ECONOMIQUE 7

COURTRAI

- Superficie : 39.464 hectares

- Population : 247.087 habitants (fin 1974)

- Villes et communes importantes : Courtrai, Waregem

- La nappe captive du socle assure dans ce secteur la principale source de production d'eau souterraine : l'exploitation intensive de la nappe se marque par le prolongement jusqu'à la région de Waregem de l'ellipse de rabattement de direction NW-SE définie au paragraphe précédent.

- Certains puits atteignent une profondeur de l'ordre de 300 m ; l'eau captée est toujours salée (de l'ordre de 120 mgr Cl^-/litre) et destinée aux besoins industriels. En général, les captages s'effectuent simultanément dans les bancs sommitaux fissurés du socle et dans les niveaux diaclasés de la nappe captive du Crétacé des Flandres).

- La nappe des sables landéniens fournit un débit limité, de l'ordre de 90.000 m^3/an, débit capté qui se reflète immédiatement sur la carte isopiézométrique par un cône important de rabattement centré sur Anzegem (Waregem).

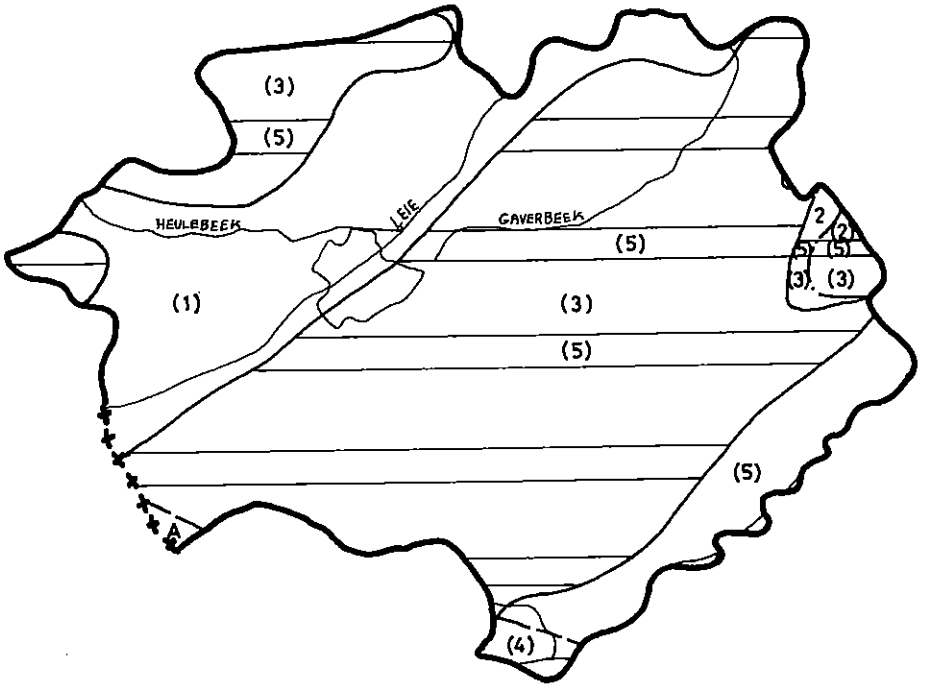
- Aussi bien dans le socle que dans le Landénien, la surexploitation locale des nappes captives peu réalimentées a induit un fléchissement majeur des niveaux d'eau dans les puits.

- Les dépôts pléistocènes du thalweg du Bassin de l'Escaut (T de 2 à 3.10^{-3} m^2/sec, S = $\pm$ 3.15^{-4}) constitue une ressource mal connue.

- Enfin, à l'extrémité méridionale du secteur, la bande de calcaire carbonifère du Bord Nord du Synclinorium de Namur permet un prélèvement important (Spierre) destiné à l'alimentation en eau de distribution.

1. Dépôts pléistocènes (thalweg du Bassin de l'Escaut)
2. Sables yprésiens
3. Sables landéniens
4. Calcaire carbonifère
5. Nappe du socle des Flandres (associée à la nappe captive du Crétacé des Flandres)

A. Système bicouche - sables landéniens captifs
- nappe du Calcaire Carbonifère captive



SECTEUR ECONOMIQUE 7
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 7

KORTRIJK (Flandre occidentale)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Pleistocène		97.000		97.000
Pleistocène de la Vallée de l'Escaut	845.785			845.785
Sables landéniens		46.215		46.215
Calcaire carbonifère du Bassin de Namur	3.601.000			3.601.000
Socle		2.365.000		2.365.000
Totaux	4.446.785	2.508.215		6.955.000

SECTEURS ECONOMIQUES 8, 9 et 10

8. GENTSE KANAALZONE

- Superficie : 74.674 hectares
- Population : 455.097 habitants (fin 1974)

9. EEKLO - AALTER

- Superficie : 41.268 hectares
- Population : 89.936 habitants (fin 1974)

10. DENDERMONDE

- Superficie : 24.074 hectares
- Population : 135.108 habitants (fin 1974)

- Ces trois secteurs présentent le même schéma hydrogéologique :
  - au Nord, dépôts pléistocènes de la Vallée Flamande ;
  - au Sud, massifs isolés de sables éocènes (lédo-paniseliens et yprésiens) avec soubassements imperméables, situés au-dessus des thalwegs et parfois jalonnés sur leur pourtour de sites sourciers plus ou moins bien marqués.

- Si les sables éocènes, sur les massifs méridionaux, puis en régime captif (semi-captif) sous la Vallée Flamande (avant apparition des seuils de salinité) présentent des possibilités réduites et livrent certainement tout leur potentiel, par contre, des réserves disponibles existent encore dans les dépôts sableux de la Vallée Flamande.

- La nappe phréatique de la Vallée Flamande est généralement située à faible profondeur et captée par batteries de puits filtrants (généralement une quarantaine) ; l'épaisseur utile de la couche de sables productive est de l'ordre de 8 mètres.

- Les prélèvements actuels atteignent près de 10.000.000 m3/an ; la zone d'affleurement globale, pouvant récolter les eaux pluviales, est très importante et, au début des exploitations, les sociétés espéraient des rendements de l'ordre de 1 m3 par hectare et par jour : cette estimation paraît surestimée car il faut tenir compte
  - de la faible épaisseur productive en dehors de la zone axiale de la vallée ;
  - de la nécessité d'une large répartition géographique des puits filtrants (influence réciproque des puits et sauvegarde du rendement agricole des zones environnantes).

- Aucune étude n'a été effectuée pour déterminer le bilan global et les disponibilités, mais il semble toutefois raisonnable, au vu de l'expérience acquise lors des prélèvements actuels, de pouvoir compter sur un débit supplémentaire disponible de 10.000.000 m3/an.

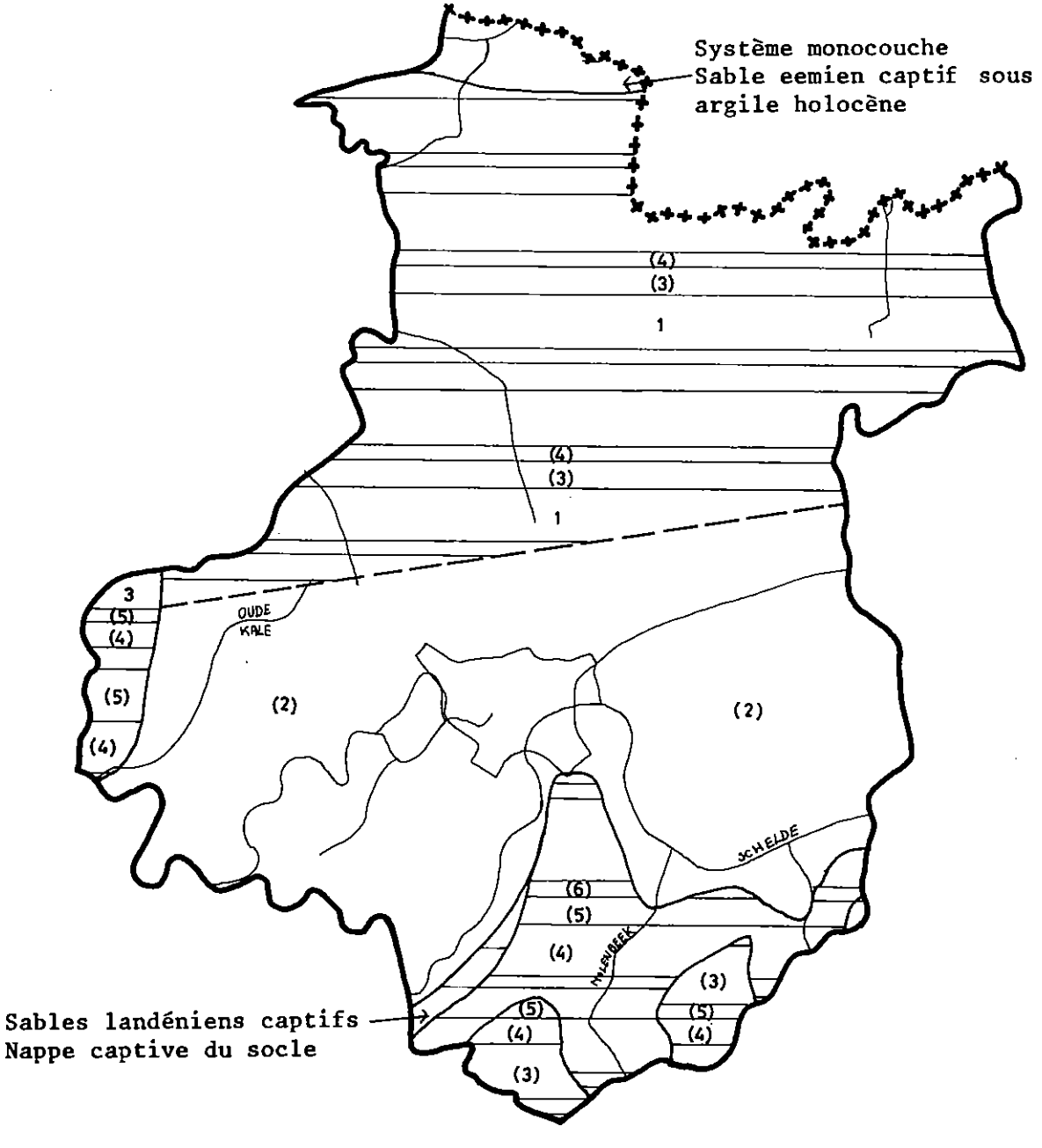
- Cette disponibilité se partage, en fonction des zones d'affleurement et des caractéristiques géologiques, de la manière suivante entre les 3 secteurs intéressés :
  - secteur 8 : 6.300.000 m3/an
  - secteur 9 : 1.700.000 m3/an
  - secteur 10 : 2.000.000 m3/an

- Des effets de pollution sont à souligner, notamment dans la région de Zelzate en raison de l'activité industrielle.

- A noter, pour mémoire, l'existence de captages au socle produisant une eau très chargée en chlorures pour l'industrie (nettement au-delà du seuil de salinité à 500 mgr Cl^-/litre).

- Les zones de plus grande production sont situées dans la région Eeklo-Berlare (secteur 9), là où les dépôts pléistocènes sont les plus épais et bien graveleux à leur base ($k = 1,55.10^{-4}$ m/sec) dans la zone axiale de la Vallée Flamande.

1. Dépôts pléistocènes de la Vallée Flamande
2. Dépôts pléistocènes (thalweg Bassin Escaut)
3. Sables lédo-paniseliens
4. Sables yprésiens
5. Sables landéniens
6. Nappe captive du socle des Flandres



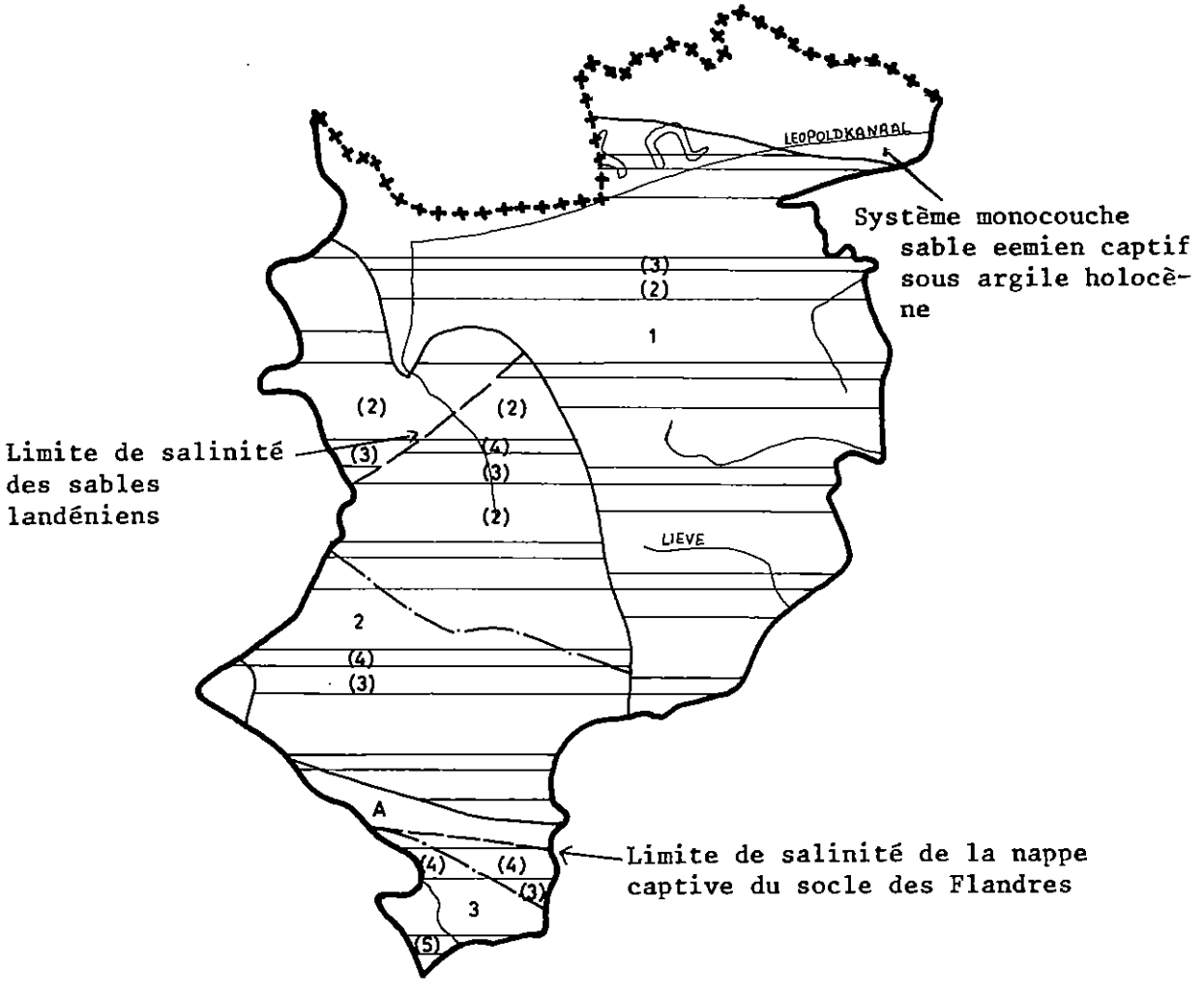
SECTEUR ECONOMIQUE 8
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 8 — GENTSE KANAALZONE (Flandre orientale)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Pleistocène	1.212.000	3.924.000		5.136.000
Sables lédo-paniseliens	1.000.000	2.873.700		3.873.700
Sables yprésiens		1.679.000		1.679.000
Socle		107.000		107.000
Totaux	2.212.000	8.583.700		10.795.700

1. Sables de la Vallée Flamande
2. Sables lédo-paniseliens
3. Sables yprésiens
4. Sables landéniens
5. Nappe du socle des Flandres (associée à la nappe captive du Crétacé des Flandres)

A. Bicouche - sables yprésiens captifs
- sables landéniens captifs

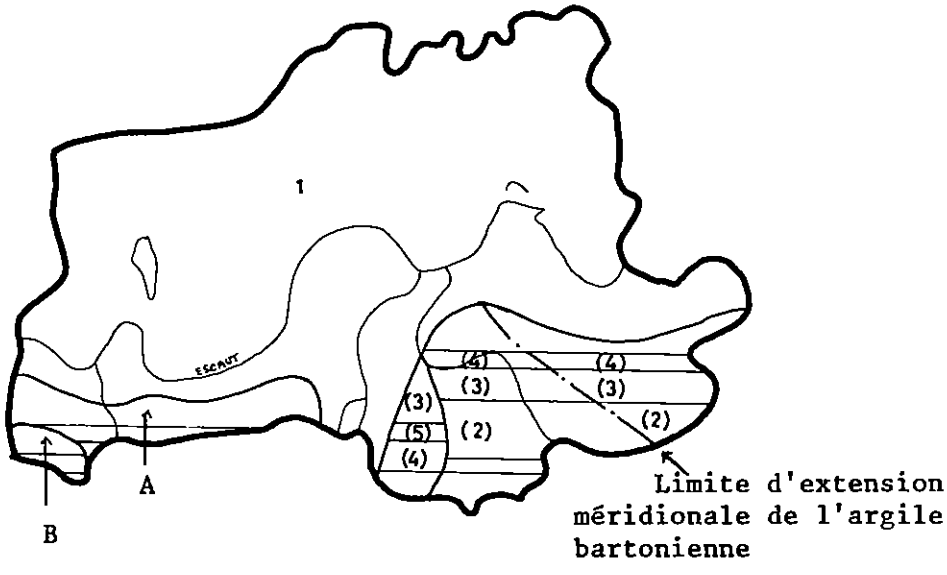


SECTEUR ECONOMIQUE 9
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 9 — EEKLO-AALTER (Flandre orientale)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Pleistocène	727.000	440.000		1.167.000
Sables lédo-paniseliens		1.387.000		1.387.000
Sables yprésiens		331.000		331.000
Totaux	727.000	2.158.000		2.885.000

1. Dépôts pléistocènes (thalweg du Bassin de l'Escaut)
2. Sables lédo-paniseliens
3. Sables yprésiens
4. Sables landéniens
5. Nappe du socle des Flandres (associée à la nappe captive du Crétacé des Flandres)



A : système tricouche - sables yprésiens captifs
- sables landéniens captifs
- nappe captive (Crétacé + socle) des Flandres

B : système tricouche - sables lédo-paniseliens libres
- sables yprésiens captifs
- sables landéniens captifs
(- nappe captive socle + craie non représentée)

SECTEUR ECONOMIQUE 10
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 10 — DENDERMONDE (Flandre orientale)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Totaux
Pleistocène	2.705.495	475.000		3.180.495
Sables ledo-paniseliens		620.000		620.000
Sables yprésiens		93.000		93.000
Socle		25.000		25.000
Totaux	2.705.495	1.213.000		3.918.495

SECTEURS ECONOMIQUES 11 et 12

11. OUDENAARDE

- Superficie : 52.931 hectares
- Population : 156.286 habitants (fin 1974)

12. AALST - NINOVE - GERAARDSBERGEN - ZOTTEGEM

- Superficie : 51.291 hectares
- Population : 275.665 habitants (fin 1974)

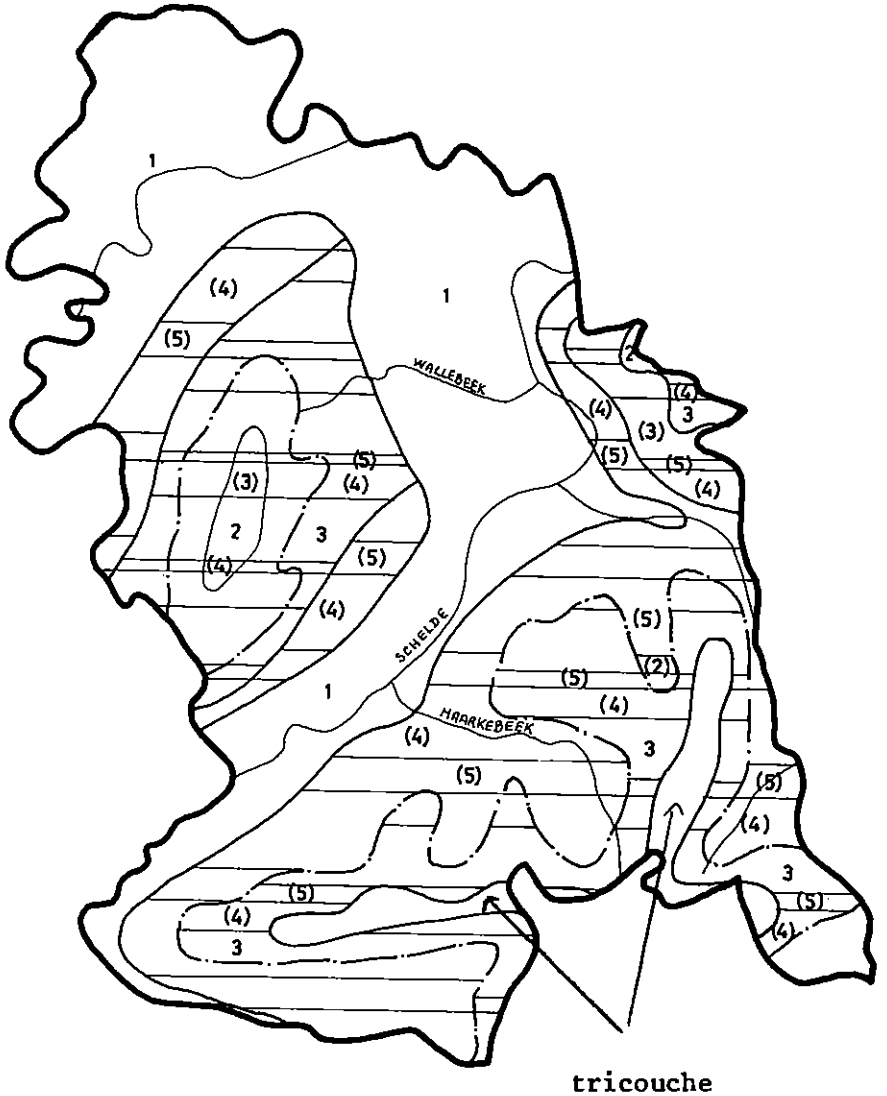
- Le bilan des massifs sableux éocènes est semblable à celui du paragraphe précédent : toute l'eau disponible est pratiquement captée par les captages actuels.

- Les ressources aquifères sont principalement assurées par les alluvions pléistocènes de l'Escaut et surtout par la nappe captive du socle des Flandres.

- L'exploitation de ce socle a d'ailleurs provoqué un fléchissement considérable de la nappe, notamment dans la région de Renaix (Ronse) où la survie de l'industrie textile a nécessité l'apport d'eau en provenance de la nappe du Calcaire Carbonifère (région de Dergneau).

- L'extension des craies fissurées est strictement limitée aux bordures tout à fait septentrionales des secteurs 11 et 12.

1. Dépôts pléistocènes (thalweg du Bassin de l'Escaut)
2. Sables lédo-paniseliens
3. Sables yprésiens
4. Sables landéniens
5. Nappe du socle des Flandres (associée à la nappe captive du Crétacé des Flandres)



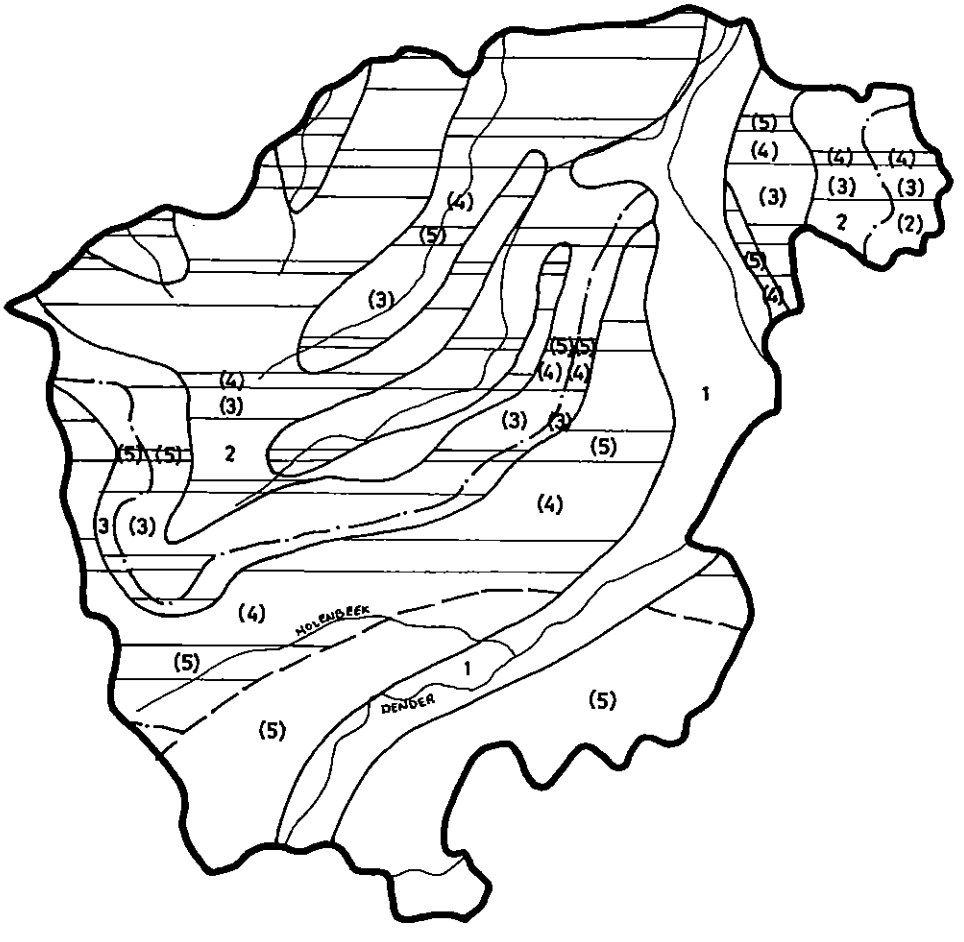
tricouche
- sables lédo-paniseliens libre
- sables yprésiens
- sables landéniens

SECTEUR ECONOMIQUE 11
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 11 — OUDENAARDE (Flandre orientale)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Pleistocène		813.500		813.500
Sables lédo-paniseliens	183.000	144.000		327.000
Sables yprésiens		156.000		156.000
Sables landéniens		19.000		19.000
Socle	1.145.500	1.337.000		2.482.500
Totaux	1.328.500	2.469.500		3.798.000

1. Dépôts pléistocènes (thalweg du Bassin de l'Escaut)
2. Sables lédo-paniseliens
3. Sables yprésiens
4. Sables landéniens
5. Nappe captive du socle des Flandres



SECTEUR ECONOMIQUE 12
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 12 AALST-NINOVE-GERAARDSBERGEN-ZOTTEGEM (Flandre orientale)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Pleistocène		617.500		617.500
Sables yprésiens		434.000		434.000
Socle		858.000		858.000
Totaux		1.909.500		1.909.500

SECTEUR ECONOMIQUE 13

SINT-NIKLAAS

- Superficie : 50.727 hectares
- Population : 211.412 habitants (fin 1974)

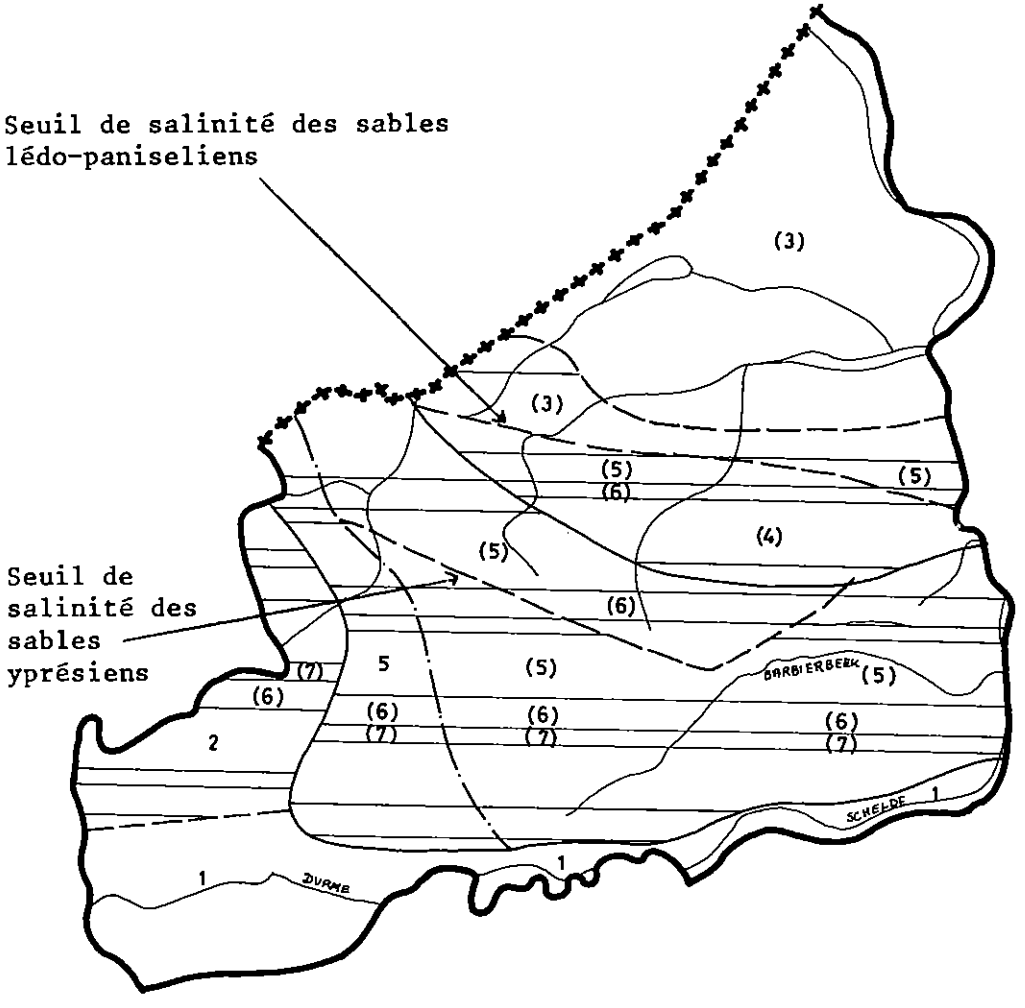
- Les dépôts pléistocènes de la Vallée Flamande viennent se terminer sur la bordure occidentale du Pays de Waas et n'apportent plus au secteur de Sint-Niklaas qu'une faible production d'eau.

- Les sables du Rupélien inférieur, phréatiques, peu épais, assurent la livraison d'eau industrielle (captages par batteries d'une quarantaine de puits filtrants).

- Les sables landéniens et yprésiens atteignent au Sud du secteur leur limite de salinité à 500 mgr Cl^-/litre et seuls les sables lédo-paniseliens peuvent produire de l'eau dans la partie méridionale.

- Il n'existe pas de disponibilité supplémentaire.

1. Dépôts pléistocènes (thalweg du Bassin de l'Escaut)
2. Dépôts pléistocènes de la Vallée Flamande
3. Formation de Lillo (captive sous la tourbe et l'argile des Polders)
4. Sables de Diest et de Berchem
5. Sables du Rupélien inférieur
6. Sables lédo-paniseliens
7. Sables yprésiens



SECTEUR ECONOMIQUE 13
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 13 SINT-NIKLAAS (Flandre Orientale)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Pléistocène		113.400		113.400
Sables lédo-paniseliens		648.000		648.000
Sables du Rupélien inférieur		555.500		555.500
Totaux		1.316.900		1.316.900

SECTEURS ECONOMIQUES 14, 15, 16 et 17

14. ANTWERPEN

- Superficie : 50.368 hectares
- Population : 841.406 habitants (fin 1974)

15. MECHELEN

- Superficie : 50.028 hectares
- Population : 290.628 habitants (fin 1974)

16. TURNHOUT

- Superficie : 99.959 hectares
- Population : 210.270 habitants (fin 1974)

17. HERENTHALS - MOL

- Superficie : 78.618 hectares
- Population : 212.882 habitants (fin 1974)

- Ces quatre secteurs forment la Province d'Anvers et leur sous-sol est constitué par l'ensemble des sables néogènes reposant sur l'Argile de Boom.

- La lithologie des couches et la structure hydrogéologique ont déjà été abondamment détaillées dans le chapitre précédent ; nous nous contenterons ici de préciser :
    - les disponibilités,
    - les caractéristiques hydrodynamiques,
    - la qualité naturelle des eaux captées.

- Disponibilités (d'après J. FEYEN et al., 1978)

- Précipitations moyennes : 797 mm (P).

- Evapotranspiration moyenne : 400 mm (E), déterminée à partir des formules de Penman, Turc , Thornthwaite et Rijtema) ; le calcul de l'évapotranspiration tient compte des différentes utilisations du sol (cultures, bois, champs, agglomérations, ...).

- P - E = 397 mm.

- En raison des surfaces bâties en agglomération (empêchant la percolation naturelle vers les nappes souterraines)l'infiltration utile doit être réduite de 397 à 240 mm.
  D'après le modèle de Rijtema, seule une lame d'eau de 56,4 mm peut être sollicitée (en fonction des contraintes extérieures).

- Après avoir extrait à la lame d'eau utile les quantités d'eau perdues par la nappe :

  - débits captés (industrie - distribution) c.à.d. 23,5 mm,
  - débits pompés (familiaux - agriculture) c.à.d. 8 mm,
  - les pertes par écoulement souterrain, c.à.d. 3 mm,

  il reste une lame d'eau utile et disponible de :

  56,4 - 23,5 - 8 - 3 : 20 mm.

- Le reliquat infiltration - débit souterrain pouvant être prélevé, c'est-à-dire 240 mm - 56,4 mm = 183,6 mm , peut éventuellement être utilisé comme eau de surface (en tenant bien sûr compte des contraintes extérieures).

- En appliquant ces résultats aux 4 secteurs concernés, on obtient les disponibilités suivantes : - secteur 14 : 3.350.000 m3/an ;
  - secteur 15 : 5.202.000 m3/an ;
  - secteur 15 :20.000.000 m3/an ;
  - secteur 17 : 1.570.000 m3/an.

- Caractéristiques hydrodynamiques

- Les caractéristiques hydrodynamiques ont été calculées à partir de pompages d'essai complets,mobilisant de nombreux piézomètres placés dans les différents niveaux aquifères superposés.

- site de RAVELS : couche moyenne $T = 6,5.10^{-3} m^2/sec$; $S = 3,7.10^{-2}$
  couche intermédiaire : c = 330 jours
  couche profonde : $T = 1,12.10^{-2}\ m^2/sec$.
- site de RETIE : couche profonde : $T = 8,5.10^{-3} m^2/sec$; $S = 3.10^{-4}$
- site de OOSTMALLE : couche profonde : $T = 6,7.10^{-3} m^2/sec$; $S = 1,8.10^{-3}$
- site de OLEN : couche des Sables de Diest : $T = 14.10^{-2}$ m/sec
- site de OLMEN : couche des Sables de Diest : $T = 3,6.10^{-2} m^2/sec$
- site de MEERLE : couche des Sables de Diest : $T = 1,5.10^{-2} m^2/sec$
- site de BRECHT-LOENHOUT : couche des Sables de Diest : $T = 1,4.10^{-2}$ m^2/sec
- site de BRASSCHAAT : couche des Sables de Diest : $T = 3,2.10^{-3} m^2/sec$.

- Nature des eaux

- Sables de Diest : eaux très ferrugineuses et souvent agressives; la dureté augmente dans les zones profondes de l'aquifère ; dans le centre de la Campine, l'épaisseur des sables bien productifs peut atteindre 75 m et des puits complets crépinés atteignent des débits de 100 m^3/h.

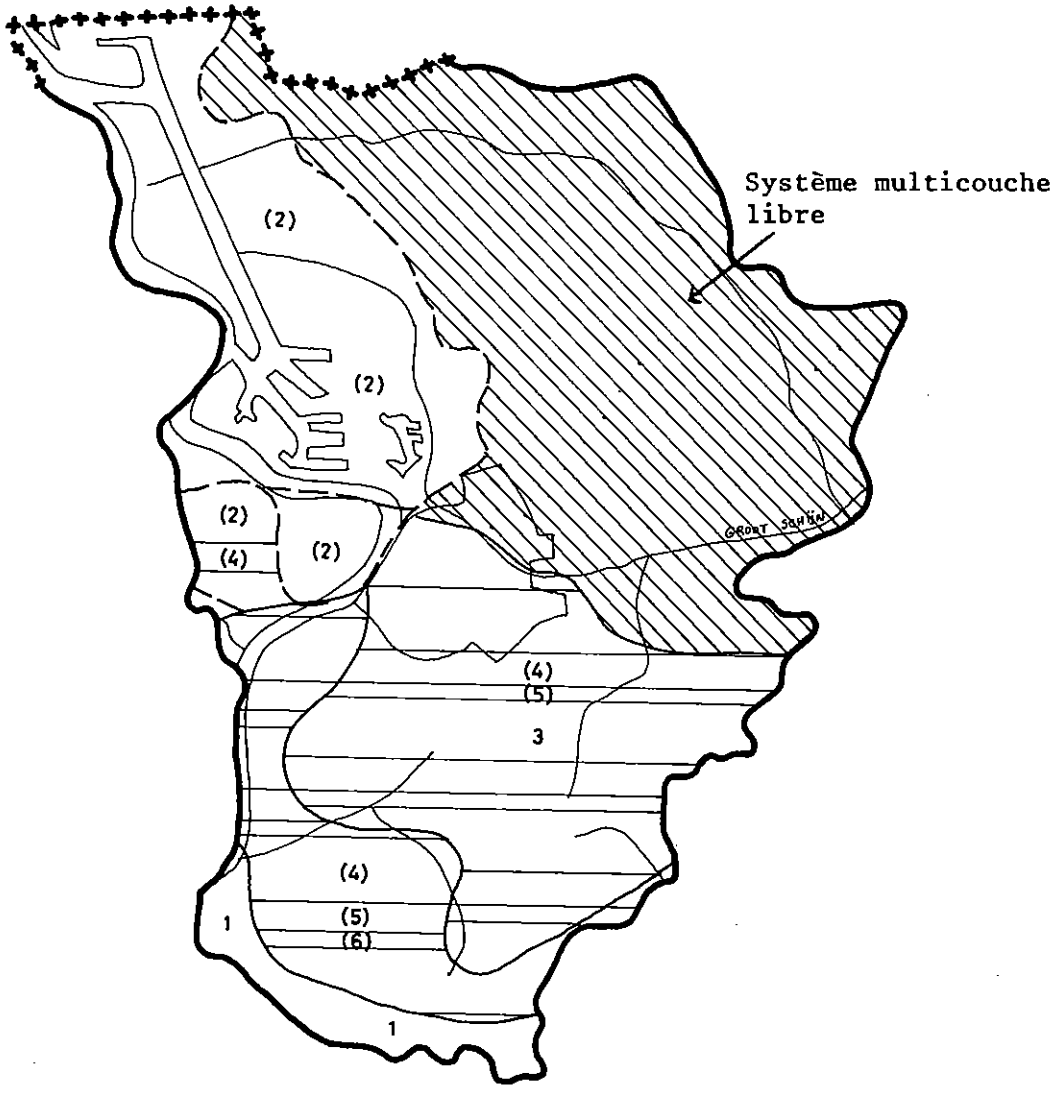
- Sables de Bolderberg : dont seuls les 40 premiers mètres sont productifs ; eau très agressive et souvent de faible qualité car polluée par des bancs de lignite.

- Sables de Mol et de Brasschaat : eaux parfois polluées, toujours très agressives.

- Remarque

Les nappes captives des sables landéniens et yprésiens atteignent rapidement le seuil de salinité dans la partie méridionale des secteurs 14 et 15 ; par contre, les sables lédiens assurent encore, sur les secteurs 14, 15 et 17 une production d'eau généralement à haute teneur en Cl^- (par exemple : Hoboken : 290 mgr Cl^-/litre, pour atteindre à Duffel des valeurs de 900 mgr Cl^-/litre) destinées uniquement à des besoins industriels.

1. Dépôts pléistocènes (thalweg Bassin Escaut)
2. Formation de Lillo (captive sous la tourbe et l'argile des Polders)
3. Sables de Diest et de Berchem
4. Sables du Rupélien inférieur
5. Sables du Lédo-Paniselien
6. Sables yprésiens (pratiquement au seuil de salinité)



SECTEUR ECONOMIQUE 14
ECHELLE 1/250.000

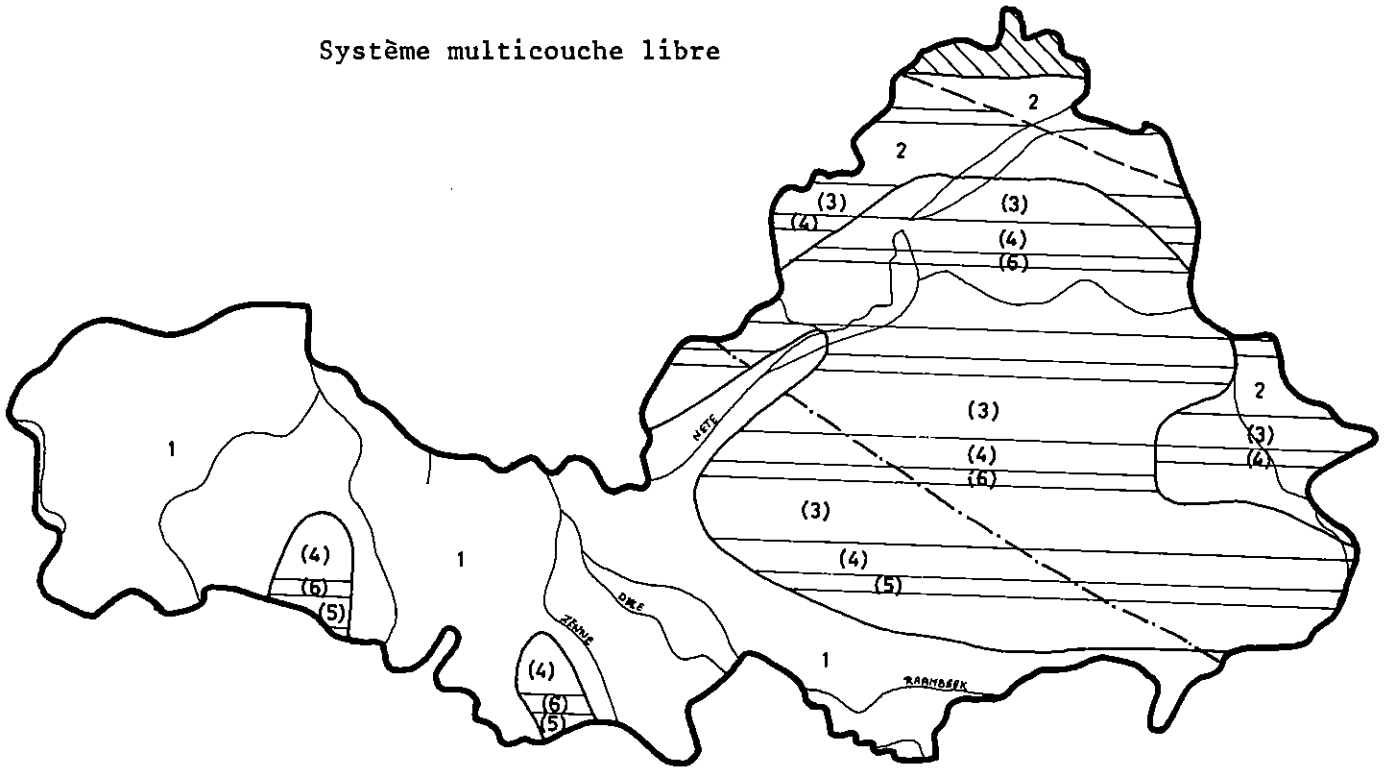
SECTEUR ECONOMIQUE 14 ANTWERPEN (Province d'Anvers)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Sables lédiens et yprésiens		709.996		709.996
Sables de Diest	7.415.502	5.360.666		12.786.168
Sables du Rupélien inférieur		143.626		143.626
Total	7.425.502	6.214.288		13.639.790

SECTEUR ECONOMIQUE 15

ECHELLE 1/250.000

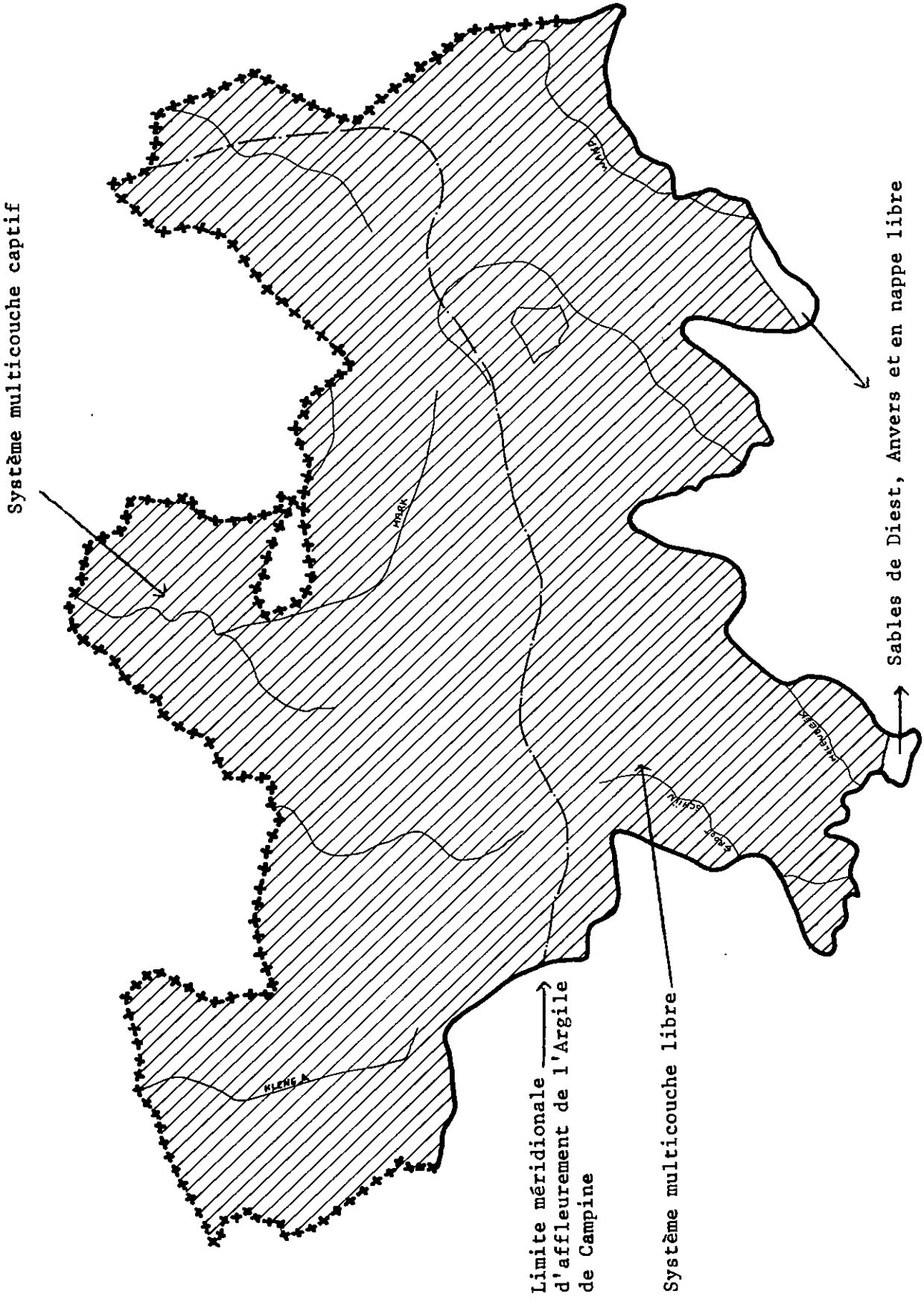
Système multicouche libre



1. Dépôts pléistocènes (thalweg Bassin de l'Escaut)
2. Sables de Diest, Anvers
3. Sables du Rupélien inférieur
4. Sables lédo-paniseliens
5. Sables yprésiens
6. Sables landéniens

SECTEUR ECONOMIQUE 15 MECHELEN (Province d'Anvers)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Sables lédiens et yprésiens		963.988		963.988
Sables de Diest	2.282.243	42.000		2.324.243
Sables du Rupélien inférieur		138.058		138.058
Totaux	2.282.243	1.144.046		3.426.289



SECTEUR ECONOMIQUE 16
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 16 TURNHOUT (Province d'Anvers)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Sables de Merksplas		736.976		736.976
Sables de Campine		155.670		155.670
Sables de Lillo		60.000		60.000
Sables de Diest	17.503.582	6.549.813		24.053.395
Totaux	17.503.582	7.502.459		25.006.041

SECTEURS ECONOMIQUES 18 et 20

18. NEERPELT - BREE

- Superficie : 61.051 hectares
- Population : 109.832 habitants (fin 1974)

20. LIMBURGSE MAASKANT

- Superficie : 33.260 hectares
- Population : 94.211 habitants (fin 1974)

  Ville principale : Maaseik

- Ces secteurs 18 et 20 présentent les mêmes aquifères :
  - à l'Ouest, sables de Campine
  - à l'Est, Haute Terrasse de la Meuse et Plaine de Basse Meuse.

- Au sujet des sables néogènes, signalons que, dans le Sud-Est de la Campine, les Sables de Diest ont disparu et sont remplacés par les Sables de Bolderberg (secteur 20).

- En appliquant aux sables de la Campine du Limbourg le même bilan que celui des mêmes sables de la Province d'Anvers, on aboutit aux disponibilités suivantes :
  - secteur 18 : de l'ordre de 1.000.000 m3/an
  - secteur 20 : 8.000.000 m3/an

- Disponibilités de la nappe de Haute Terrasse et de la Plaine de Basse Meuse (d'après P. DE SMEDT, 1977).
  Le courant d'eau souterraine venant du plateau de Campine en direction de la Vallée de la Meuse s'exprime suivant l'expression
  Q = S.k.grad.
  où S = section transversale à l'écoulement (épaisseur minimale : 30 m et "largeur" de l'écoulement : 32 km) c'est-à-dire $S = 96,10^{-4}\ m^2$;

k = perméabilité minimale des sables de Campine, 10^{-4}m/sec.

grad.= gradient de la surface d'écoulement égal à 1%

Il en résulte Q = 83.000 m^3/jour ou 30.000.000 m^3/an.

Les prélèvements dans l'aquifère totalisent 15.000.000 m^3/an, ce qui conduit à une disponibilité de 15.000.000 m^3/an se répartissant de la manière suivante entre les différents secteurs concernés.

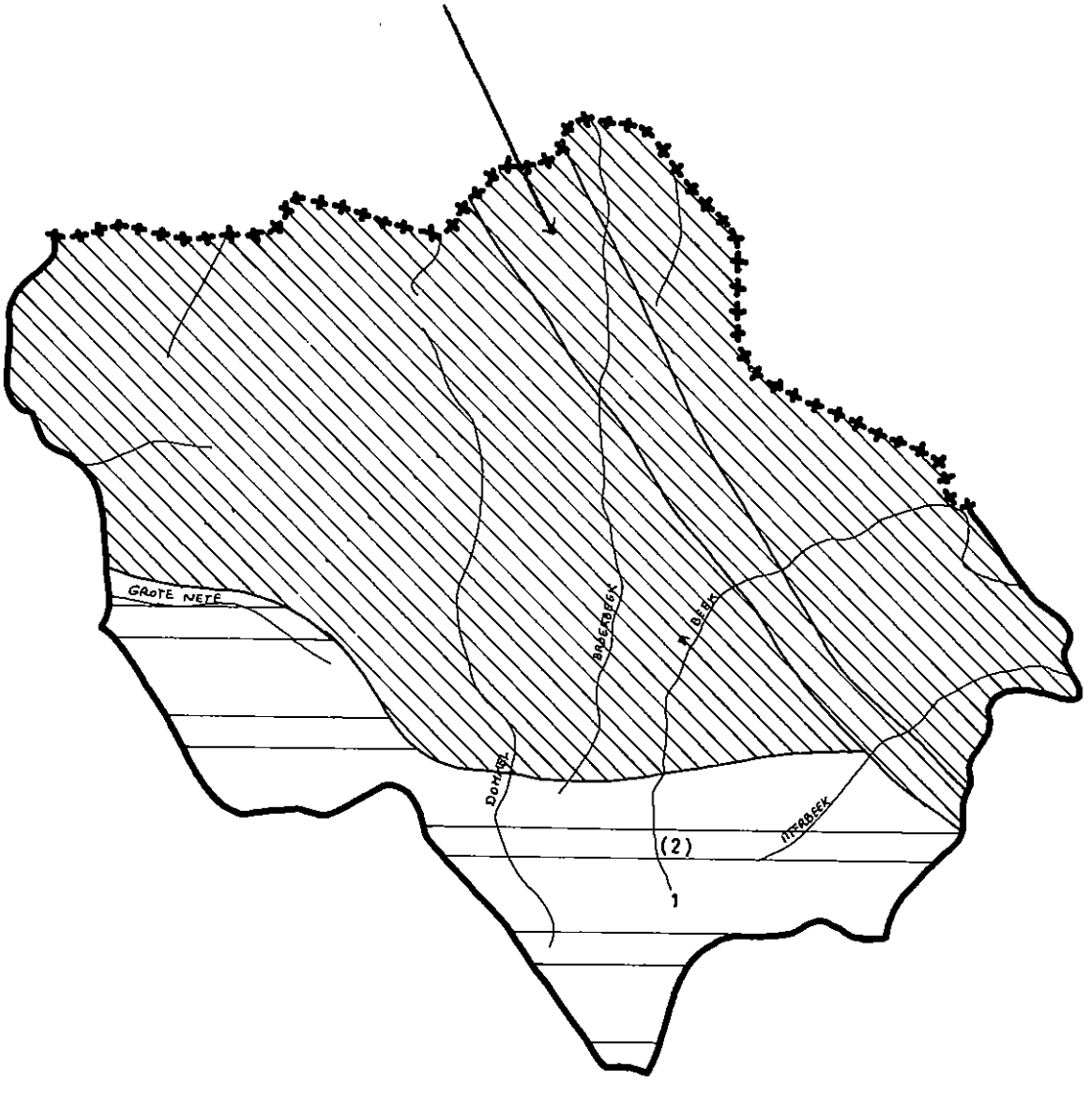
- Secteur 18 : 4.500.000 m^3/an
- Secteur 20 : 9.000.000 m^3/an
- (Secteur 19): 1.500.000 m^3/an

- Il est important de souligner que les eaux constituant ces disponibilités doivent être captées au pied du Plateau de la Campine, avant qu'elles n'atteignent les graviers de la plaine alluviale où elles risqueraient d'être polluées par les eaux de la Meuse.

- Caractéristiques hydrodynamiques :
  - Sables de Diest (Lommel) T = de $8,6.10^{-3}$ à $1,1.10^{-2}$/sec.
  - Haute Terrasse et Plaine de Basse Meuse : T = $10^{-2}m^2$/sec.
    S = 10^{-3}

1. Sables de Diest, Berchem et Bolderberg
2. Nappe captive du Maastrichtien

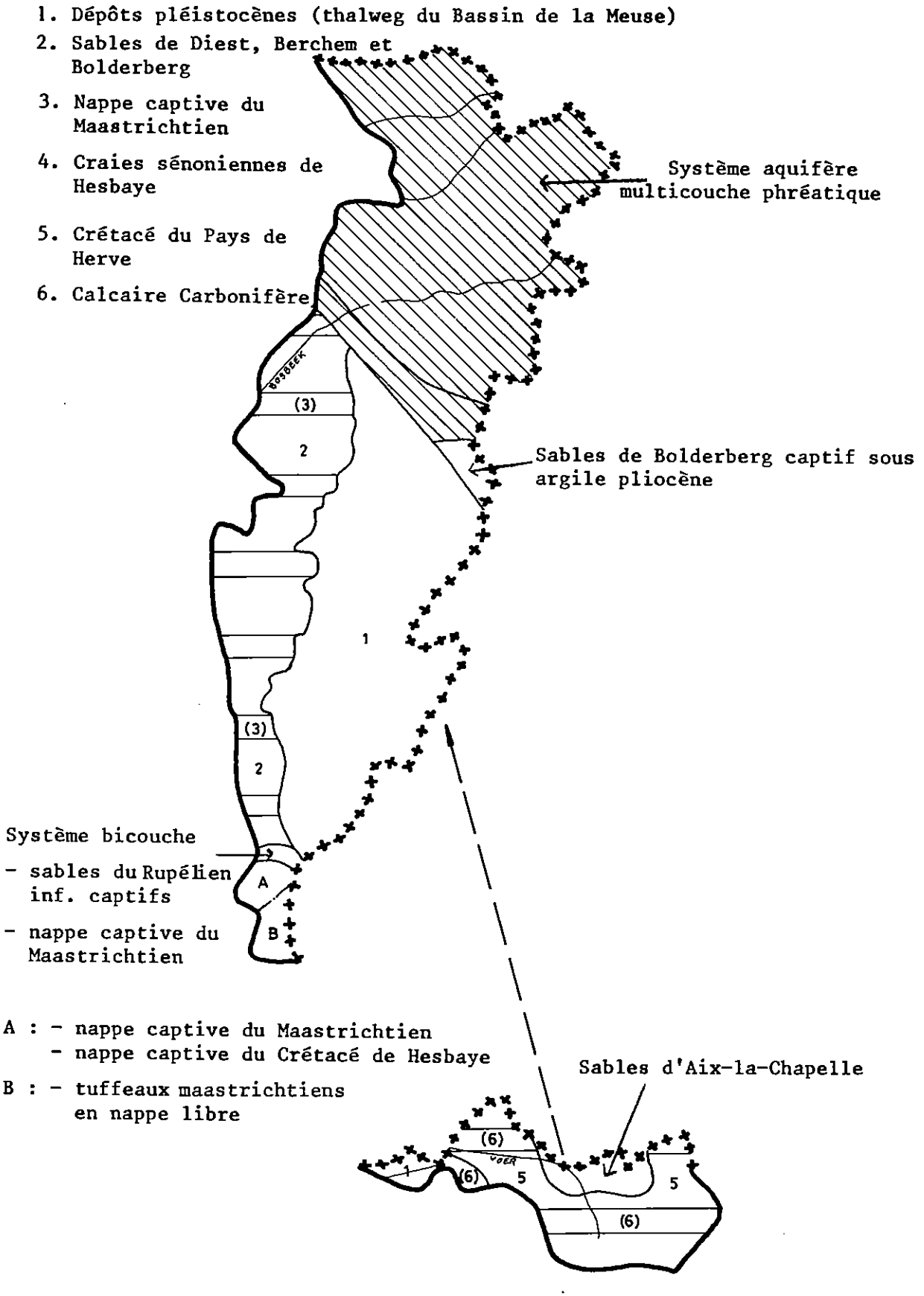
Système multicouche libre de la Campine



SECTEUR ECONOMIQUE 18
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 18 — NEERPELT-BREE (Province du Limbourg)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Haute Terrasse et Plaine de Basse Meuse	1.627.000	726.500		2.343.500
Sables de Mol		800.900		800.900
Sables de Mol-Kasterlee		27.000		27.000
Sables de Kasterlee		78.200		78.200
Sables de Diest	2.926.000	17.899.000		20.825.000
Totaux	4.553.000	19.521.600		24.074.600



SECTEUR ECONOMIQUE 20
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 20 — LIMBURGSE MAASKANT (Province du Limbourg)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Haute Terrasse et Plaine de Basse Meuse	8.590.000	3.145.100		11.735.100
Sables de Bolderberg		460.000		460.000
Maastrichtien		499.000		499.000
TOTAUX	8.590.000	4.104.100		12.694.100

SECTEUR ECONOMIQUE 19

HASSELT - GENK

- Superficie : 81.925 hectares
- Population : 314.737 habitants (fin 1974)

- Dans le Nord du secteur, les Sables de Bolderberg ont remplacé les Sables de Diest ; en leur appliquant le bilan suivant la méthode proposée par J. FEYEN (voir Province d'Anvers), on calcule un débit d'exploitation potentiel de 11.700.000 m^3/an ; après soustraction des prélèvements effectués (et des écoulements souterrains, 8.200.000 m^3/an), il subsiste une disponibilité de l'ordre de 3.500.000 m^3/an.

- A l'extrême Sud-Est, des sables de Bolderberg sont recouverts par les dépôts graveleux de la Haute Terrasse de la Meuse et nous avons calculé au paragraphe précédent une disponibilité de 1.500.000 m^3/an pour le secteur 19.

- Au Sud, les Sables du Rupélien inférieur affleurent suivant un fin lisé avant d'être recouvert par l'Argile de Boom : ces sables, de faible épaisseur, livrent 350.000 m^3/an correspondant à leur possibilité.

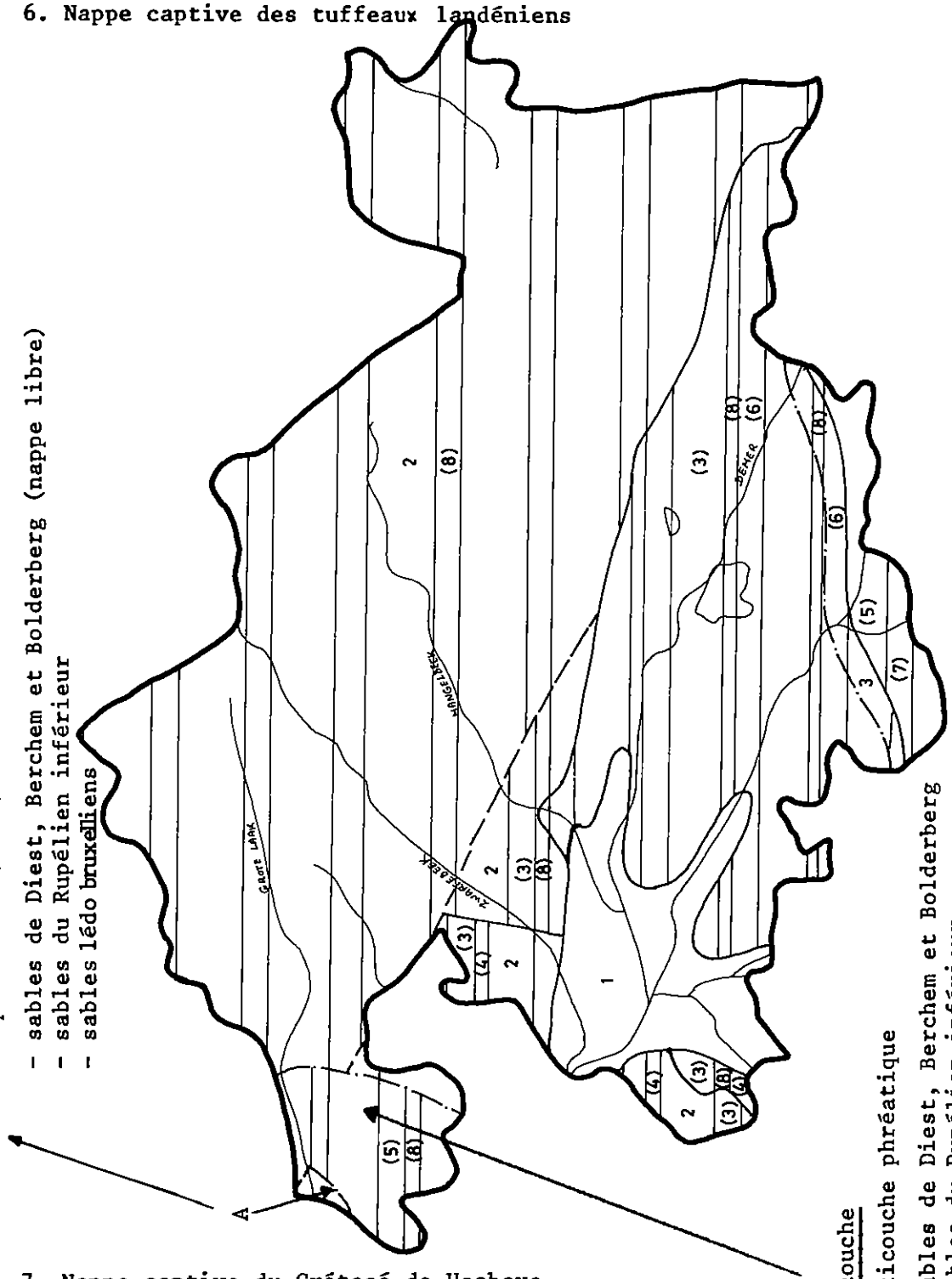
- Sur tout le territoire du secteur s'étend la nappe captive du Maastrichtien, peu minéralisée malgré la distance la séparant de sa zone d'alimentation ; cette nappe est très importante car elle assure l'alimentation en eau potable de beaucoup de communes ou villes du Limbourg et la fourniture d'eau aux industries.

- Il n'existe pas d'étude du bilan de la nappe captive du Maastrichtien, mais on a pu constater une baisse générale du niveau piézométrique, notamment dans la région de Hasselt ; l'exhaure des charbonnages atteint près de 8.000.000 m^3/an dont une bonne partie est certainement issue de la nappe maastrichtienne (par l'intermédiaire de cassures des terrains lors des effondrements miniers).

- La nappe des marnes heersiennes possède encore un faible degré de fissuration, mais les débits qu'elle peut livrer restent relativement faibles ; la situation est identique pour les tuffeaux du Landénien qui eux perdent très rapidement leur perméabilité en dehors de leur zone d'affleurement.

- En conclusion, on peut considérer que les aquifères landéniens - heersiens et maastrichtiens ne présentent plus de disponibilité importante dans le secteur 19.

1. Dépôts pléistocènes (thalweg du Bassin de l'Escaut)
2. Sables de Diest, Berchem et Bolderberg
3. Sables du Rupélien inférieur
4. Sables lédo-bruxelliens
5. Sables landéniens
6. Nappe captive des tuffeaux landéniens



7. Nappe captive du Crétacé de Hesbaye
8. Nappe captive du Maastrichtien

SECTEUR ECONOMIQUE 19
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 19 — HASSELT-GENK (Province du Limbourg)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Haute Terrasse et Plaine de Basse Meuse	1.014.000			1.014.000
Sables de Bolderberg	2.638.000	768.000		3.406.000
Sables de Diest	911.000	1.840.000		2.751.000
Sables du Rupélien inférieur		357.000		357.000
Sables landéniens		39.000		39.000
Marnes heersiennes		78.000		78.000
Maastrichtien	2.708.000	2.507.000		5.215.000
Origine géologique mal définie			7.739.678	7.739.678
Totaux	7.271.000	5.589.000	7.739.678	20.599.678

SECTEUR ECONOMIQUE 21

SINT TRUIDEN - TONGEREN

- Superficie : 65.590 hectares
- Population : 159.732 habitants (fin 1974)

- Ces ressources aquifères du secteur 21 sont presque totalement issues des terrains secondaires ; Landénien de la Gette, Marnes heersiennes et tuffeau de Maastricht s'y trouvent partiellement en zone d'alimentation.

- La principale ressource est constituée par la nappe du tuffeau maastrichtien qui livre près de 8.500.000 m^3/an (nappe libre au S-E,captive et exploitée vers le N-W).

- Aucun bilan n'a été effectué sur l'une de ces nappes : de toute façon, le schéma hydrogéologique de la région n'est pas encore parfaitement défini car les données manquent pour préciser les relations (superposition et échanges d'eau) entre les différents aquifères.

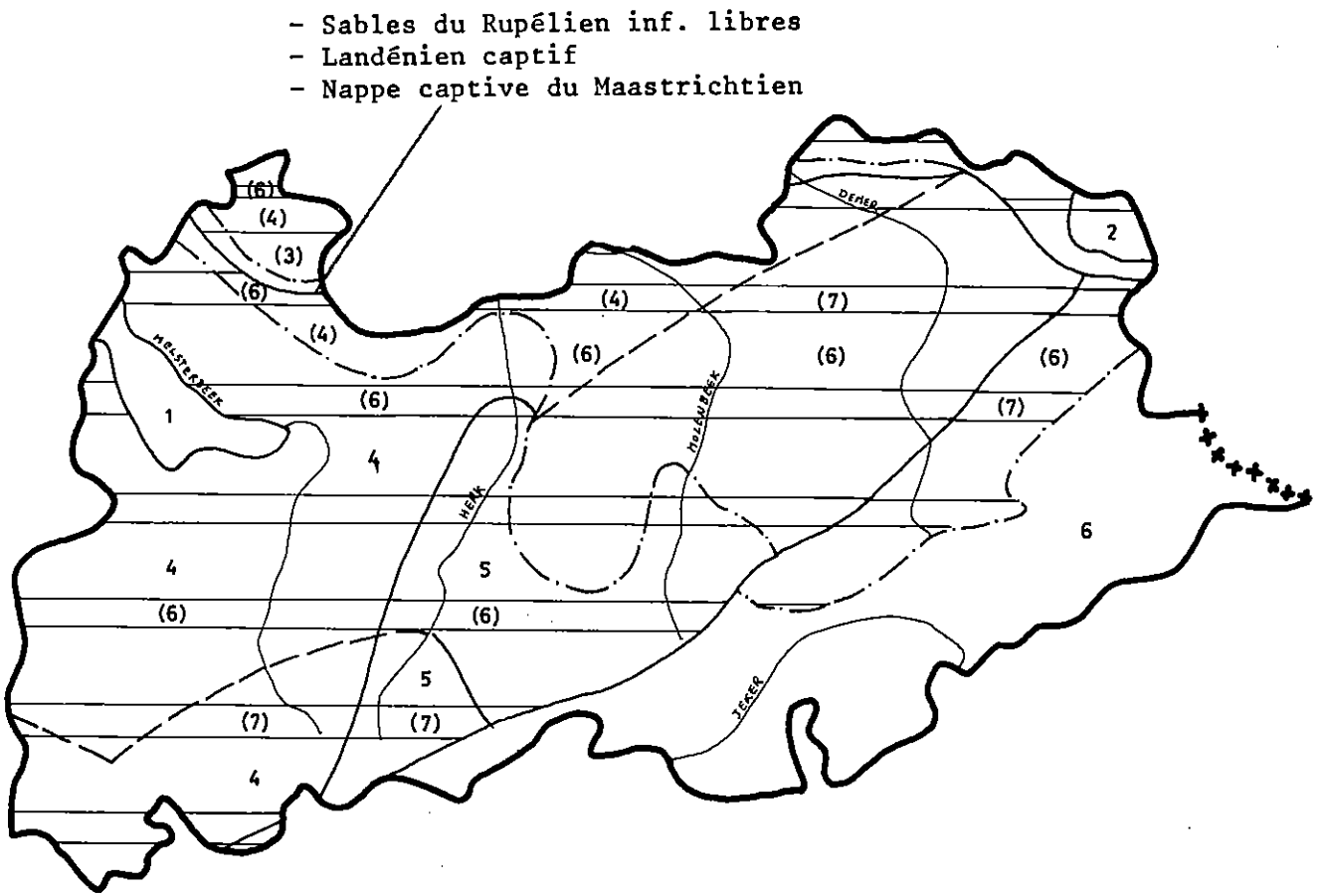
- Les marnes heersiennes affleurent hydrologiquement sur une étendue de 10.000 hectares ; lorsqu'elles sont fortement diaclasées, elles peuvent fournir des débits appréciables.

- Caractéristiques hydrodynamiques
  - Maastrichtien : $T = 4.10^{-3} m^2/sec$
  - Maastrichtien-Sénonien : T = de $5,5.10^{-4}$ à $2,5.15^{-3} m^2/sec$.

- La nappe des Sables du Rupélien affleure sur une toute petite zone dans la partie septentrionale du secteur, mais elle ne peut fournir que des débits limités ($k = 4.10^{-5} m/sec$).

SECTEUR ECONOMIQUE 21

ECHELLE 1/250.000



1. Dépôts pléistocènes (thalweg du Bassin de l'Escaut)
2. Sables de Diest, Berchem et de Bolderberg
3. Sables du Rupélien inférieur
4. Tuffeaux landéniens
5. Marnes heersiennes
6. Tuffeaux maastrichtiens
7. Craies sénoniennes de Hesbaye

SECTEUR ECONOMIQUE 21 — SINT-TRUIDEN - TONGEREN (Province du Limbourg)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Sables du Rupelien inférieur		49.000		49.000
Sables landeniens et tuffeaux	1.643.000	292.000		1.935.000
Marnes heersiennes	59.000	67.000		126.000
Crétacé de Hesbaye	354.000			354.000
Maastrichtien	7.724.000	823.000		8.547.000
Totaux	9.780.000	1.231.000		11.011.000

SECTEUR 22

AARSCHOT - DIEST

- Superficie : 35.146 hectares
- Population : 103.913 habitants (fin 1974)

- Les ressources aquifères du secteur 22 sont assurées, d'après le tableau des prélèvements, par les Sables de Diest qui reposent, dans la majeure partie de la zone, sur les Sables du Rupélien inférieur et sont en liaison également avec la nappe des sables lédo-bruxelliens à la suite de l'érosion de l'Argile de Boom.

- En réalité, la plupart des captages font appel aux possibilités aquifères de la vallée du Démer : les prélèvements s'effectuent par des batteries de puits creusés dans les dépôts alluvionnaires dont la couche de base graveleuse, très perméable, draine la nappe contenue dans les Sables de Diest.

- Localement, les eaux peuvent être captives sous des lentilles argileuses superficielles et mises en charge par le drainage le long du versant Sud-Ouest du Plateau de la Campine.

- Les débits exploitables sont limités en raison de la superficie nécessaire à l'implantation des batteries de puits et de l'obligation de s'éloigner des centres industriels pour éviter les riques de pollution.

- Au Sud du Démer, la qualité des eaux est généralement défectueuse.

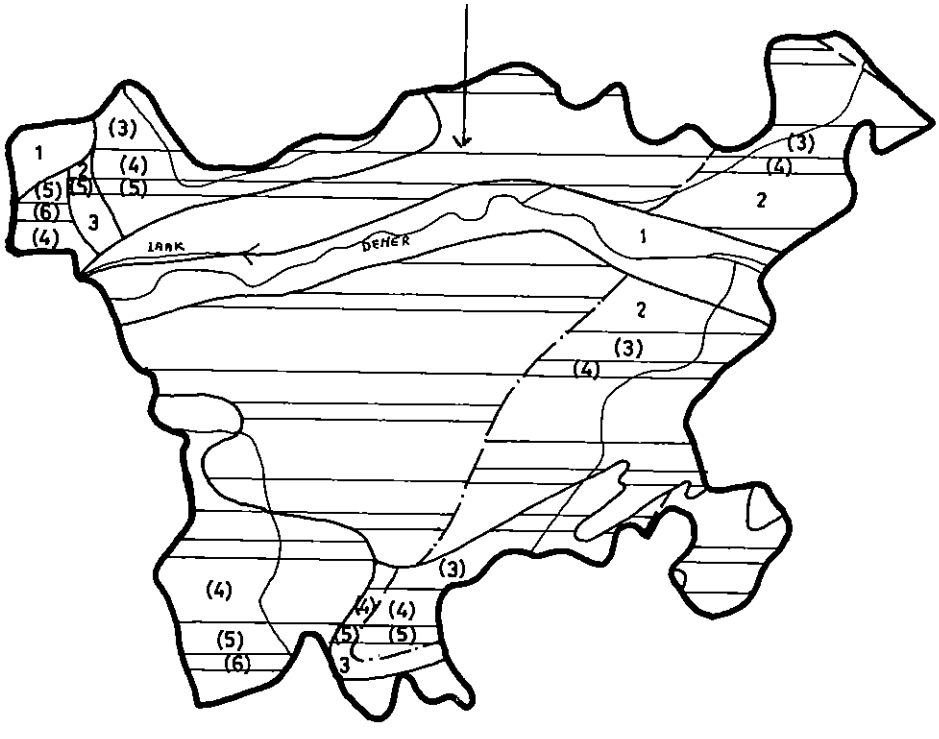
- A noter que la nappe captive du Maastrichtien est peu sollicitée et atteint son seuil de salinité à la limite Nord-Ouest du secteur.

- Il n'existe pas de disponibilité aquifère supplémentaire.

1. Dépôts pléistocènes (thalweg du Bassin de l'Escaut)
2. Sables de Diest, Berchem
3. Sables du Rupélien inférieur
4. Sables (lédo) bruxelliens
5. Dépôts landéniens
6. Nappe captive du Maastrichtien

Aquifère tricouche

- multicouche libre
  - sables de Diest & Berchem
  - sables du Rupélien inf.
  - sables lédo-bruxelliens
- nappe captive du Landénien
- nappe captive du Maastrichtien



SECTEUR ECONOMIQUE 22
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 22 — AARSCHOT-DIEST (Brabant Flamand)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Sables de Diest	3.124.948	31.870		3.156.818
Sables landéniens		39.000		39.000
Maastrichtien		50.000		50.000
Craie du Brabant + Socle		143.000		143.000
Totaux	3.124.948	263.870		3.388.818

SECTEUR ECONOMIQUE 23

LEUVEN

- Superficie : 46.398 hectares
- Population : 213.471 habitants (fin 1974)

- Une bonne partie des ressources aquifères du secteur économique de Louvain est assurée par la nappe des Sables Bruxelliens par captage dans la Vallée du Molenbeek (Heverlee) ou de la Voer (Bertem) : ces captages s'effectuent par batteries de puits filtrants ; dans certains cas, la nappe du Bruxellien est captive sous les argiles alluvionnaires.

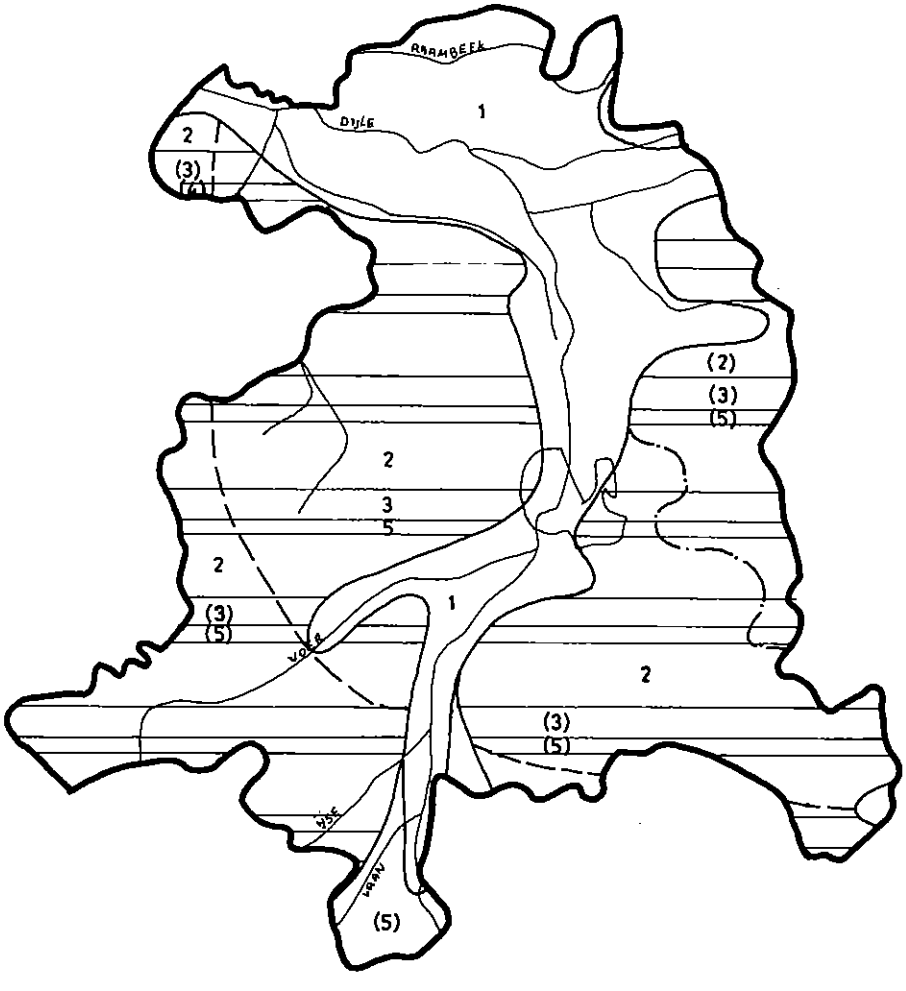
- En se basant sur les estimations du bilan de Bultot et al. (1976) - voir détail dans l'étude du secteur 28 - et en tenant compte des prélèvements effectués dans le bassin de la Dyle en aval de Wavre, il resterait des disponibilités de l'ordre de 5.000.000 m3/an.

- Tout au Sud du secteur, à Sint Agatha-Rode, la nappe du Crétacé du Brabant est exploitée (nous y reviendrons plus loin).

- Enfin, la Société Nationale de Distribution d'eau prospecte actuellement dans le Nord, les sables lédo-paniseliens de la région de Haacht où elle prévoit des disponibilités de 3.000.000 m3/an minimum.

- Caractéristiques hydrodynamiques
  - lédo-paniselien : $T = 1.10^{-3}$ m^2/sec $S = 1.10^{-4}$

1. Dépôts pléistocènes (thalweg du Bassin de l'Escaut)
2. Sables bruxelliens
3. Dépôts landéniens
4. Craie sénonienne captive
5. Nappe captive du Maastrichtien



SECTEUR ECONOMIQUE 23
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 23 — LEUVEN (Brabant Flamand)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Pléistocène		2.091.593		2.091.593
Sables bruxelliens	10.631.593	2.450.752		13.082.345
Sables landéniens		190.000		190.000
Craie du Brabant (+ socle)	4.055.724	554.159		4.609.883
Totaux	14.687.317	5.286.504		19.973.821

SECTEUR ECONOMIQUE 24

TIENEN - LANDEN

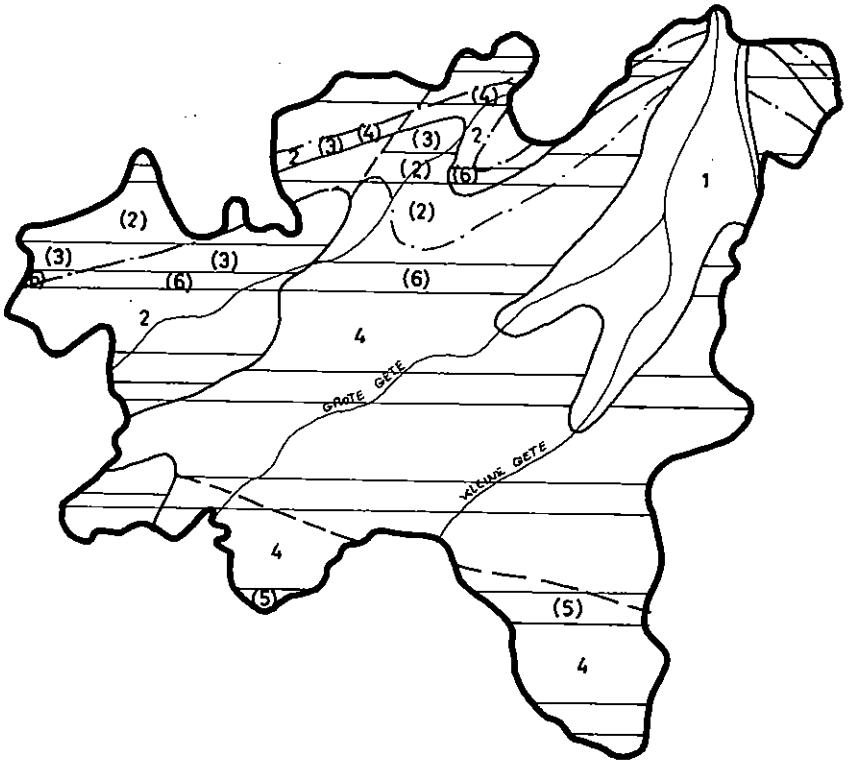
- Superficie : 34.039 hectares
- Population : 84.526 habitants (fin 1974)

- En dehors de la nappe captive du Maastrichtien, les sables et tuffeaux landéniens du Bassin de la Gette assurent principalement la production d'eau dans le secteur 24 : les vallées entaillent le massif landénien et créent sur les bordures des sources captées par galerie drainante ; l'épaisseur réellement aquifère est relativement faible et les sources possèdent un bassin d'alimentation assez étendu.

- Le débit des sources est irrégulier ; l'eau du Landénien est très dure, parfois ferrugineuse et à teneur élevée en Cl^-.

- Caractéristiques hydrodynamiques :
  - Landénien : $T = 1,5.10^{-4}$ m^2/sec
  - Maastrichtien-Sénonien : $T = 4,5.10^{-3}$ m^2/sec
  - Landénien L1c : $T = 1,5.10^{-3}$ à 4.10^{-3} m^2/sec.

1. Dépôts pléistocènes
2. Sables du Rupélien inférieur
3. Sables bruxelliens
4. Dépôts landéniens
5. Craie sénonienne captive
6. Nappe captive du Maastrichtien



SECTEUR ECONOMIQUE 24
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 24 TIENEN-LANDEN (Brabant Flamand)

Aquifère	Captage d'eau de distribution	Captage d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Landénien de Hesbaye	816.288	3.218.348		4.034.636
Maastrichtien	855.255	1.636.070		2.491.325
Craies + Socle		85.000		85.000
Totaux	1.671.543	4.939.418		6.610.961

SECTEUR ECONOMIQUE 25

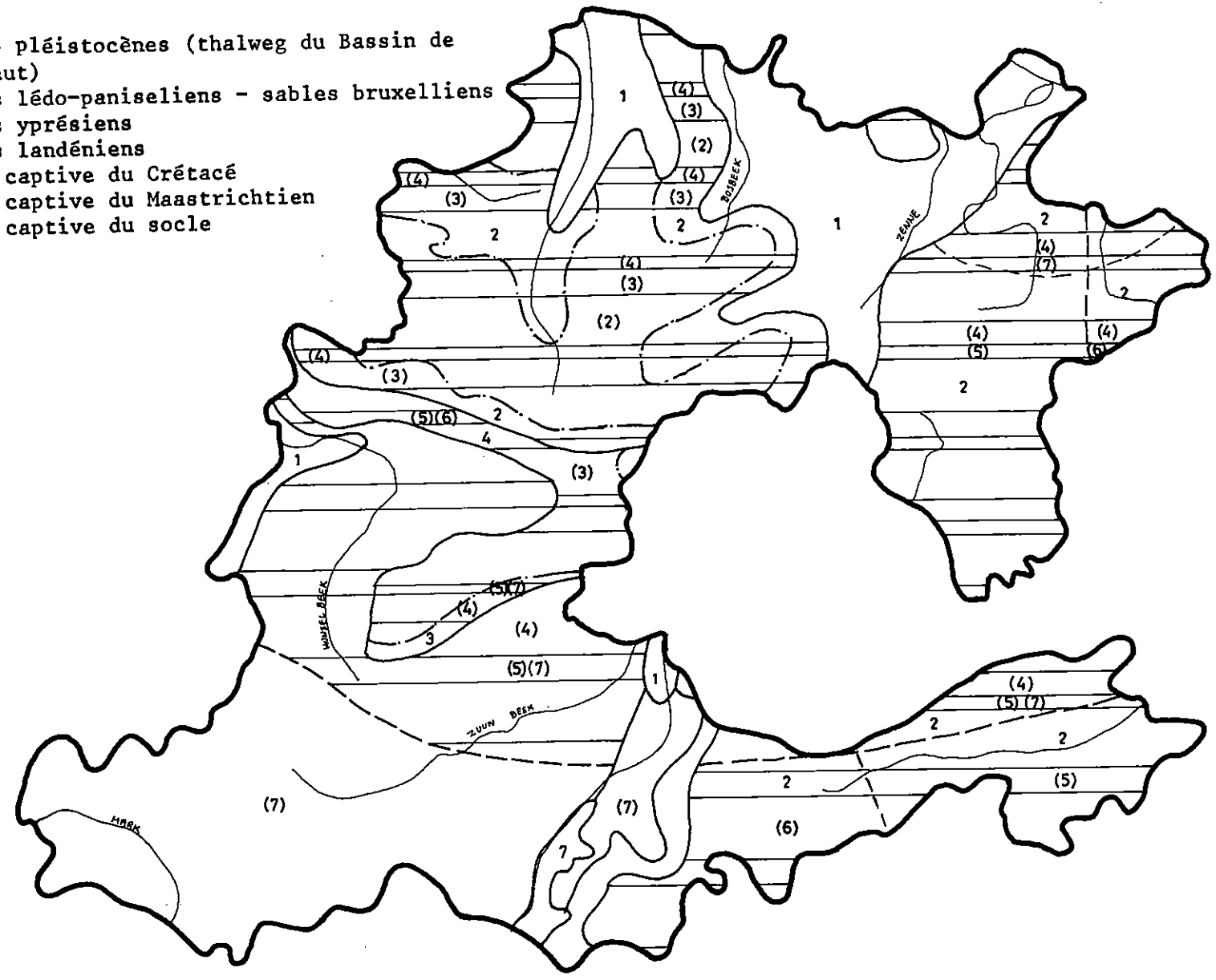
HALLE - VILVOORDE

- Superficie : 95.286 hectares
- Population : 498.138 habitants (fin 1974)

- Plus de 50 % des prélèvements sont fournis par les sables bruxelliens ou lédiens ; en totalisant tous les prélèvements réalisés dans le bassin de la Senne, sur les secteurs 25, 26 et 27, on obtient un débit de près de 80.000.000 m3/an, ce qui correspond à un rendement d'alimentation de 2m3 par jour et par hectare : il semble bien, de manière globale, que le gisement soit exploité au maximum de ses possibilités.

- Les autres aquifères représentés sur le secteur 25 ne présentent pas de disponibilités importantes ; seuls les dépôts pléistocènes de la Vallée Flamande, tout au Nord du secteur, sont encore susceptibles d'être exploités plus intensivement.

1. Dépôts pléistocènes (thalweg du Bassin de l'Escaut)
2. Sables lédo-paniseliens - sables bruxelliens
3. Sables yprésiens
4. Sables landéniens
5. Nappe captive du Crétacé
6. Nappe captive du Maastrichtien
7. Nappe captive du socle



SECTEUR ECONOMIQUE 25
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 25 — HALLE-VILVOORDE (Brabant Flamand)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Pléistocène		251.950		251.950
Sables lédiens		1.396.707		1.396.707
Sables bruxelliens	3.459.363	623.012		4.082.375
Sables yprésiens		74.000		74.000
Sables landéniens		66.482		66.482
Craie du Brabant (+ socle)	909.306	1.792.750		2.702.056
Maastrichtien		679.690		679.690
Totaux	4.368.669	4.884.591		9.253.260

SECTEUR ECONOMIQUE 26

BRUXELLES

- Superficie : 16.194 hectares
- Population : 1.054.970 habitants (fin 1974)

- Le sous-sol de l'agglomération bruxelloise ne dispose plus d'aucune disponibilité aquifère : au contraire, la nappe du socle (et des craies du Brabant dans la partie septentrionale) est tout à fait surexploitée avec en conséquence :
  - une baisse régulière du niveau de la nappe artésienne (abaissement moyen de 0,70 m par an avec des pointes locales de 2,50 m) ;
  - baisse du rendement spécifique des puits ;
  - dégradation de la qualité de l'eau (envahissement par chlorures).

- La mauvaise réalimentation de la nappe s'explique par la faible extension du bassin de réalimentation et le difficile cheminement des eaux en nappe captive.

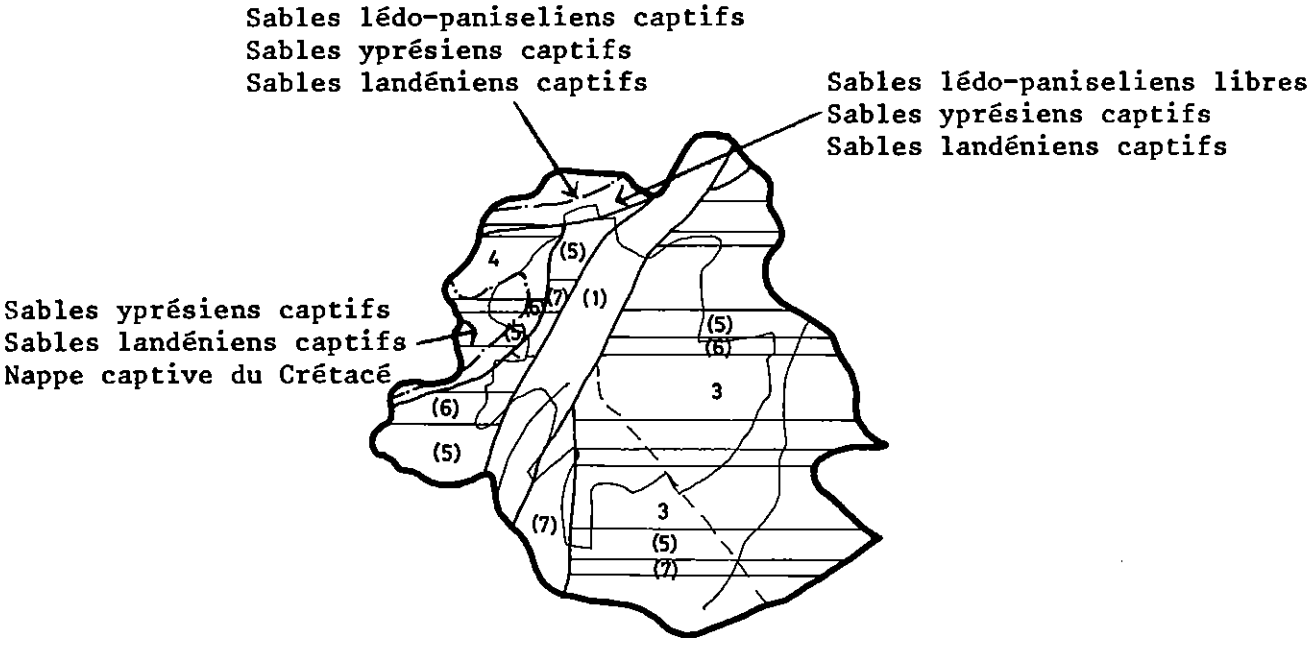
- La situation est d'autant plus dramatique que la baisse du niveau (il faut penser que des puits artésiens du début du siècle possèdent actuellement leur niveau statique à une profondeur de 100 m) continue de manière régulière alors que les prélèvements ont fortement diminué depuis 40 ans.
  Actuellement, le niveau piézométrique se situe au toit de l'aquifère des craies et toute descente supplémentaire dénoyera la nappe.

- Les nappes des sables éocènes sont utilisées suivant leurs possibilités et la région bruxelloise ne possède donc aucune disponibilité, même faible.

- L'alimentation de l'agglomération s'effectue à partir de la nappe du Crétacé du Bassin de Mons, des calcaires carbonifères ou dévoniens de Wallonie ou enfin par les eaux de surface captées en Meuse à Tailfer par la Compagnie Intercommunale Bruxelloise des eaux.

- A noter dans les sables bruxelliens le captage de la Forêt de Soignes et du Bois de la Cambre : le captage s'effectue par galerie drainante creusée dans l'aquifère d'une longueur de 5.276 mètres ; il s'agissait de la première galerie à serrements réalisée dans des terrains meubles.

1. Dépôts pléistocènes (thalweg Bassin Escaut)
2. Sables lédo-paniseliens
3. Sables bruxelliens
4. Sables yprésiens
5. Sables landéniens
6. Nappe captive du Crétacé
7. Nappe du socle



SECTEUR ECONOMIQUE 26
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 26 BRUXELLES (Brabant)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Pléistocène (Alluvions de la Senne)		276.000		276.000
Sables bruxelliens	2.476.000	123.000		2.599.000
Sables yprésiens		249.000		249.000
Sables landéniens		378.000		378.000
Craies du Brabant + Socle		1.680.000		1.680.000
Totaux	2.476.000	2.706.000		5.182.000

SECTEUR ECONOMIQUE 27

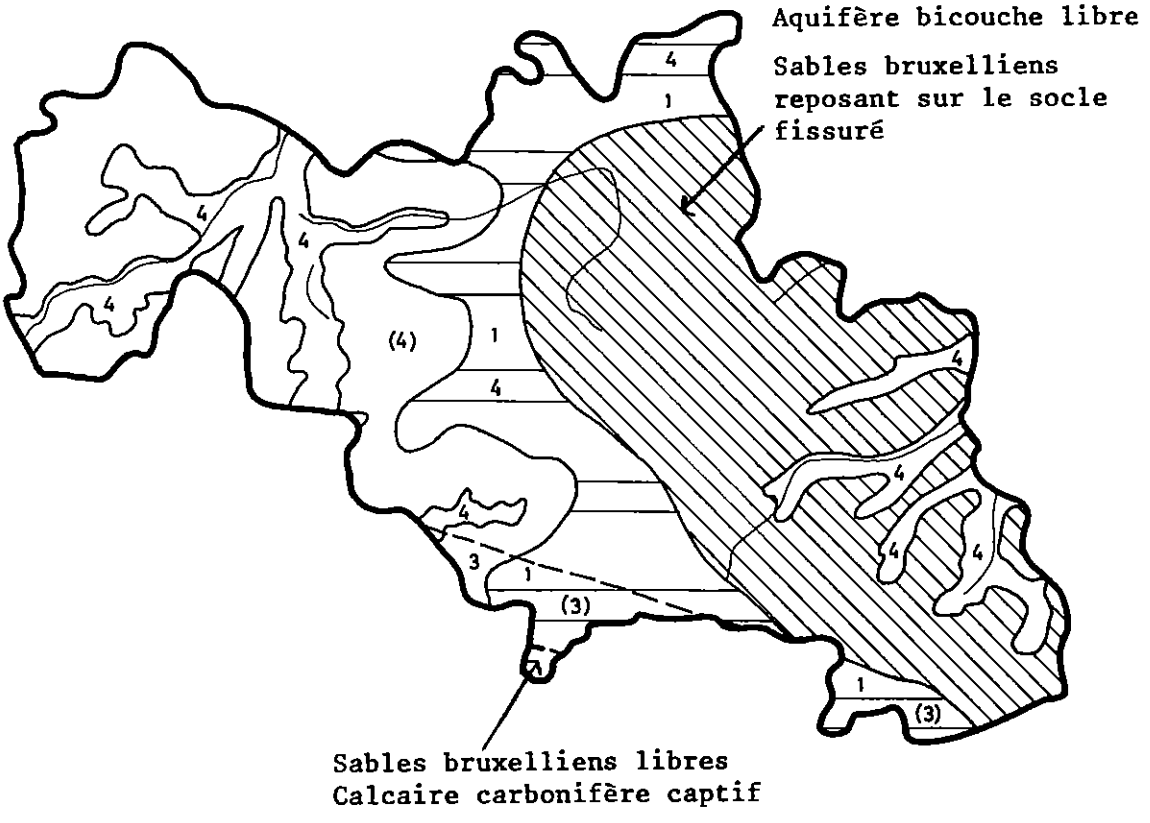
NIVELLES

- Superficie : 40.500 hectares
- Population : 124.100 habitants (fin 1974)

- Les sables bruxelliens constituant l'aquifère productif du secteur de Nivelles appartiennent au bassin de la Senne ; les remarques formulées au sujet du secteur 26 leur sont donc applicables.

- Les calcaires dévoniens et le socle cambro-silurien situés à l'extrême sud du secteur ont fait récemment l'objet d'une prospection hydrogéologique de la part du Service géologique de Belgique : seuls des faibles débits (de l'ordre de 30 à 40 m^3/h) sont encore disponibles en un ou deux points de cette zone.

1. Sables bruxelliens
2. Calcaire Carbonifère
3. Calcaires dévoniens
4. Socle



SECTEUR ECONOMIQUE 27
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 27 NIVELLES (Brabant Wallon)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Sables bruxelliens	12.763.000	314.000		13.077.000
Calcaires dévoniens du Bassin de Namur	2.048.000			2.048.000
Cambro silurien	145.000	454.000		599.000
Totaux	14.956.000	768.000		15.724.000

SECTEUR ECONOMIQUE 28

WAVRE - JODOIGNE - PERWEZ

- Superficie : 69.290 hectares
- Population : 132.347 habitants (fin 1974)

- Nappe du Crétacé du Brabant

La nappe crétacée du Brabant présente un caractère captif : son alimentation naturelle n'est possible que par l'intermédiaire de la nappe contenue dans le cailloutis de base du Landénien ou dans les fissures du socle, en bordure du massif ; elle devrait donc présenter une faible capacité de production et pourtant les captages lui soutirent près de 12.000.000 m3/an sur le secteur 28 (+ 5.800.000 m3/an dans deux secteurs voisins).
D'après Gulinck et Loy (1971), il faut tenir compte du fait que le Landénien et l'Yprésien ne forment pas une couverture parfaitement imperméable et qu'un apport par drainance vient sans doute alimenter la nappe crétacée (cette drainance, selon une première approximation, pourrait atteindre une fraction importante de l'apport pluvial sur le Bruxellien) ; cette alimentation est également confirmée par J.Henry et J. Rouhart (1978).
Malgré tout, il serait sans doute imprudent de pousser nettement au-delà les valeurs de l'exploitation actuelle.

- Nappe des Sables Bruxelliens

Bultot, Dupriez et Laurent (1976) ont mis au point un modèle permettant d'établir le bilan hydrique détaillé du Bassin de la Dyle et, en particulier, d'estimer la charge hydraulique des aquifères et leur alimentation.
La méthode consiste à - 1) calculer les surplus hydriques mensuels (1951 - 1974) à l'aide du modèle classique de Thornthwaite ;
- 2) évaluer la quantité d'eau de percolation en fonction du surplus ;
- 3) simuler l'alimentation en eau de l'aquifère, les écoulements à l'exutoire du bassin, les exportations d'eau souterraine et la charge hydraulique de l'aquifère à l'aide d'un modèle dont les données d'entrée sont constituées par les quantités mensuelles de percolation.

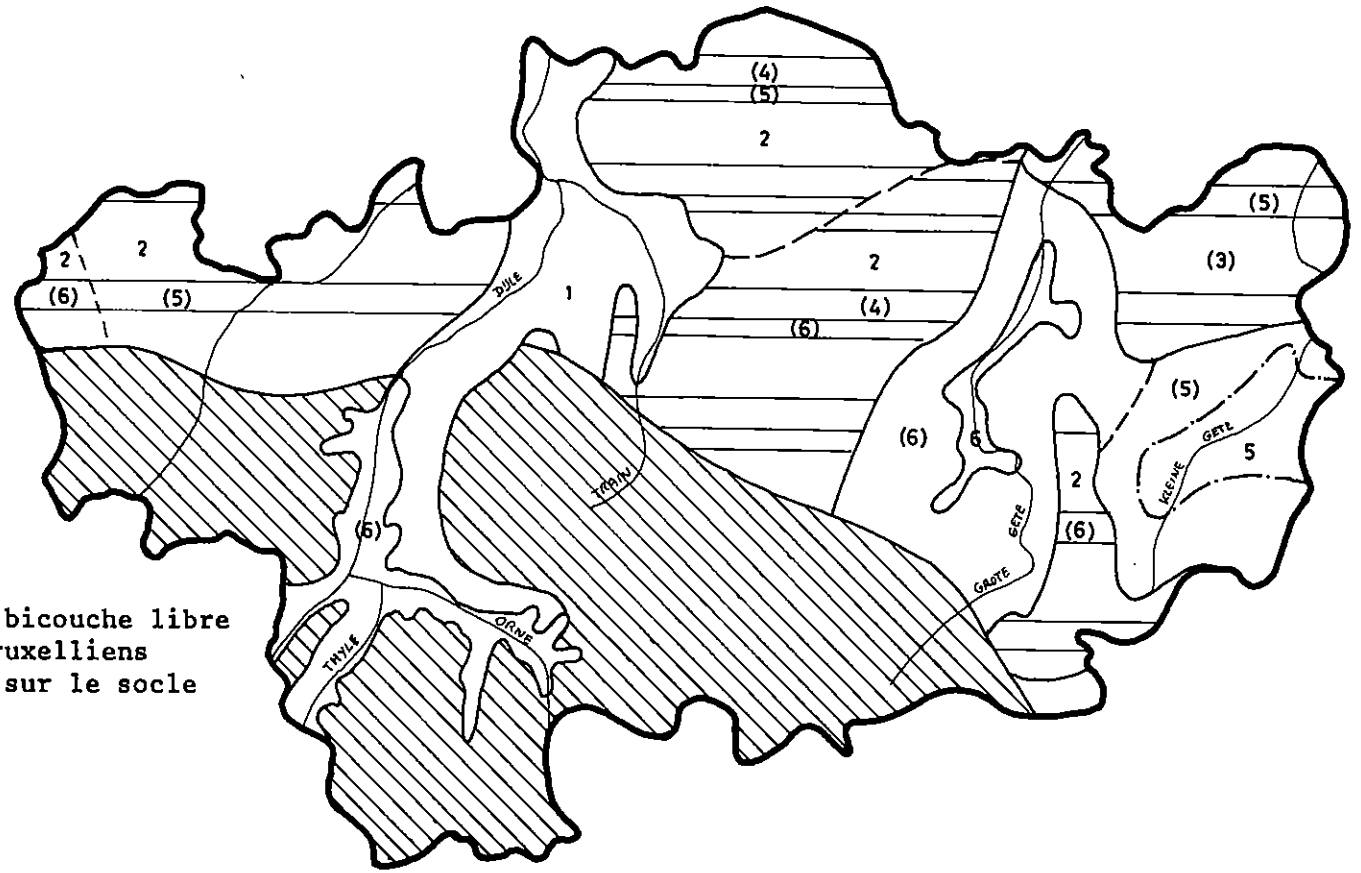
En imposant un seuil minimum pour les réserves de la nappe et pour l'écoulement de base de la Dyle en amont de Wavre, on obtient un prélèvement maximal autorisable de 54 mm/an, c'est-à-dire 16.600.000 m3/an. Les captages actuels dans le Bruxellien du Bassin de la Dyle atteignent un total d'environ 10.000.000 de m3/an, donnant donc lieu à 6.600.000 m3/an de disponibilités à partager entre les secteurs 28 et 25

- secteur 28 : 4.300.000 m3/an
- secteur 25 : 2.300.000 m3/an

- Caractéristiques hydrodynamiques

  - Sables bruxelliens T = 2.10^{-4} m^2/sec
  - Craie du Brabant T = de 1,3 à $2,4.10^{-2}$ m^2/sec

1. Dépôts pléistocènes (thalweg du bassin de l'Escaut)
2. Sables bruxelliens
3. Sables landéniens
4. Tuffeaux landéniens
5. Crétacé (nappe captive du Brabant ou Crétacé de Hesbaye)
6. Nappe du socle



Aquifère bicouche libre sables bruxelliens reposant sur le socle fissuré

SECTEUR ECONOMIQUE 28
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 28 — WAVRE-JODOIGNE-PERWEZ (Brabant Wallon)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Sables bruxelliens	7.870.000	541.000		8.411.000
Sables landéniens	775.000	60.000		835.000
Craies du Brabant	8.879.000	2.986.000		11.865.000
Silurien-Ordovicien-Cambrien		163.000		163.000
Totaux	17.524.000	3.750.000		21.274.000

SECTEUR ECONOMIQUE 29 et 30

29. MOUSCRON - COMINES

- Superficie : 10.267 hectares
- Population : 72.916 habitants (fin 1974)

30. TOURNAI - LEUZE - PERUWELZ

- Superficie : 77.600 hectares
- Population : 175.927 habitants (fin 1974)

- Belges et Français exploitent intensivement la nappe du Calcaire Carbonifère qui s'étend sous l'agglomération de Lille-Roubaix-Tourcoing et dans le Tournaisis.
  L'évolution piézométrique des niveaux montre à l'évidence la surexploitation intense subie par la nappe aquifère : depuis la seconde guerre mondiale jusqu'en 1973, les niveaux ont baissé de près de 2 mètres par an (de la cote + 10 à la cote - 55 m).
  La coupe de la figure 26 montre l'état de la surface piézométrique à la fin de 1971 : les rabattements induits font apparaître une zone de 20 km2 où la hauteur de calcaire dénoyé dépasse 20 mètres.
  Malgré l'arrêt de la progression des captages (récession économique, surtout dans l'industrie textile et décision du groupe franco-belge de tenter de limiter les prélèvements à 70.000.000 m3/an), la nappe continue de s'infléchir jusqu'en 74, les niveaux se stabilisant en 1975 et 1976.
  Fin 1976, la zone dénoyée de plus de 20 m couvre 70 km2 (figure 25).
  Au début de l'année 1977, une quarantaine d'effondrements se sont produits de part et d'autre de l'Escaut et au milieu de celui-ci.
  Le lit de l'Escaut fut percé par une brèche de 25 m de profondeur sur une largeur de 10 m. L'Escaut coulant à la cote + 13, tandis que le niveau de la nappe s'établissait à - 23 m , l'eau de la rivière s'est donc engouffrée vers l'aquifère suivant le chemin ouvert par le puits naturel. Sous l'apport brutal de l'eau de l'Escaut, la nappe du Calcaire Carbonifère a effectué une remontée spectaculaire, revenant en 1978 à la position de 1971.

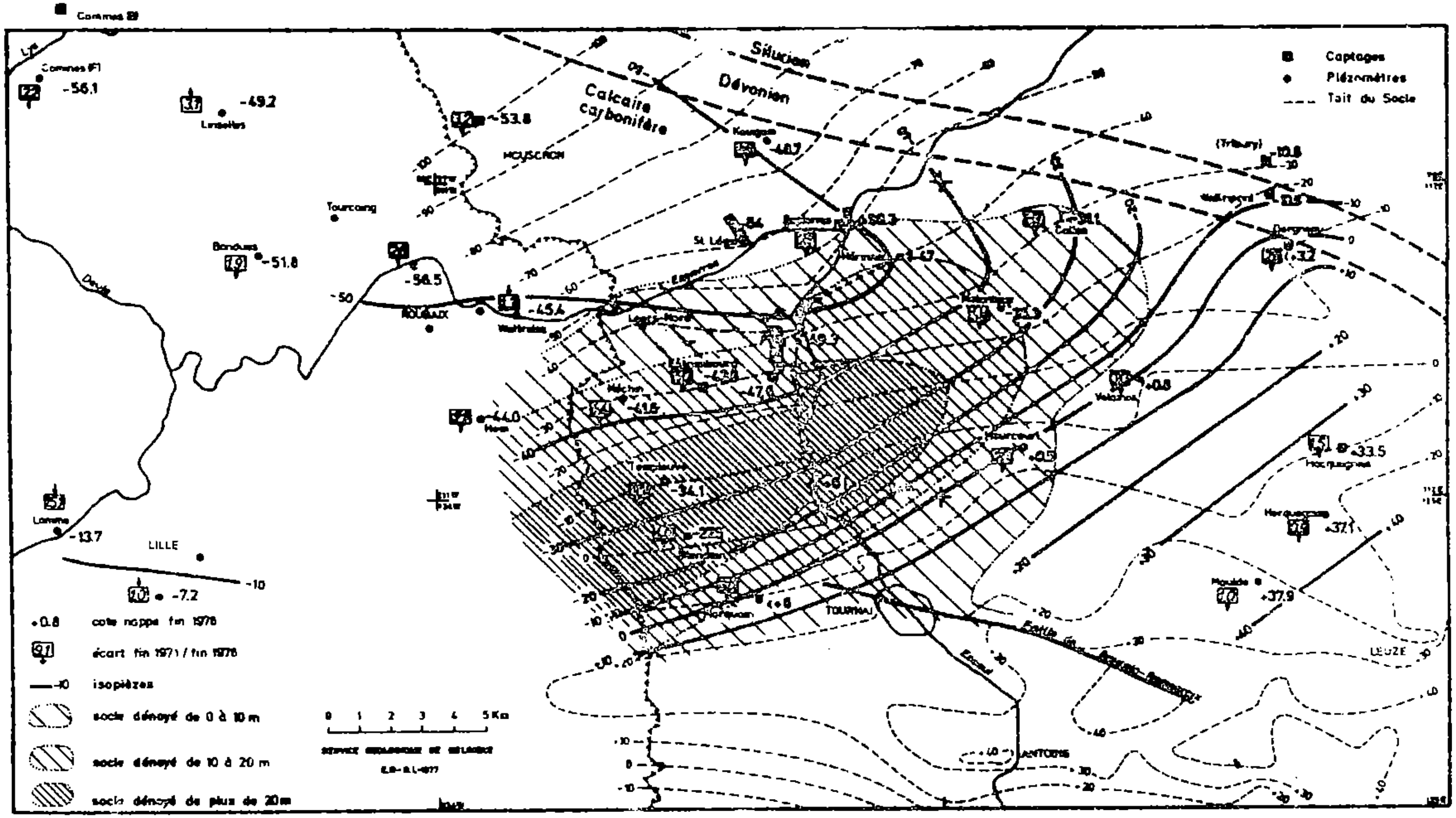


Fig. 25 - Evolution de la nappe du Calcaire Carbonifère à la fin de 1976.
d'après E. de Roubaix, F. Derycke, M. Gulinck, R. Legrand et W. Loy (1979).

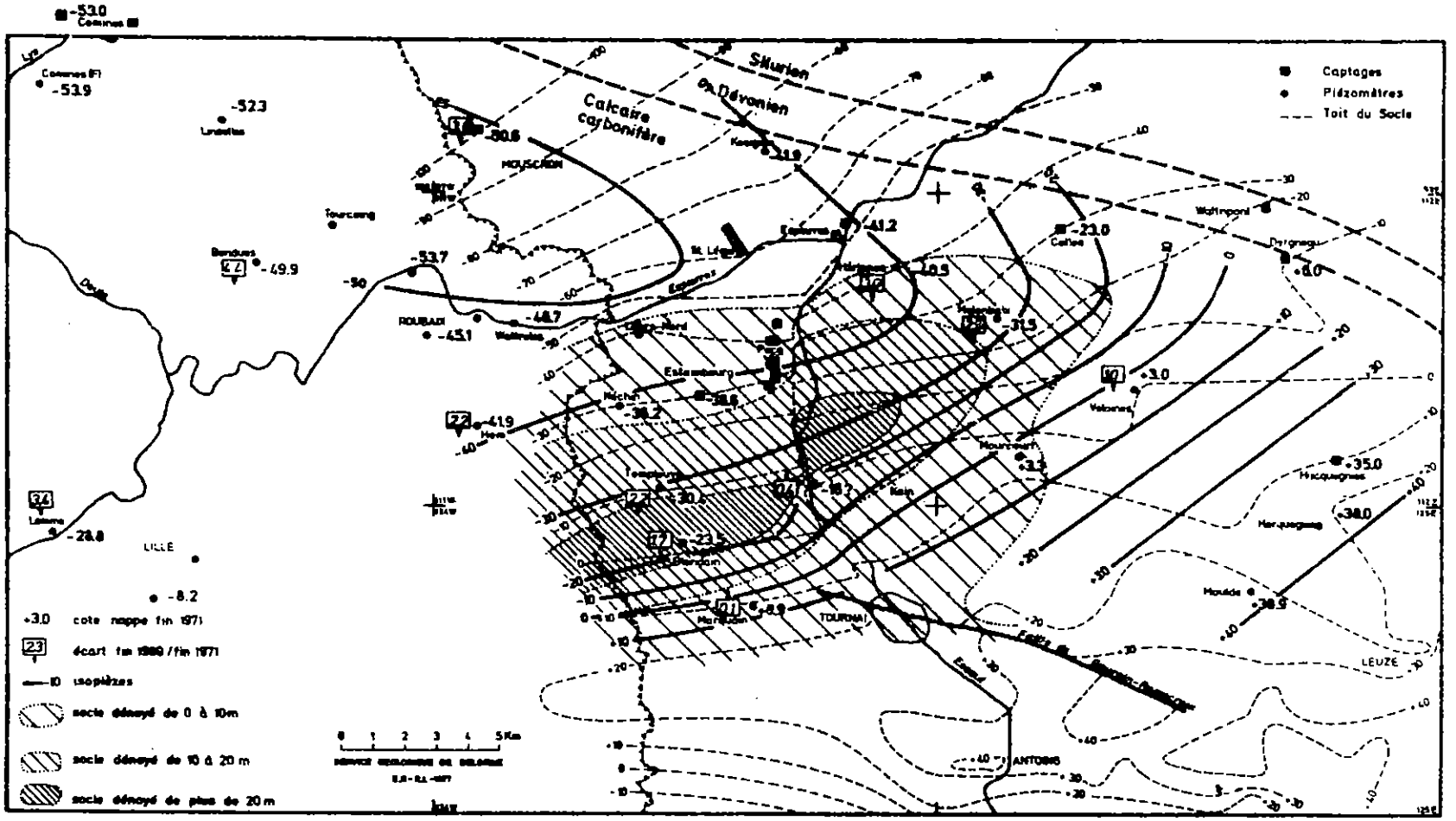


Fig. 26 - Evolution de la nappe du Calcaire Carbonifère à la fin de 1971.
d'après E. de Roubaix, F.Derycke, M. Gulinck, R. Legrand et W. Loy (1979).

Il est bien évident dans ces conditions que la nappe du Calcaire Carbonifère n'offre plus aucune disponibilité.

- En général, les eaux issues du Calcaire Carbonifère sont très dures, plus ou moins sulfatées ; en zone captive, on remarque la présence de fluor.

- A signaler que le Calcaire Carbonifère du Tournaisis alimente en eau de distribution la partie méridionale des deux Flandres.

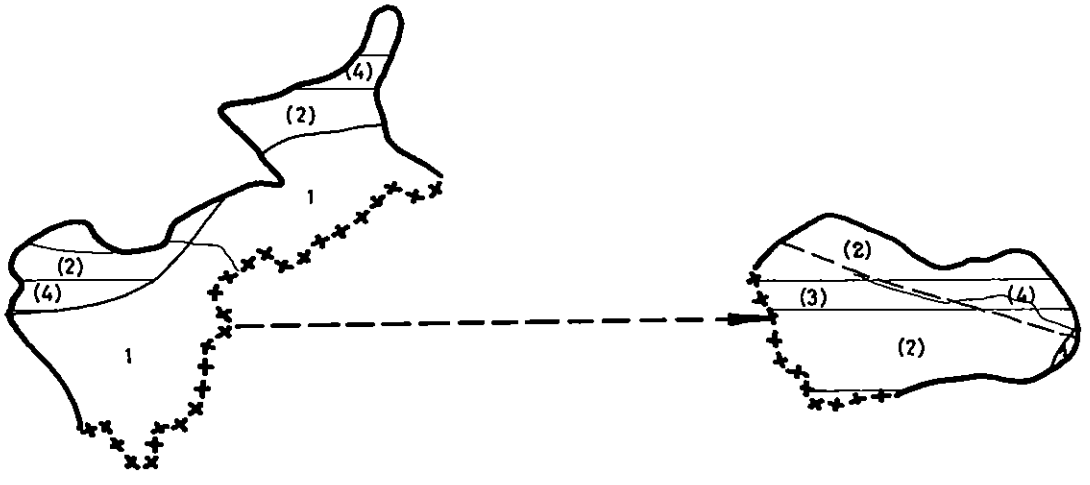
- L'exploitation du Bassin Carrier du Tournaisis entraîne une exhaure de près de 10.000.000 m^3 en 1978 (elle atteignait 25 millions de m^3 vers 1920, mais s'est stabilisée aux environs de 11 millions depuis 1967) ; le bassin carrier situé au Sud des failles de la Dondaine, de Gaurain et de Vaulx présente un comportement relativement indépendant de la zone dénoyée, comportement qui se traduit par un appel d'eau vers les carrières et par l'absence de courant général d'eau de l'Est vers l'Ouest ; ces failles jouent donc le rôle d'écran étanche ; à noter que, par endroits, le massif calcaire renfermant certaines carrières noyées paraît étanche (1).

- 50 % de l'exhaure des carrières pourraient être récupérés au lieu d'une simple restitution au réseau hydrographique, ce qui conduit donc à une disponibilité de 5.000.000 m^3/an.

---

(1) D'après R. Fradcourt, "Etude hydrologique du Bassin Carrier du Tournaisis" , Publication du Ministère des Affaires Economiques, 1970.

1. Dépôts pléistocènes (thalweg du Bassin de l'Escaut)
2. Sables landéniens
3. Calcaire Carbonifère
4. Nappe captive du socle des Flandres

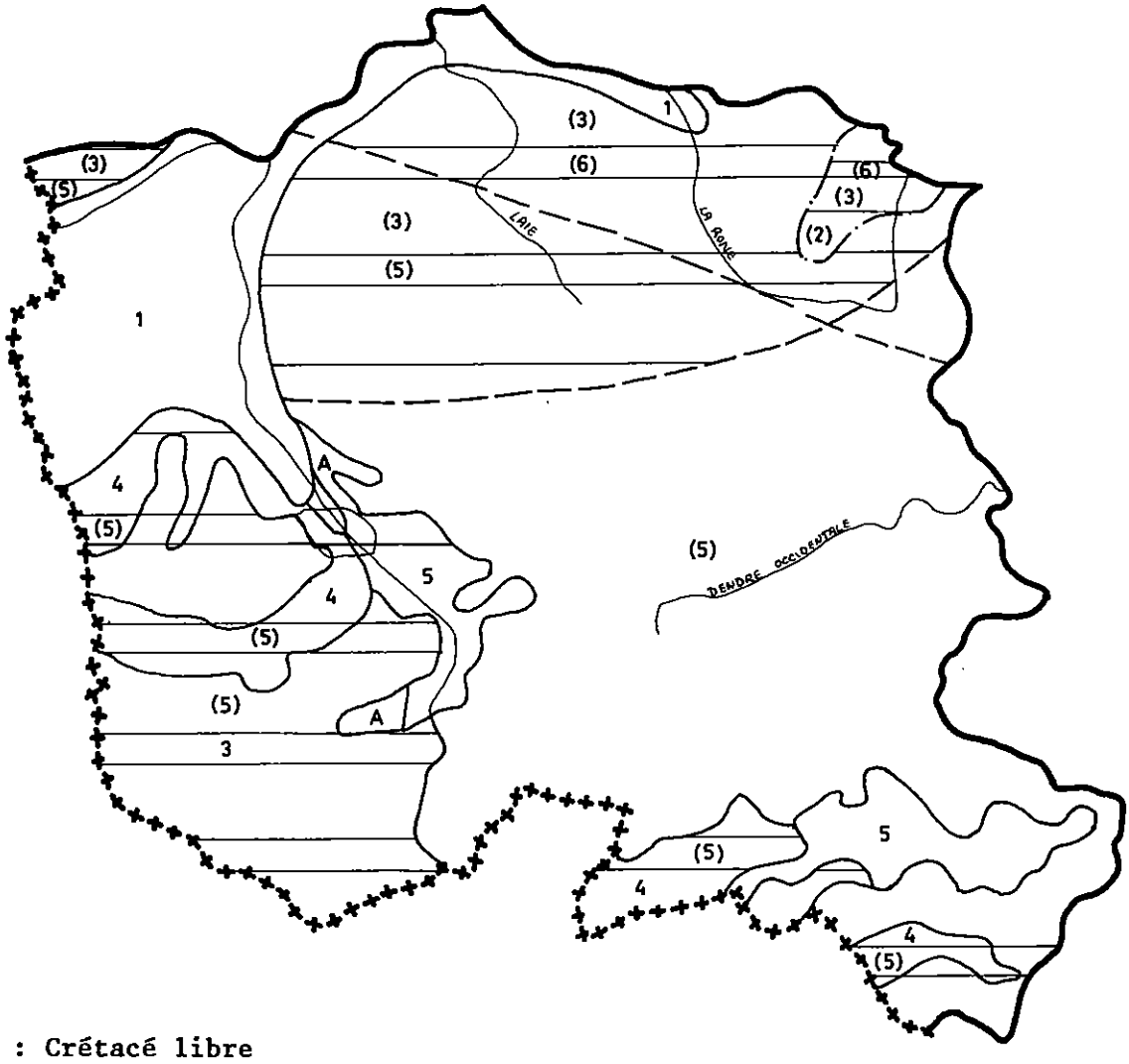


SECTEUR ECONOMIQUE 29
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 29 — MOUSCRON-COMINES (Province du Hainaut)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Sables landéniens		150.000		150.000
Calcaire Carbonifère du Bassin de Namur	7.261.000	1.476.000		8.737.000
Totaux	7.261.000	1.626.000		8.887.000

1. Dépôts pléistocènes (thalweg du Bassin de l'Escaut)
2. Sables yprésiens
3. Sables landéniens
4. Crétacé (Turonien)
5. Calcaire Carbonifère (Bassin de Namur)
6. Nappe captive du socle



A : Crétacé libre
Calcaire Carbonifère captif

SECTEUR ECONOMIQUE 30
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 30 — TOURNAI-LEUZE-PERUWELZ (Province du Hainaut)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Calcaire Carbonifère du Bassin de Namur	25.823.000	4.665.000	9.888.000	40.376.000
Silurien-Ordovicien-Cambrien		46.000		46.000
Totaux	25.823.000	4.711.000	9.888.000	40.422.000

SECTEUR 31

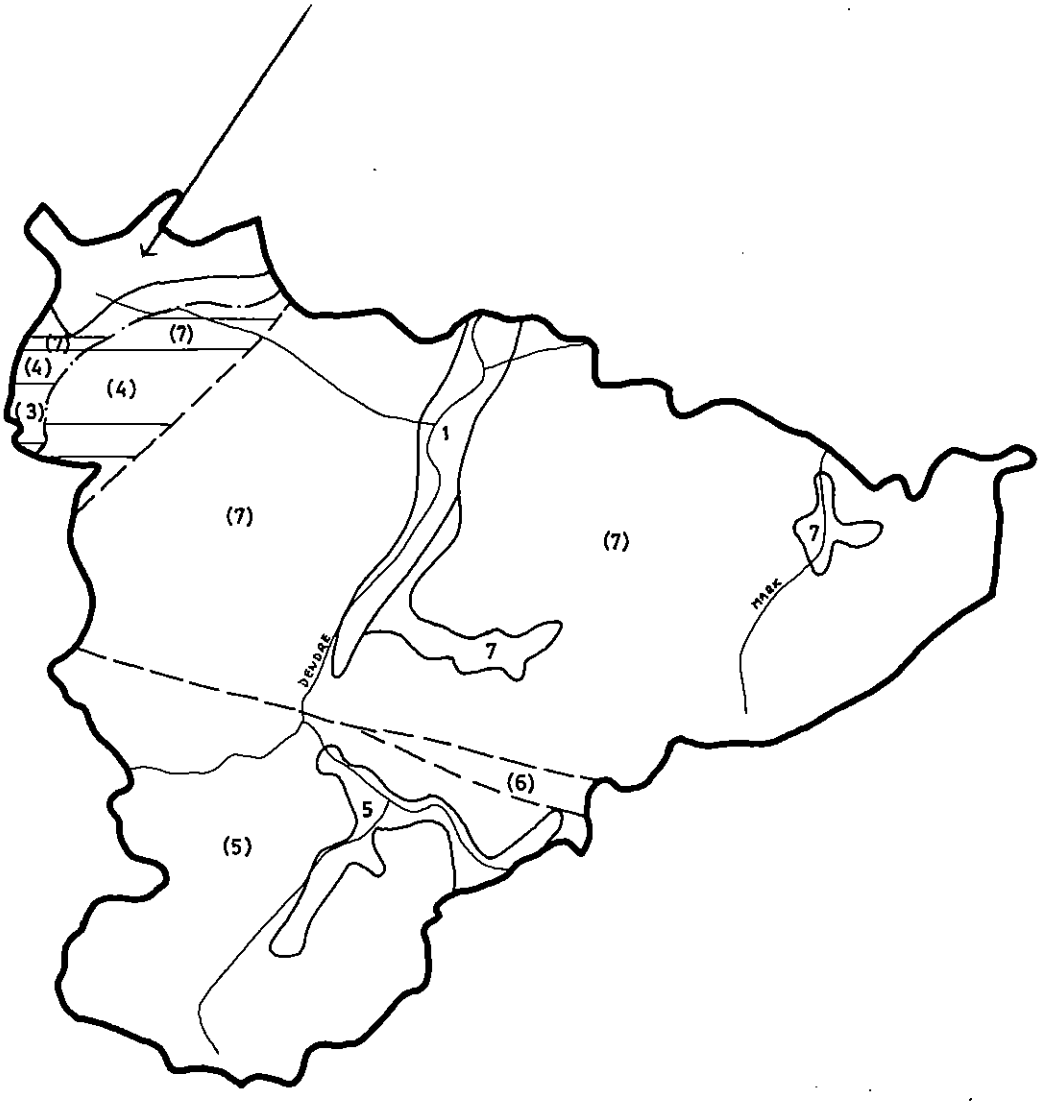
ATH - LESSINES - ENGHIEN

- Superficie : 47.490 hectares
- Population : 76.492 habitants (fin 1974)

- La carte piézométrique de la nappe du Calcaire Carbonifère entre les vallées de la Dendre et de la Samme est représentée sur la carte 2 - Hydrogéologie - du bilan de synthèse.
  Il est nécessaire de noter :
  - les hétérogénéités de perméabilité du calcaire ; à une centaine de mètres de distance, deux carrières peuvent présenter des plans d'eau dont les cotes sont différenciées de 40 à 50 m ;
  - les lignes isopiézométriques de la nappe restent nettement supérieures aux cotes des thalwegs du réseau hydrographique. Les prélèvements existants ne constituent certainement pas une surexploitation et des disponibilités doivent exister dans ce calcaire ; par manque d'études hydrogéologiques,il n'est pas possible d'avancer un chiffre représentatif.

Système aquifère tricouche

- sables lédo-paniseliens libres
- sables yprésiens captifs
- sables landéniens captifs



1. Dépôts pléistocènes (thalweg du Bassin de l'Escaut)
2. Sables lédo-paniseliens
3. Sables yprésiens
4. Sables landéniens
5. Calcaire Carbonifère
6. Calcaires dévoniens
7. Socle

SECTEUR ECONOMIQUE 31
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 31 — ATH-LESSINES-ENGHIEN (Province du Hainaut)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Pléistocène (Alluvions de l'Escaut)		33.000		33.000
Calcaire Carbonifère du Bassin de Namur	6.321.000	172.000		6.493.000
Silurien-Ordovicien-Cambrien		311.000	1.930.000	2.241.000
Totaux	6.321.000	516.000	1.930.000	8.767.000

SECTEUR 32

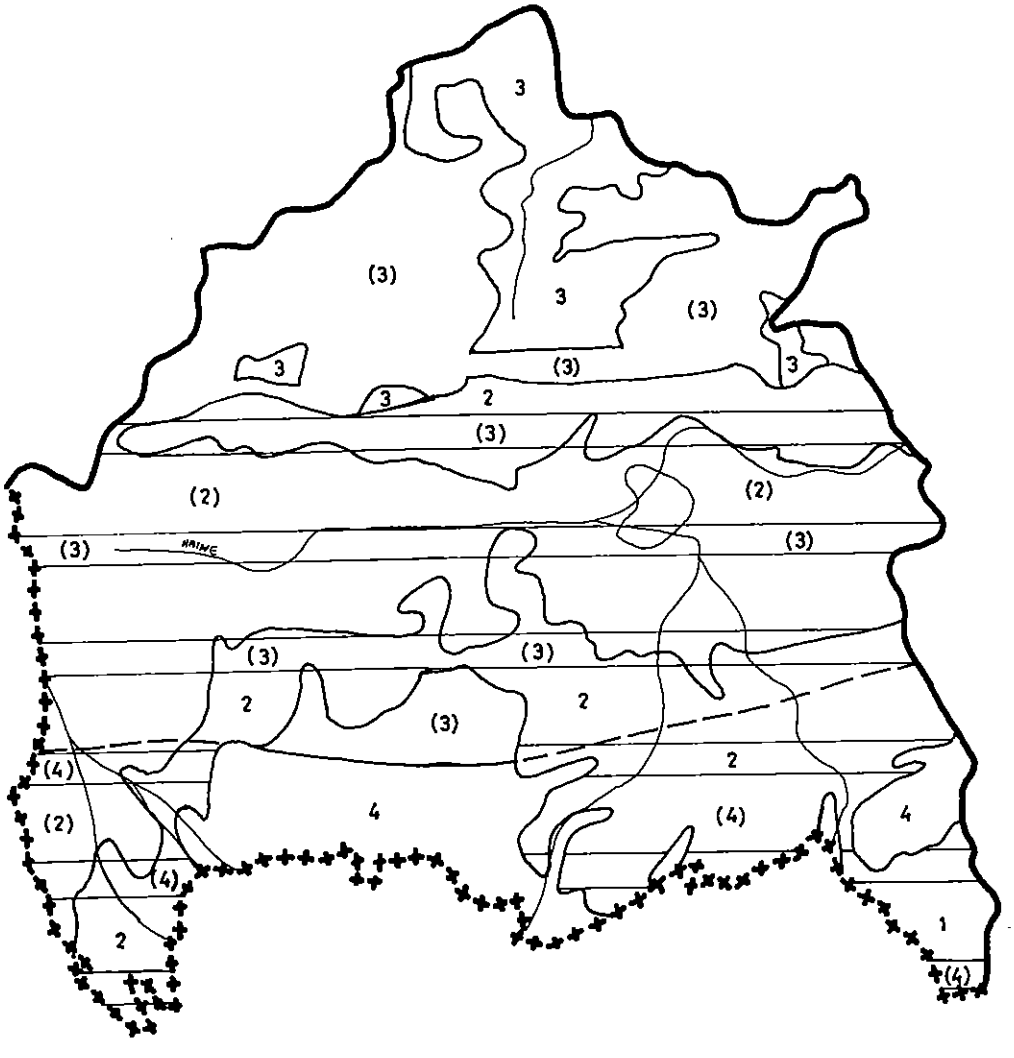
MONS - BORINAGE

- Superficie : 61.911 hectares
- Population : 268.927 habitants (fin 1974)

- La nappe des "Craies" du Bassin de Mons a fait l'objet d'une étude sur modèle mathématique déterministe, monocouche, en régime permanent et à mailles carrées (DERYCKE, 1977) ; afin de respecter la continuité hydrogéologique, les territoires français et belge de la nappe aquifère ont été simulés sur un modèle rectangulaire de 2.480 mailles de 750 m de côté.
  L'infiltration efficace a été déterminée à partir des formules de Turc et de Thornthwaite (20 à 30% de la pluviométrie suivant les stations et les microclimats).
  Le modèle a permis de mettre en évidence la forte exploitation de la nappe : les captages consomment 95% des apports verticaux (infiltration efficace sur les zones d'affleurement et drainance généralisée au travers de la couverture sablo-argileuse landénienne).
  L'examen de la carte isopiézométrique dessinée sur la carte - "Hydrogéologie"- du bilan de synthèse montre la mauvaise répartition des captages importants, tous concentrés dans la partie centrale du bassin ; des surexploitations locales ont provoqué des tassements différentiels dans les alluvions tourbeuses quaternaires, induisant ainsi de nombreux dégâts à des bâtiments privés ou industriels. Grâce aux apports issus du bassin hydrographique (qui déborde largement sur l'extension géologique des craies), des disponibilités existent encore dans la nappe des craies, avec la contrainte de l'exclusion de tout nouveau captage dans la zone centrale du Bassin de Mons ; suivant le modèle, une disponibilité de l'ordre de 8.000.000 m3/an ne créerait aucun déséquilibre de la nappe ; ce débit potentiel s'inscrit entièrement au bénéfice du secteur 32.

- A noter que la nappe des "Craies" du Bassin de Mons exporte de l'eau en direction des agglomérations bruxelloise et gantoise.

1. Sables landéniens
2. Crétacé du Bassin de Mons
3. Calcaire Carbonifère
4. Socle (schistes et grès dévoniens, houiller)



SECTEUR ECONOMIQUE 32
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 32 — MONS-BORINAGE (Province du Hainaut)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Sables landéniens	2.293.000			2.293.000
Craies du Bassin de Mons	29.905.000	18.697.000		48.602.000
Craies Bassin de Mons + Pléistocène			28.653.000	28.653.000
"Houiller"		22.000		22.000
Calcaire Carbonifère Bassin de Namur	7.935.000			7.935.000
Calcaire Dévonien Bassin de Dinant	719.000			719.000
Totaux	40.852.000	18.719.000	28.653.000	88.224.000

SECTEURS ECONOMIQUES 33, 34, 36, 40 et 41

NOTE RELATIVE AU CALCAIRE CARBONIFERE DU BASSIN DE NAMUR

De la bande de Calcaire Carbonifère du Bord Nord du Bassin de Namur qui s'étend depuis Mouscron jusqu'à Liège, seul le secteur occidental, le Tournaisis, a fait l'objet d'une étude hydrogéologique à l'échelle régionale. Cette étude se justifiait en raison de la surexploitation intense que subit l'aquifère avec, en conséquence,

- une baisse continue des niveaux piézométriques et le dénoyage progressif de la nappe captive,
- des manifestations spectaculaires à la surface du sol sous forme d'effondrements liés à des puits naturels (sinkholes de la littérature anglaise).

Par contre, depuis la Dendre jusqu'à Namur, puis le long de la Meuse jusqu'à Liège, toutes les études relatives au Calcaire Carbonifère sont restées locales et se sont limitées à la recherche d'un site favorable pour l'implantation d'un ouvrage de captage ; cette politique ne s'est pas révélée jusqu'à présent dangereuse en raison des grandes possibilités aquifères de la nappe, chaque captage n'ayant que peu et même pas d'influence sur ses voisins.

La définition d'un bilan hydrique au sein du Calcaire Carbonifère du Bord Nord du Synclinorium de Namur est donc, dans l'état actuel de nos connaissances, pratiquement impossible ; les estimations sont compliquées par les variations de rendement d'un même type d'ouvrage captant suivant

- l'état de fissuration ou de karstification du calcaire,
- la présence de poches de dissolution, parfois de grande étendue et colmatées par des produits de dissolution ou par des sédiments sablo-argileux, sablo-graveleux du Wealdien,
- les phénomènes de dolomitisation ou de silicification (à la partie supérieure) du Viséen,
- la nature lithologique du calcaire aquifère, à grains fins ou crinoïdiques,
- la teneur en Ca CO_3 (de 65 à 93%),

- l'existence d'un recouvement houiller ou non,
- le cloisonnement de la bande aquifère par la tectonique ou par des masses calcareuses non fissurées.

Les ouvrages captants sont de nature variée

- puits filtrants d'assez grand diamètre (jusqu'à 600 mm), établis dans des zones d'émergence (Erbaut, Lens, Maffle), soit dans la zone captive sous le houiller (Floreffe) ; notons la technique d'acidification du puits, souvent utilisée afin d'améliorer le rendement du captage ;
- captage des sources, jalonnant le réseau hydrographique ;
- captage dans des carrières abandonnées (ce modèle de captage présente l'avantage de permettre l'utilisation du grand volume d'eau stocké dans la carrière lors de pointes de consommation et éventuellement de réalimenter artificiellement la carrière par des surplus de production en provenance d'autres adductions) ;
- captage dans d'anciennes galeries de mines (par exemple, mine de galène et de pyrite de Vedrin, près de Namur).

En général, les eaux issues du Calcaire Carbonifère sont très dures, plus ou moins sulfatées ; localement, en zone silicifiée, elles peuvent par contre être agressives.

Le Calcaire Carbonifère du Bord Nord du Bassin de Namur, constitue un gisement aquifère très important : il a livré en 1978 plus de 120.000.000 m^3, se répartissant de la manière suivante :

- secteur 7: 3.601.000 m^3,
- secteur 29: 8.737.000 m^3,
- secteur 30: 40.376.000 m^3 (dont 9.888.000 liés à l'exhaure),
- secteur 31: 6.493.000 m^3,
- secteur 32: 7.935.000 m^3,
- secteur 33: 14.604.000 m^3 (dont 3.137.000 liés à l'exhaure),
- secteur 34: 19.617.000 m^3,
- secteur 36: 18.673.000 m^3,
- secteur 40: 412.000 m^3,

avec un total de 120.472.000 m^3, 107.447.000 m^3 en excluant l'exhaure.

Ce volume représente 19,4 % de l'ensemble des prélèvements effectués sur le Territoire de la Belgique et place le Calcaire Carbonifère du Bord Nord du Bassin de Namur en première place au classement de productivité des aquifères belges (18,4% en excluant le démergement et l'exhaure des carrières et des mines).

La surface totale du gisement (à l'exclusion des zones captives sous le Houiller) atteint 1.480 km2, dont 460 km2 ne sont pas recouverts par des sédiments argileux ; par rapport à la zone d'extension de la nappe libre, on peut se rendre compte que l'aquifère est fortement sollicité, à concurrence d'une lame d'eau de 254 mm. Ce chiffre doit cependant être pondéré car

- 52.714.000 m^3 sont pompés à l'Ouest dans le Tournaisis (secteur 30, plus Mouscron-Comines (secteur 29) et les captages de l'extrême sud de la Flandre orientale (secteur 7) ; le centre de gravité des prélèvements dans le gisement est donc nettement décentré vers l'Ouest ;
- l'imperméabilité des marnes turoniennes de l'Yprésien n'est pas toujours parfaite et il faut admettre qu'une partie de l'eau qui s'écoule superficiellement sur ces formations pénètre dans le calcaire ;
- des possibilités de captage existent également sous le recouvrement houiller (Entre Sambre et Meuse) et dans la région de Visé) ;
- en dehors du Tournaisis, seule la région de la Louvière-Seneffe (secteur 33, alimentation du zoning de Feluy) paraît arrivée actuellement à la limite d'exploitation ;
- par rapport à la surface totale du gisement, la lame d'eau exploitée atteint seulement 81,4 mm.

Même s'il faut tenir compte d'une sollicitation supplémentaire de la nappe par l'intermédiaire des captages dans le thalweg de la Meuse, on peut admettre que de grandes disponibilités (de l'ordre de 40.000.000 m^3/an ?) existent encore dans la bande de Calcaire Carbonifère du Bassin de Namur, entre la Dendre et la Meuse à Visé).

SECTEUR ECONOMIQUE 33

LA LOUVIERE - SOIGNIES

- Superficie : 61.103 hectares
- Population : 246.862 habitants

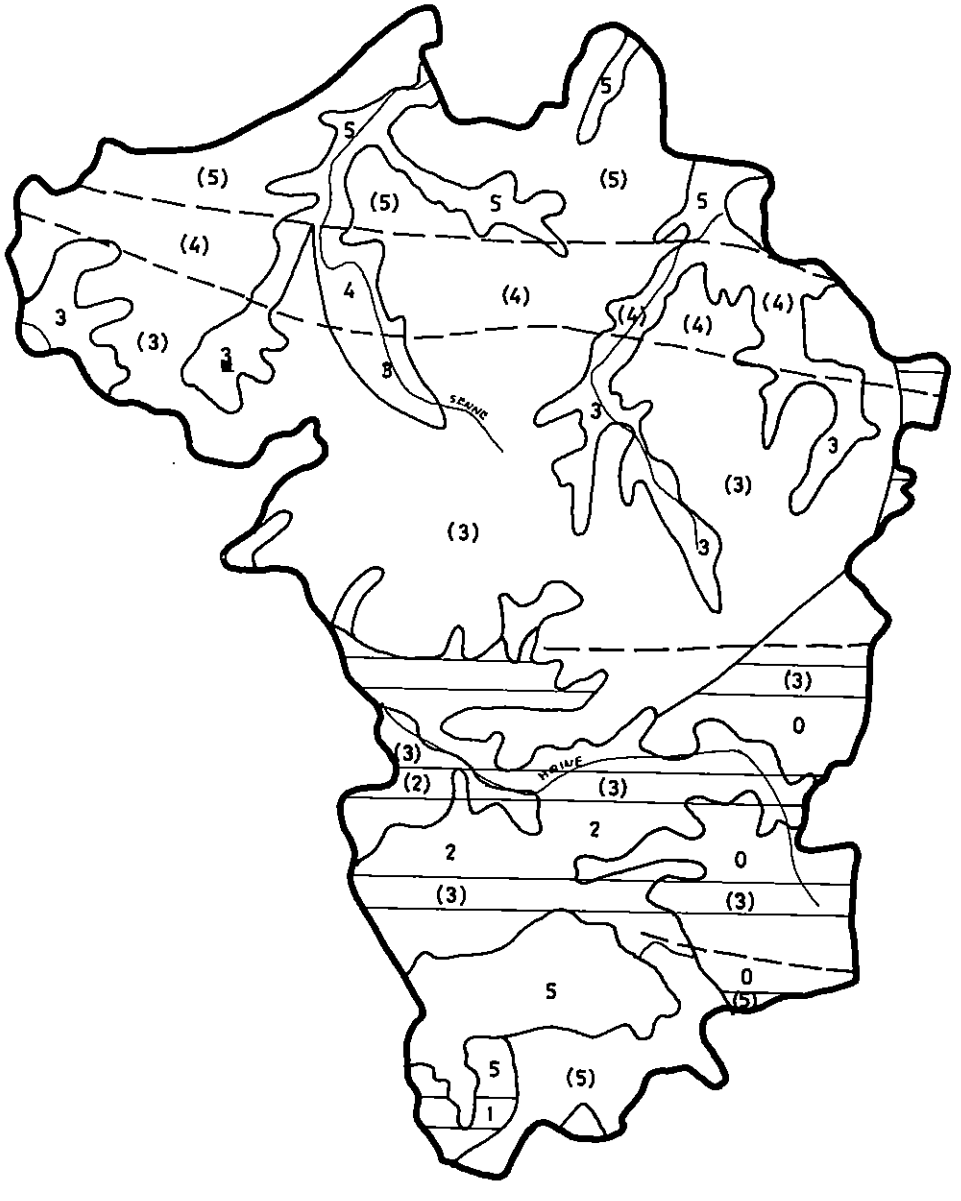
- La partie orientale de la nappe des Craies du Bassin de Mons est phréatique : elle alimente les captages importants situés à l'Est de Mons ; elle ne présente plus de disponibilité dans ce secteur.

- Le Calcaire Carbonifère du Bassin de Namur constitue l'aquifère le plus productif du secteur (voir note générale) ; à signaler que dans la zone Seneffe-Feluy, les prélèvements sont importants (17.000 m3/j autorisés ou sollicités) et que la limite d'exploitation semble atteinte. Des volumes d'eau considérables sont également captés dans d'anciennes carrières (Ecaussines et Neufvilles) ou dans des zones d'émergence de la nappe (Casteau - Thieusies).

- Les sables bruxelliens et des couches fissurées du Namurien (Houiller), notamment les phtanites, assurent quant à eux la production d'eau destinée à des besoins locaux.

- Transmissivité dans le Calcaire Carbonifère : $T = 3.10^{-3}$ m^2/sec à Seneffe.

0. Sables bruxelliens
1. Sables landéniens
2. Crétacé du Bassin de Mons
3. Calcaire Carbonifère
4. Calcaires dévoniens
5. Socle (grès et schistes dévoniens, houiller ....)



SECTEUR ECONOMIQUE 33
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 33 — LA LOUVIERE-SOIGNIES (Province du Hainaut)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Pleistocène (Alluvions Escaut)	298.000			298.000
Sables bruxelliens	1.582.000	311.000		1.893.000
Sables landéniens		64.000		64.000
Craies du Bassin de Mons	5.095.000	2.141.000		7.236.000
"Houiller"	466.000	608.000		1.074.000
Calcaire Carbonifère Bassin de Namur	8.776.000	2.691.000	3.137.000	14.604.000
Silurien-Ordovicien-Cambrien	35.000			35.000
Totaux	16.252.000	5.815.000	3.137.000	25.204.000

SECTEUR ECONOMIQUE 34

CHARLEROI

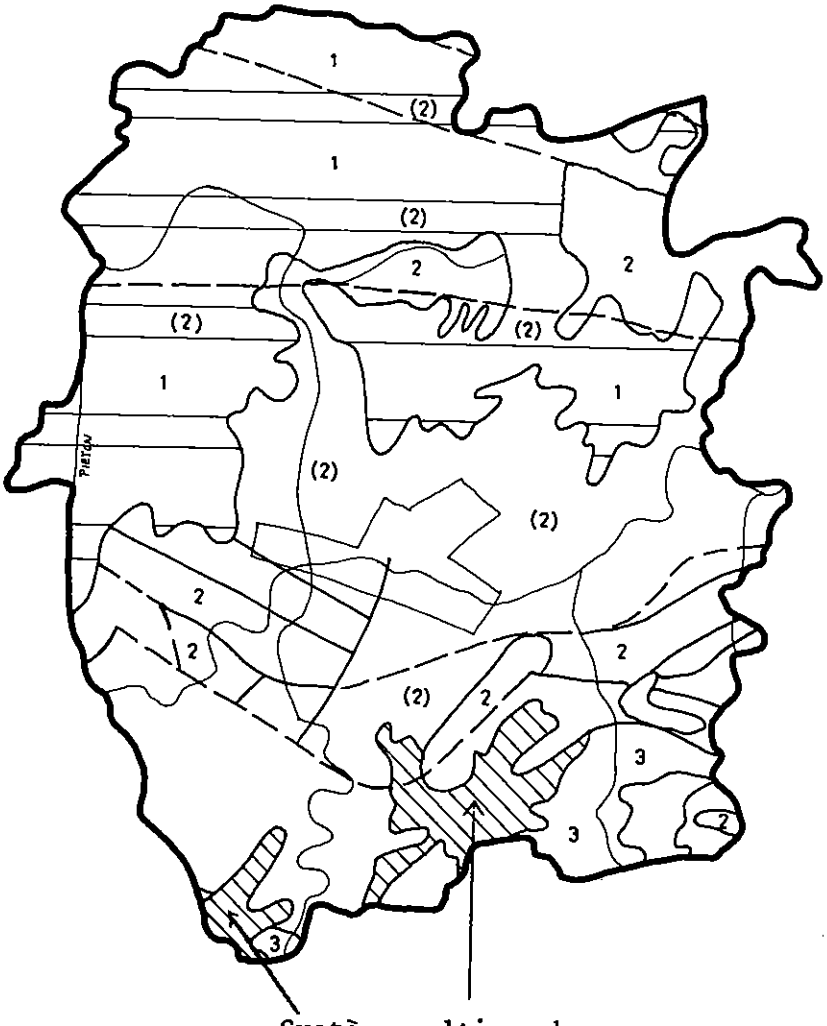
- Superficie : 52.887 hectares
- Population : 427.673 habitants (fin 1978)

- Le Calcaire Carbonifère assure près de 86% de la production d'eau de ce secteur compte non tenu de l'exhaure ; (voir note générale sur les calcaires carbonifères du Bassin de Namur); à noter que les captages du Calcaire seront progressivement réduits dans ce secteur par adduction en provenance des prélèvements d'eau superficielle dans la Meuse à Tailfer.

- Transmissivité du Calcaire Carbonifère : $T = 1.10^{-2}$ m^2/sec à Villers-Perwin.

- Dans la région de Nalinnes, des lambeaux sableux bruxelliens reposent directement sur les couches schisto-gréseuses du Dévonien dont ils augmentent la capacité de rétention ; leur productivité dépasse 1.500.000 m^3 mais, compte-tenu de leur extension réduite, ces nappes (représentées avec caractère multicouche sur la carte n°1 du bilan de synthèse) sont fortement soumises aux fluctuations climatiques et il n'y subsiste pas de disponibilité supplémentaire.

1. Sables bruxelliens
2. Calcaire Carbonifère
3. Calcaires dévoniens



Système multicouche

Sables bruxelliens libres reposant directement sur socle fissuré ou sur calcaires dévoniens

SECTEUR ECONOMIQUE 34
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 34

CHARLEROI (Province du Hainaut)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Pleistocène (Alluvions de la Sambre)		123.000		123.000
Sables bruxelliens	1.768.000			1.768.000
"Houiller"		558.000	2.826.000	3.384.000
Calcaire Carbonifère Bassin de Namur	17.185.000	2.432.000		19.617.000
Calcaire Dévonien du Bassin de Dinant	807.000	22.500		829.500
Totaux	19.760.000	3.135.000	2.826.000	25.721.500

SECTEURS ECONOMIQUES 35, 37, 38, 39, 45 et 47

NOTE RELATIVE AUX CALCAIRES DEVONIENS DU BASSIN DE DINANT

Nous avons déjà décrit les difficultés à effectuer un bilan dans les aquifères du Calcaire Carbonifère : la situation est encore plus délicate dans les calcaires dévoniens du Bassin de Dinant en raison du développement important des phénomènes karstiques (teneur très faibles des calcaires en matière insolubles).

Même si l'espace occupé par les calcaires dévoniens est assez conséquent, leur mode de gisement n'est pas favorable au captage de gros débits : un exemple typique est constitué par la bande de calcaires dévoniens qui s'étend suivant une direction Ouest-Est depuis Givet jusqu'à Rochefort (secteurs 38 et 39) : les couches calcaires sont pratiquement redressées à la verticale et leur surface d'affleurement est donc réduite au maximum : même si les prospections électriques mettent en évidence la présence d'eau souterraine, les conditions techniques du forage posent des problèmes car les filets fluides semblent se concentrer suivant une seule circulation karstique qu'il est aléatoire d'espérer toucher par un forage.

Pour effectuer une estimation empirique des volumes d'eau disponibles dans ces calcaires, nous avons pris comme référence le secteur 35 où 2.498.000 m^3 ont été pompés en 1978 dans les calcaires dévoniens qui couvrent une surface approximative de 167,25 km2 ; à partir de ce coefficient d'exploitation par unité de surface, les disponibilités potentielles des autres secteurs ont été déterminées après soustraction des prélèvements déjà effectués.

Dans des formations où l'implantation d'un captage est à étudier cas par cas, nous pensons qu'un tel bilan, malgré ses caractères imprécis et rudimentaires, présente une validité basée sur des résultats acquis tout au long de l'expérience des exploitants.

Secteur	Surface d'affleurement (km2)	Disponibilité potentielle m3/an	Prélèvements m3/1978	Disponibilité m3/an
35	167,25	2.498.000	2.498.000	-
37	233,25	3.483.000	1.410.000	2.082.000
38	42,50	634.000	641.976	-
39	26	380.000	320.000	-
45	163	2.434.000	356.000	2.078.000
47	14,50	213.000	91.000	124.000

Il faut signaler également les risques élevés de pollution présentés par les calcaires dévoniens en raison de l'importance de leur karst (existence de résurgences et facilité d'infiltration d'eau de surface polluée par des aiguigeois).

SECTEURS 35, 37, 38, 39, 42, 43, 44, 45, 46 et 48

NOTE RELATIVE AUX TERRAINS SCHISTO-GRESEUX DE L'ARDENNE

En dehors des calcaires carbonifères et dévoniens, le sous-sol de l'Ardenne est constitué de terrains schisto-gréseux et quartzitiques (surtout Dévonien inférieur) ou schisteux (Dévonien supérieur) : la partie superficielle de ces formations est généralement plus ou moins altérée, fissurée et supporte donc une nappe phréatique locale, de faible emmagasinement hydraulique, fortement soumise aux fluctuations climatiques.

L'eau de ces nappes est souvent captée par des drains reposant sur les niveaux supérieurs de la roche saine, à quelques mètres de profondeur : des captages par galeries donnent initialement des débits plus élevés mais le rendement diminue rapidement dans le temps et, au point de vue économique, ces galeries sont avantageusement remplacées par des batteries de puits implantés dans les zones les plus tectonisées, à perméabilité de fissures plus élevée .

Dans ce type de terrain, la méthode utilisée classiquement pour effectuer un bilan, consiste à travailler par bassin hydrographique en calculant l'évapotranspiration et en comparant celle-ci à la pluviométrie et au débit d'écoulement des rivières à la sortie du bassin ; l'application de cette méthode en Ardenne s'est révélée négative car les débits mesurés dans les rivières s'avèrent souvent nettement supérieurs à la différence - pluviométrie - moins - évapotranspiration - .

1. Bilan hydrique réalisé par l'Institut Royal Météorologique

L'Institut Royal Météorologique de Belgique publie annuellement, sous l'égide de la Commission Interministérielle de l'Eau, un annuaire hydrologique de Belgique où sont reprises les caractéristiques d'un certain nombre de bassins hydrographiques dont le cycle hydrologique n'est pas trop perturbé par l'Homme :

- bassin de l'Ourthe, jusqu'à Hamoir,
- bassin de la Mehaigne, jusqu'à Moha,

Belgique (1) cette méthode du bilan au Bassin hydrographique de la Rulles (secteurs 47 et 48), dont le sous-sol est entièrement constitué de roches schisto-gréseuses du Dévonien inférieur.
Pour la détermination de l'évapotranspiration, nous avons utilisé la méthode décrite par BONNET, DELAROZIERE-BOUILLIN, JUSSERAND et ROUX ("Calcul automatique des bilans d'eau mensuels et annuels par les méthodes de Thornthwaite et de Turc", 1970, rapport interne du B.R.G.M., 70 SGN 107 HYD) et utilisant la formule :

$$ETP = 1{,}6.(10.t/I)^{a} \cdot K$$

ETP				K
évapotranspiration potentielle mensuelle corrigée en mm	=	$1{,}6.(10.t/I)^{a}$ évapotranspiration potentielle mensuelle non corrigée en mm	.	coefficient de correction mensuel

où - t = température moyenne mensuelle ;

- I = indice thermique annuel : somme des indices mensuels calculés à partir des températures moyennes mensuelles selon la formule $i = (t/5)^{1,514}$
  Cet indice thermique est calculé sur les 12 mois précédents le mois de calcul plutôt que sur les 12 mois de l'année civile en cours. En effet, la température du mois de juillet ne pourrait avoir d'influence sur l'évapotranspiration du mois de février de la même année. Cependant, les 12 premières valeurs de l'excès de bilan, pour des raisons évidentes, seront calculées en fonction d'un indice thermique, calculé à partir des 12 premiers mois ;

- a $= 6{,}75.10^{-7} \cdot I^{3} - 7{,}71.\ 10^{-5} \cdot I^{2} + 1{,}79.\ 10^{-2} \cdot I + 0{,}49$

- K = coefficient de correction dépendant de la latitude et donné par une table.

Cinq stations de mesures climatiques ont été utilisées avec pondération par la méthode de Theissen.

---

(1) F. DERYCKE (1979), "Bilan hydrique superficiel du Sud de la Province du Luxembourg" - Rapport interne SGB - A.I.V.E.

Le tableau IV présente les résultats de ce bilan où

- Q est le débit à l'exutoire superficiel du bassin,
- Ex correspond à l'excédent (Pluviométrie moins évapotranspiration potentielle),
- RFU, épaisseur de la "zone de saturation", que l'infiltration efficace doit d'abord saturer avant d'alimenter la nappe.
- Le bilan exprimant la différence (P - Ep) par rapport à Q.

Une nouvelle fois, on constate que le terme (P - Ep) est inférieur à Q, c'est-à-dire à nouveau l'inégalité $P < Q + Ep$.

3. Bilan hydrique de la nappe aquifère de Régné

Y. COSAN ("Etude de la nappe aquifère de Régéné", Ann. Soc. Géol. Belg., t.99, pp.67-79, 1976) a effectué le bilan hydrique du petit bassin de Régné, situé sur le Plateau des Tailles entre les villages de Régné et de Fraiture (secteur 46). Le substratum de ce bassin est constitué de roches quartzitiques en gros bancs du Solmien inférieur. Le bilan effectué conduit au résultat suivant, pour la période s'étalant du 14.04.71 au 14.4.72 :

- Pluviométrie P = 876,8 mm,
- Evapotranspiration potentielle Ep,
  suivant méthode de Thornthwaite : 492 mm,
  suivant méthode de Turc = 450 mm,
- Ecoulement Q = 480 mm.

Une fois encore, on constate que l'inégalité $P < Q + Ep$ est vérifiée. Cosan suppose que l'évapotranspiration est nettement surestimée car le bassin est presque entièrement recouvert par des prairies (à 95 %) dont le pouvoir d'évapotranspiration est nettement plus faible que celui des zones boisées.

Les 3 exemples précédents montrent à l'évidence que la méthode classique du bilan hydrique ne peut être utilisée pour estimer les disponibilités aquifères contenues dans les roches

TABLEAU IV

BILAN HYDRIQUE DU BASSIN DE LA RULLES (PROVINCE DU LUXEMBOURG)

ANNEE	DEBIT	RFU = 5 mm		RFU = 15 mm		RFU = 30 mm		RFU = 100mm	
		Exc.	Bilan	Exc.	Bilan	Exc.	Bilan	Exc.	Bilan
1966	1070,0	864,9	-205,1	847,4	-222,6	831,4	-238,6	821,5	-248,5
1967	633,5	690,7	+ 57,2	679,3	+ 45,8	664,9	+ 31,4	595,0	- 38,5
1968	579,5	491,5	- 88,0	481,5	- 98,0	466,2	-113,3	437,5	-142,0
1969	506,5	529,0	+ 22,5	518,3	+ 11,8	503,2	- 3,3	433,0	- 73,5
1970	811,5	554,7	-256,8	540,3	-271,2	526,9	-284,6	597,0	-214,5
1971	417,5	405,5	- 12,0	386,4	- 31,1	361,6	- 55,9	265,0	-152,5
1972	585,3	490,7	- 94,6	472,1	-113,2	452,6	-132,7	419,0	-166,3
1973	386,8	467,0	+ 80,2	451,8	+ 65,0	437,3	+ 50,5	368,0	- 19,8
1974	683,1	798,4	+115,3	788,4	+105,3	773,4	+ 90,3	703,0	+ 19,9
1975	397,0	426,5	+ 29,5	408,8	+ 11,8	393,5	- 3,5	324,0	- 73,0
1976	328,4	442,9	+114,5	432,8	+104,4	418,4	+ 90,0	347,5	+ 19,1
1977	763,4	665,5	- 97,9	655,5	-107,9	640,6	-122,8	592,0	-156,4

schisto-gréseuses de l'Ardenne.

Nous devons donc nous baser sur l'expérience acquise afin d'estimer les disponibilités.

Les prospections effectuées avec la collaboration du Service Géologique de Belgique ces dernières années, principalement dans les Provinces du Luxembourg et de Liège, ont conduit au captage d'eau dans les terrains schisto-gréseux par des puits assez profonds de l'ordre de 100 m de profondeur (études de Thibessart, Porcheresse par exemple). L'eau captée est souvent artésienne et indépendante de l'eau superficielle (un rabattement de 30 m dans le puits de pompage induit un rabattement de moins de 50 cm dans la nappe phréatique de fissures). La méthode de prospection est principalement axée sur la recherche des zones fissurées, profondémemt tectonisées, sur de longues distances et en profondeur.
Le gros avantage de ces captages est leur relative indépendance vis-à-vis des variations climatiques et leur vulnérabilité moindre aux pollutions de surface.

La production de ces puits est de l'ordre de 300 à 500m3/jour.

En considérant une zone d'alimentation de ces captages (ou plutôt une zone de protection vis-à-vis de l'influence d'autres captages de même type) de 4 à 5 km de part et d'autre de l'ouvrage sur une largeur de 2 km, on obtient une lame d'eau captée de l'ordre de 10 mm par an.

Le tableau V donne pour les différents secteurs intéressés les disponibilités calculées à partir d'une lame d'eau de 10 mm infiltrée dans le sol et disponible pour les captages sur une année .

Cette valeur peut a priori paraître faible et conduire à une sous-estimation des disponibilités : à notre avis, ce n'est pas le cas car il faut tenir compte des contingences économiques qui limitent l'implantation des captages par puits de 300 à 500 m3/jour : difficultés de gestion et coût d'un trop grand nombre de puits répartis sur une trop grande surface.

Secteur	SUPERFICIE APPROXIMATIVE (km2)		DISPONIBILITES GLOBALES (m3/an)		PRELEVEMENTS 1978 (m3/an)		DISPONIBILITES (m3/an)
	Dévonien inf.	Dévonien sup.	Dévonien inf.	Dévonien sup.	Dévonien inf.	Dévonien sup.	
35	222,375	275,75	2.223.750	1.378.750	-	-	3.600.000
37	210,0	255,0	2.100.000	1.275.000	71.479	354.878	2.950.000
38	-	299,75	-	1.497.300	-	729.285	750.000
39	433,50	93,50	4.335.000	467.500	1.098.875	89.738	3.600.000
42	248,0	-	2.480.000	-	390.600	-	2.100.000
43	343,30 (1)		1.716.700 (1)		113.000	669.800	900.000
44	826,6 (1)		4.133.000 (1)		2.774.000	485.000	900.000
45	658,50	-	6.585,00	-	851.379	-	5.700.000
46	792,3	198,0 (2)	7.923.000	990.000 (2)	3.526.435	245.955 (2)	5.100.000
47	1.433,30	-	14.333.000	-	4.635.882	-	9.700.000
48	220,0	-	2.200.000	-	567.681	-	1.600.000

(1) Terrains dévoniens et silurien-ordovicien-cambrien et compte-tenu de la remarque 3

(2) Terrains silurien-ordovicien-cambrien et compte-tenu de la remarque 3.

A noter que la solution idéale dans les terrains schisto-gréseux de l'Ardenne consiste à un prélèvement mixte en nappe phréatique et en circulation de fissure profonde :

- période de hautes-eaux : captage de la nappe phréatique par drains ou puits peu profonds avec mise en réserve de la circulation profonde,

- période d'étiage : captage par puits profond de la circulation souterraine captive, au moment où la nappe phréatique est asséchée et très vulnérable à la pollution de surface.

Remarques sur le tableau V

1. La lame d'eau a été appliquée pour les roches schisto-gréseuses du Dévonien inférieur (Gedinnien, Siegenien, Emsien) ;
2. les roches famenniennes, essentiellement schisteuses, sont moins favorables car les produits d'altération des schistes sont argileux et colmatent les fissures ; la lame d'eau disponible pour les captages a été réduite à 5 mm ;
3. dans les secteurs 43, 44 et partiellement 46 (Massif de Stavelot principalement), les difficultés d'interprétation des résultats des prospections et les débits plus faibles obtenus (régions de Malmédy, Xhoffraix, ...) nous ont incités à réduire également la lame d'eau disponible à 5 mm par an ;
4. les estimations des surfaces couvertes par les roches du Dévonien se sont limitées au Sud du Bassin de Dinant ; entre les bandes du Calcaire Carbonifère , et plus au Nord, les disponibilités offertes par d'autres aquifères rendent effectivement les réserves des roches schisto-gréseuses peu rentables au point de vue économique.

SECTEUR ECONOMIQUE 35

THUIN - CHIMAY

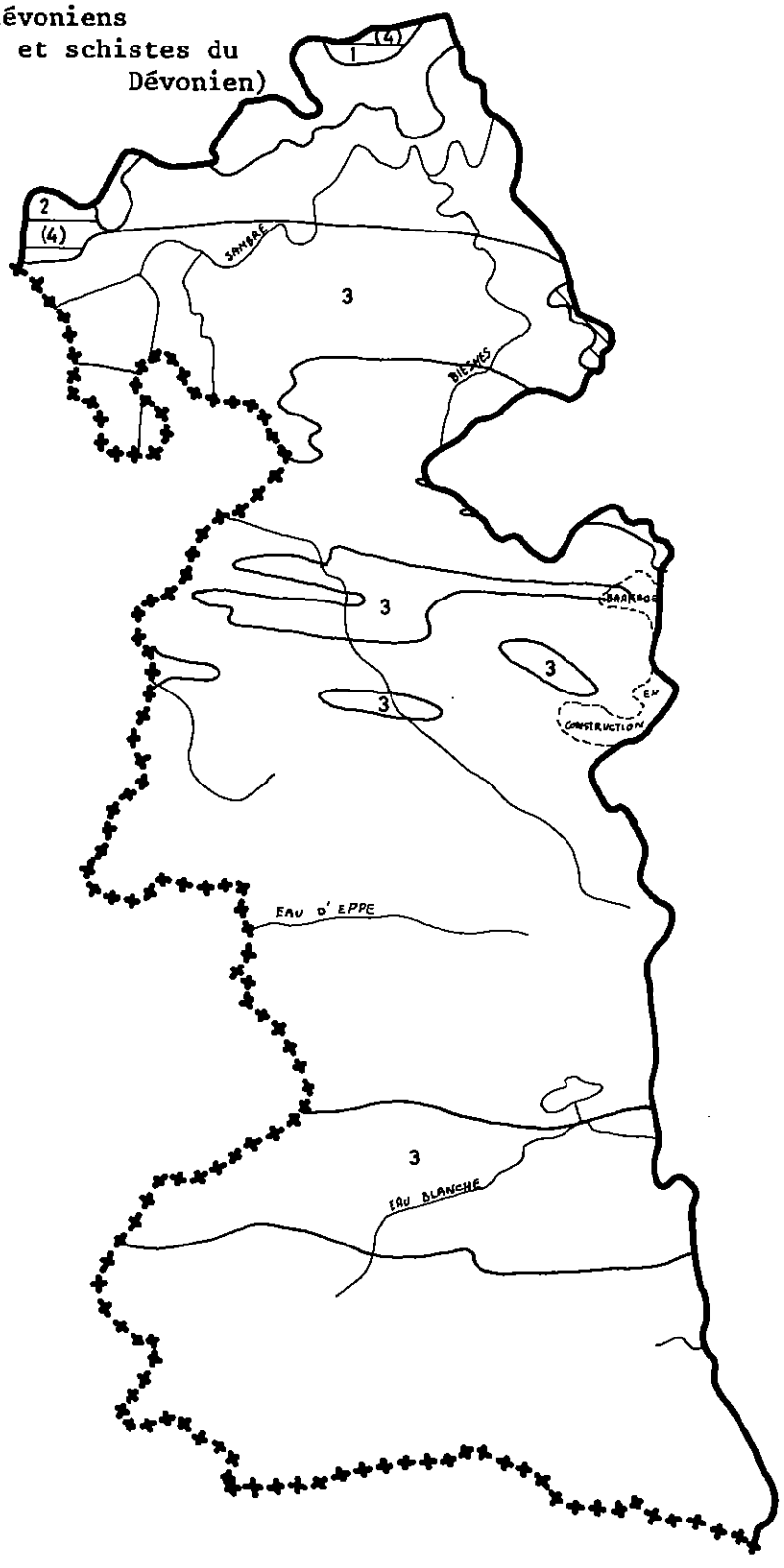
- Superficie : 68.501 hectares
- Population : 53.829 habitants

- L'extension des dépôts bruxelliens est tout à fait limitée à la partie septentrionale du secteur.

- Les calcaires dévoniens constituent la principale ressource du secteur ; leur exploitation a été prise comme référence pour le calcul des disponibilités des calcaires dévoniens du Bassin de Dinant (voir note générale) ; citons deux captages importants dans le Frasnien à Montignies-Sainte-Christophe (3.500 m3/jour) et dans le Givetien à Momignies (2.000 m^3/jour) .

- Les massifs schisto-gréseux de l'Ardenne (Dévonien inf. et sup.), représenté en blanc sur le schéma hydrogéologique du secteur 35, ne sont pas exploités et contiennent des disponibilités estimées à 3.600.000 m^3/an (voir note générale).

1. Sables bruxelliens
2. Sables landéniens
3. Calcaires dévoniens
4. Socle (grès et schistes du Dévonien)



SECTEUR ECONOMIQUE 35
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 35 — THUIN-CHIMAY (Province du Hainaut)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Sables bruxelliens	306.000			306.000
Calcaire Dévonien du Bassin de Dinant	2.390.000	108.000		2.498.000
Totaux	2.696.000	108.000		2.804.000

SECTEURS ECONOMIQUES 36, 37, 38, 40, 41, 42 et 45

NOTE RELATIVE AU CALCAIRE CARBONIFERE DU BASSIN DE DINANT

La configuration du Calcaire Carbonifère du Bassin de Dinant ne se prête pas aisément à l'exécution d'un bilan hydrique complet : aux difficultés déjà rencontrées dans la paragraphe relatif au Bord Nord du Bassin de Namur, viennent encore s'ajouter :

- la tectonique (les dépressions synclinales constituant les bassins aquifères sont parfois isolées et alors de faible capacité, mais peuvent aussi se relier entre elles et conduisent alors à de vastes bassins productifs comme ceux du Hoyoux ou du Néblon par exemple) ;
- le réseau hydrographique découpe les bandes calcaires soit longitudinalement, soit transversalement (dans ce cas, l'écart de niveau entre la vallée et la surface piézométrique atteint son maximum en bordure aval des synclinaux, ce qui constitue des endroits favorables à des prélèvements importants, surtout si des bassins étendus sont drainés) ;
- la présence de véritablesrésurgences liées à des pertes d'eau superficielle (surtout dans les calcaires viséens);
- le rôle d'écran joué par la couverture du houiller au coeur de certains synclinaux ;
- la présence de niveaux calcschisteux compartimentant l'aquifère.

Par rapport à la Meuse, le secteur oriental du Bassin de Dinant récèle les meilleurs réservoirs aquifères ; citons, par exemple, les captages par galerie recueillant les eaux de sources issues du Calcaire Carbonifère dans

- la Vallée du Hoyoux, captage de Modave (secteur 40), 21.290.000 m^3 en 1978 ;
- la Vallée du Bocq, captage de Spontin-Sovet, 8.154.000 m3,
  , captage de Crupet-Durnal, 5.774.000 m3,
  , totalisant 15.280.000 m^3 en 1978 pour le secteur 38 ;
- la Vallée du Néblon, captage d'Ouffet, 5.056.000 m^3 en 1978.

Les captages dans le Calcaire Carbonifère du Bassin de Dinant se répartissent de la manière suivante :

- secteur 36 : 11.687.000 m^3,
- secteur 37 : 6.346.000 m^3,
- secteur 38 : 12.184.000 m^3,
- secteur 40 : 23.087.000 m^3,
- secteur 41 : 7.742.000 m^3,
- secteur 42 : 142.000 m^3,
- secteur 45 : 4.809.000 m^3,

soit un total de 65.997.000 m^3 représentant 11,4 % de la production belge d'eau souterraine (ce qui classe l'aquifère en troisième position derrière le Calcaire Carbonifère du Bassin de Namur et les sables néogènes).

Pour les raisons citées auparavant, les rendements de chaque site captant varient considérablement de l'un à l'autre. Ainsi, pour le captage de Modave, les 21.290.000 m^3 sont associés à une surface de calcaires de 133,5 km2 dans le bassin hydrographique (193,7 km2) et correspondent donc à une lame d'eau captée de 159,5mm. Pour les vallées du Bocq et du Néblon, on obtient respectivement les chiffres suivants :

- Vallée du Bocq : 15.280.000 m^3 ; 72,6 km2 ; (233,4 km2) ; 210 mm ;
- Vallée du Néblon : 5.056.000 m^3; 40,2 km2 ; (76 km2) ; 121 mm .

En laissant de côté la Vallée du Bocq dont le bassin hydrographique est très étendu vis-à-vis de la surface des calcaires carbonifères, on peut, pour une première approximation prendre comme référence la lame d'eau captée dans le bassin du Hoyoux : on obtient ainsi une disponibilité de plus de 84.000.000 m3 pour une surface totale d'affleurement d'environ 530 km2 du Calcaire Carbonifère dans le Bassin de Dinant, c'est-à-dire 18.000.000 m^3 de plus que les prélèvements de 1978. Compte-tenu du supplément de production obtenu dans la Vallée du Bocq, les disponibilités atteindraient 25.000.000 m^3/an, surtout au profit des secteurs 36 et 38.

Le Calcaire Carbonifère du Massif de la Vesdre est souvent "associé" à celui du Bassin de Dinant ; les captages y atteignent seulement 472.000 m^3 et il semble que d'autres disponibilités, élevées,

doivent y exister (compte-tenu par exemple des venues d'eau dans la la mine de Moresnet-Bleiberg). Malheureusement, ces ressources ne sont connues que localement et le mécanisme de réalimentation naturelle de la nappe n'est pas encore vraiment mis à jour.

SECTEUR ECONOMIQUE 36

NAMUR

- Superficie : 117.584 hectares
- Population : 248.799 habitants (fin 1978)

- La majeure partie de la production d'eau est assurée par le Calcaire Carbonifère des bassins de Namur et de Dinant (voir notes générales - avec disponibilité du Bassin de Dinant estimée à 25.000.000 m^3/an en partage avec le secteur 38).
  Les modes de captage sont variés dans le Calcaire Carbonifère du Bassin de Dinant - anciennes carrières à Ligny (avec possibilité d'un débit de pointe de 30.000 m^3/jour),
  - ancienne mine de pyrite et de galène de Vedrin (8.500.000 m^3 en 1978),
  - captages (en cours de réalisation) à Flawinnes et Floriffoux par puits dans la nappe captive sous le recouvrement houiller (le débit sollicité lors de la demande d'autorisation du captage est de 4.000 m^3/jour). A noter l'importance de la technique d'acidification qui a permis de développer le rendement des puits, la transmissivité passant d'une valeur initiale de $3,5.10^{-4}$ m^2/sec à $4,3.10^{-4}$ m^2/sec après une première acidification et à $1,5.10^{-3}$ m^2/sec après la seconde acidification.

- La nappe du thalweg de la Meuse est également fortement sollicitée pour la distribution publique d'eau (Jambes, 13.000 m^3/j et Beez, 6.000 m^3/j) ou pour des besoins industriels dans la région d'Ardenne.

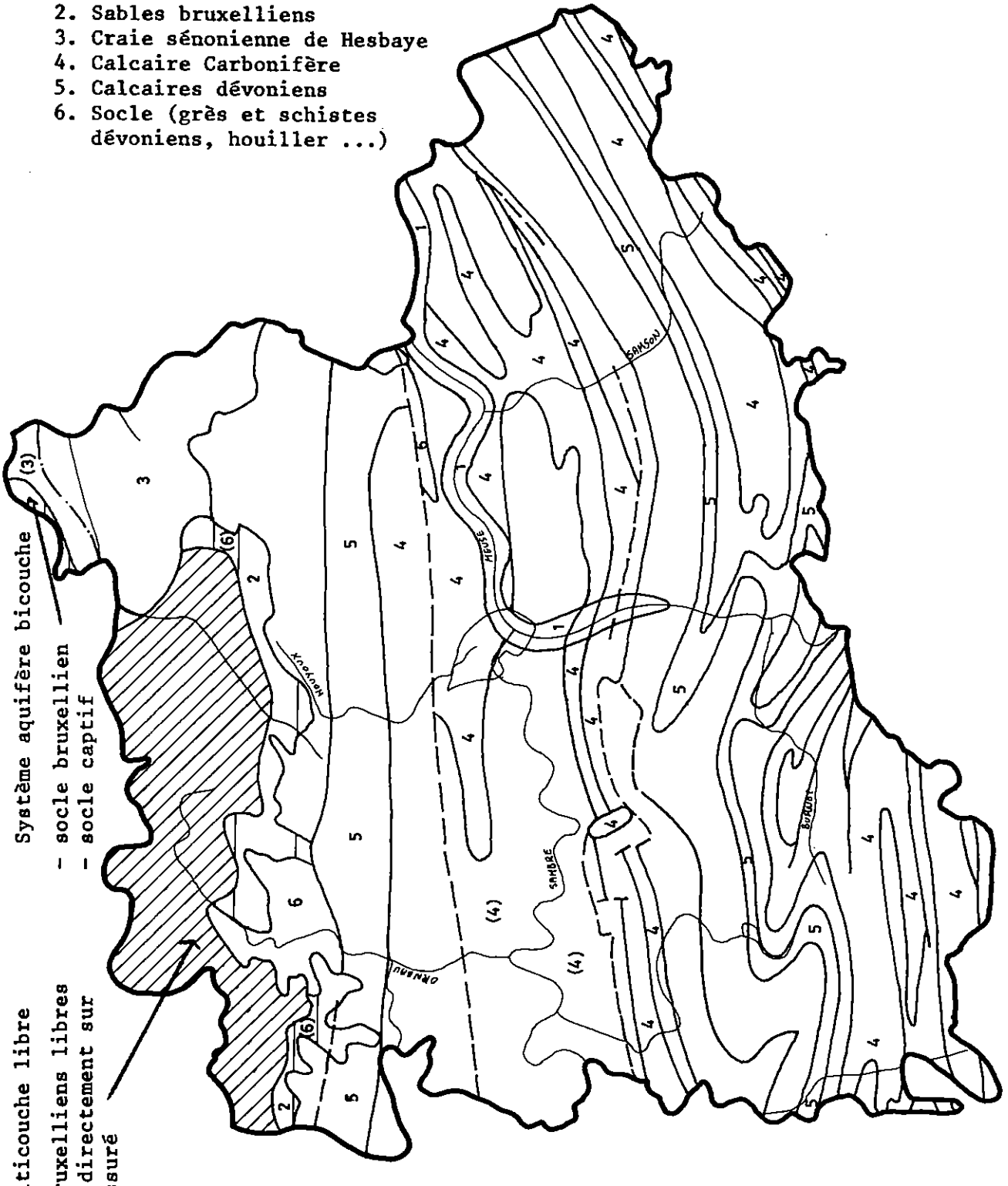
- A noter le captage de Saint-Martin dans les calcaires dévoniens du Bassin de NAMUR : captage de l'eau par un puits qui atteint la base de carrières abandonnées de marbre noir frasnien ; le débit de pointe des captages peut atteindre 22.000 m^3/jour, avec un débit permanent de l'ordre de 5.000 m^3/jour possible.

- Sur le schéma hydrogéologique du secteur 36, les massifs schisto-gréseux du Bassin de Dinant ou le Houiller sont représentés en blanc,

sans indication de numéro de référence.

- Caractéristiques hydrodynamiques :
  - sables bruxelliens (Ernage) : $T = 8,9.10^{-4}$ m^2/sec ;
  - dépôts pléistocènes de la Meuse (Sclayn) : $T = 1.10^{-2}$ m^2/sec ;
  - Calcaire Carbonifère (Moustier) : $T = 5.10^{-3}$ m^2/sec ;
    (Florée) : $T = 6.10^{-3}$ m^2/sec ;
    (Flawinne - Floriffoux): $T = 3,5.10^{-4}$ m^2/sec ;
    $T = 4,0.10^{-2}$ m^2/sec .

1. Dépôts pléistocènes (thalweg Bassin de la Meuse)
2. Sables bruxelliens
3. Craie sénonienne de Hesbaye
4. Calcaire Carbonifère
5. Calcaires dévoniens
6. Socle (grès et schistes dévoniens, houiller ...)



SECTEUR ECONOMIQUE 36
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 36 — NAMUR (Province de Namur)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Pleistocène (Alluvions de la Meuse)	7.747.115	822.350		8.569.465
Pleistocène (Alluvions sauf Meuse)	470.808	82.834		553.642
Sables bruxelliens		155.004		155.004
Crétacé de Hesbaye		114.674		114.674
"Houiller"	277.108	189.924		467.032
Calcaire Carbonifère Bassin de Namur	16.466.267	2.206.940		18.673.207
Calcaire Carbonifère Bassin de Dinant	11.520.698	166.214		11.686.912
Calcaire Dévonien Bassin de Namur		1.138.765		1.138.765
Calcaire Dévonien Bassin de Dinant	73.668			73.668
Famennien (1)	276.190	14.251		290.441
Frasnien (1)	200	34.520		34.720
Emsien (1)	97.434	19.128		116.562
Siegenien (Coblencien) (1)	220.250	3.000		223.250
Siegenien (Burnotien) (1)	7.000	11.589		18.589
Gedinnien (1)		150		150
Silurien-Ordovicien-Cambrien (2)	49.867	168.841		218.708
Totaux	37.206.605	5.128.184		42.334.789

(1) Massifs schisto-gréseux de l'Ardenne

(2) Socle de l'Ardenne

SECTEUR ECONOMIQUE 37

PHILIPPEVILLE - COUVIN

- Superficie : 92.334 hectares
- Population : 56.872 habitants (fin 1978)

- Le Calcaire Carbonifère du Bassin de Dinant assume la majeure partie des prélèvements du secteur 37 ; citons le captage dans le bassin hydrographique du Ruisseau d'Yves : 3.070.000 m^3 en 1978 pour un bassin de 8.800 hectares, avec une surface calcaire de 2.750 ha (ce qui correspond à une lame d'eau de 111 mm).

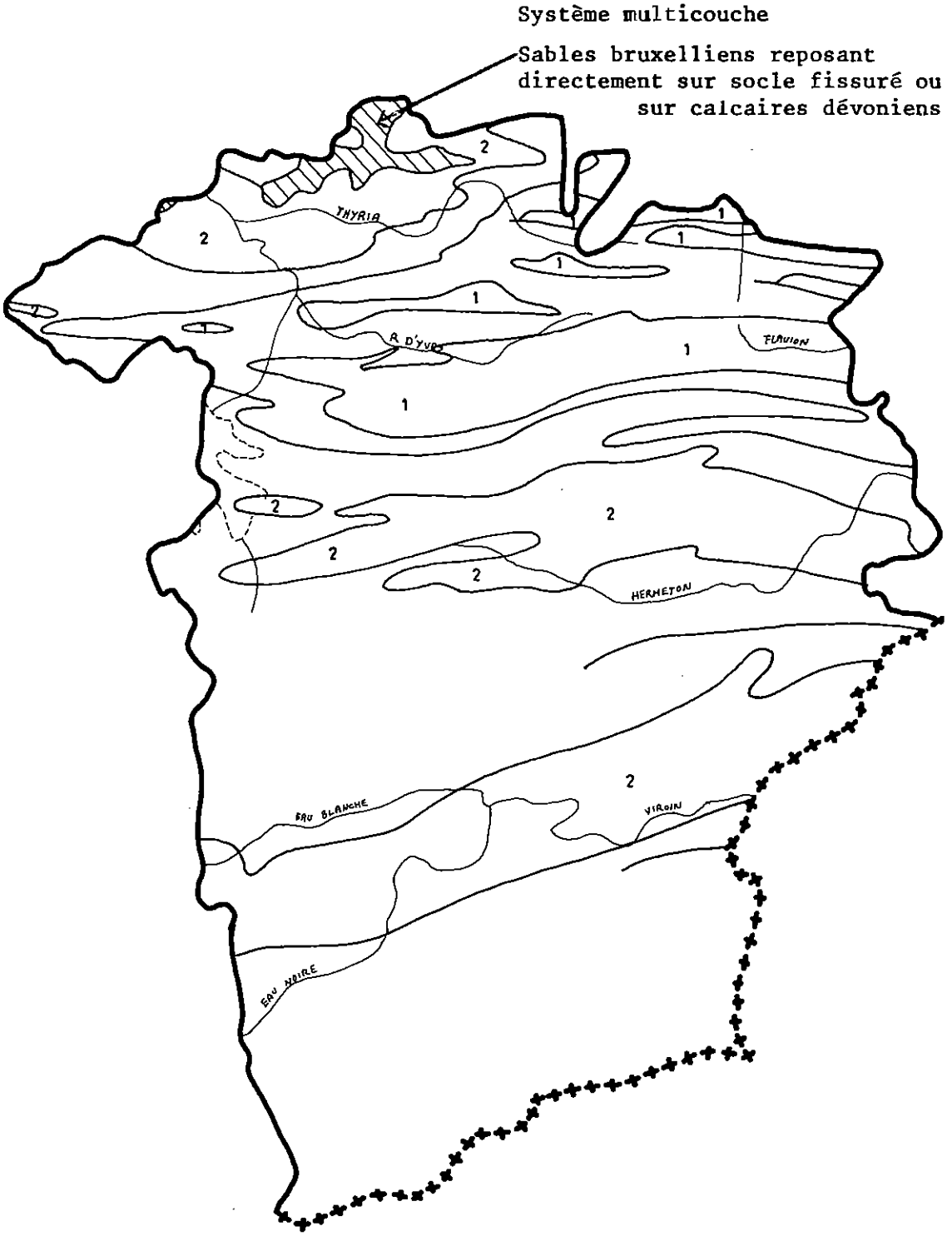
- Suivant la note générale, les calcaires dévoniens présentent une disponibilité de plus de 2.000.000 m^3/an.

- Les terrains schisto-gréseux (représentés en blanc sur le schéma hydrogéologique du secteur 37) possèdent quant à eux une disponibilité de 2.950.000 m^3 (voir note générale).

- Signalons le captage d'eau dans les alluvions de quelques petites rivières (La Tyria, la Valette et l'Eau Noire) totalisant 718.000m3.

- Caractéristiques hydrodynamiques
  - Calcaire Carbonifère - Walcourt : $T = 12.10^{-3}$ m^2/sec
    - Florennes: $T = 4.10^{-3}$ m^2/sec.
  - Massifs schisto-gréseux-Couvin : $T = 15.10^{-5}$ m^2/sec.

1. Calcaire Carbonifère
2. Calcaires dévoniens



SECTEUR ECONOMIQUE 37
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 37 — PHILIPPEVILLE - COUVIN (Province de Namur)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Pleistocène (Alluvions sauf Meuse)	714.184	4.500		718.684
Calcaire Carbonifère Bassin de Dinant	6.321.325	24.889		6.346.214
Calcaire Dévonien Bassin de Dinant	970.319	73.078		1.043.397
Famennien	349.848	4.500		354.348
Frasnien	226.715	36.428		263.143
Couvinien	103.441			103.441
Siegenien (Burnotien)	38.475			38.475
Gedinnien	33.004			33.004
Totaux	8.757.311	143.395		8.900.706

SECTEUR ECONOMIQUE 38

DINANT - CINEY

- Superficie : 101.636 hectares
- Population : 64.310 habitants (fin 1978)

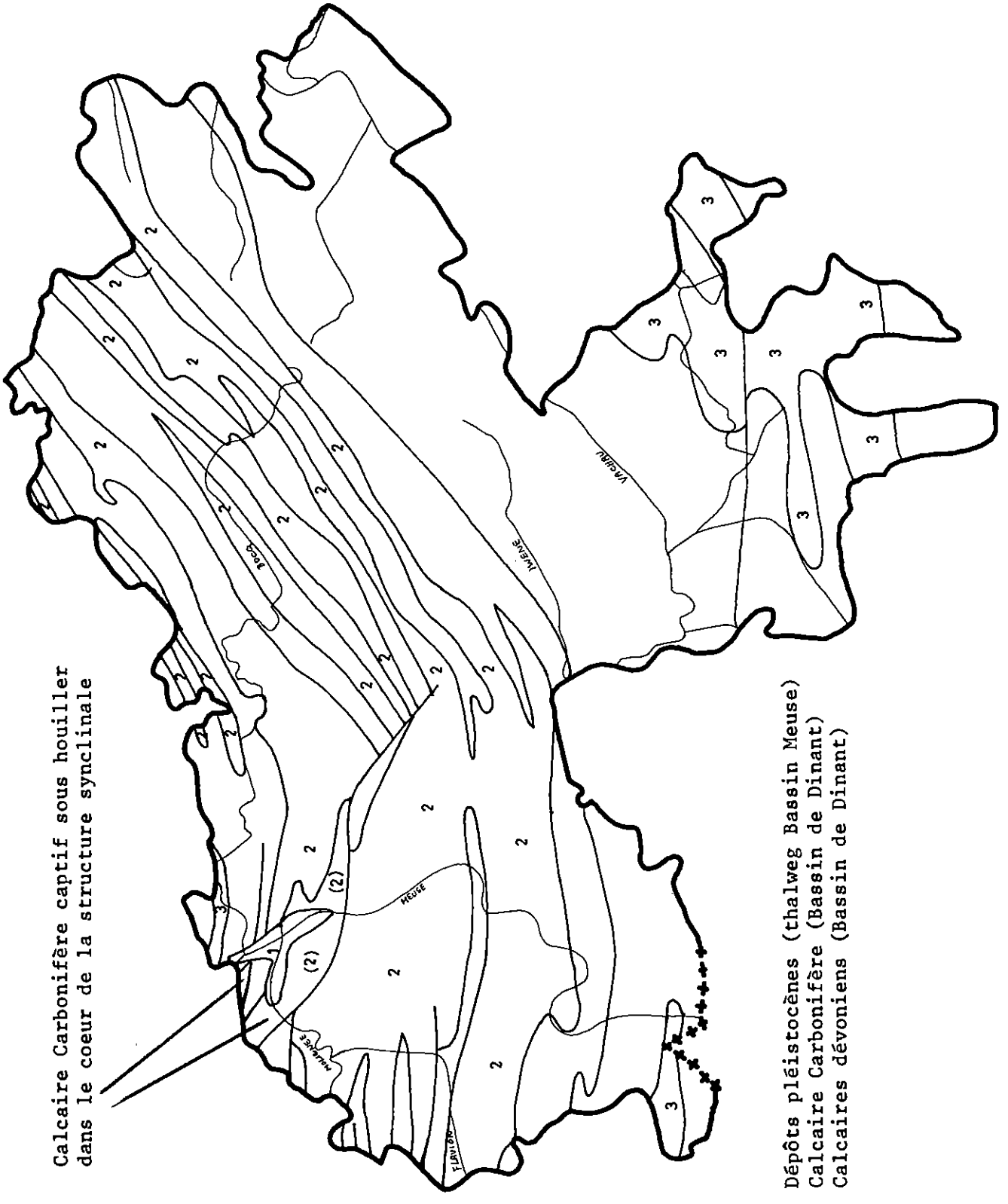
- Une nouvelle fois, le Calcaire Carbonifère du Bassin de Dinant produit la plus grande partie des débits prélevés dans le secteur 38 ; d'après la note générale, une disponibilité de l'ordre de 40.000.000 de m^3 pourrait être disponible en partage avec le secteur 36.

- Des captages existent également dans le thalweg de la Meuse : Anseremme (plus ou moins 800 m^3/jour) et Yvoir (non productif en 78 mais ayant livré près de 7.000.000 m^3 en 1979).

- Les calcaires dévoniens présentent une surface d'affleurement très réduite et sont sans doute déjà exploités à leur limite de production.

- Enfin, les terrains schisto-gréseux de l'Ardenne (représentés en blanc sur le schéma hydrogéologique du secteur 38) contiennent, d'après l'estimation de la note générale, une disponibilité de l'ordre de 750.000 m^3/an.

- Caractéristiques hydrodynamiques
  - Calcaire Carbonifère - Ciney : $T = 7.10^{-3}$ m^2/sec.
  - Massifs schisto-gréseux - Baillonville : $T = 23.10^{-5}$ m^2/sec.



SECTEUR ECONOMIQUE 38
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 38 — DINANT - CINEY - ROCHEFORT (Province de Namur)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Pleistocène (Alluvions Meuse)	279.308	10.250		289.558
Pleistocène (Alluvions sauf Meuse)	197.309	200		197.509
Calcaire Carbonifère Bassin de Dinant	12.160.367	23.200		12.183.567
Calcaire Dévonien Bassin de Dinant	58.552			58.552
Famennien	726.405	2.880		729.285
Frasnien	98.796	350.673		449.469
Couvinien	133.955			133.955
Toteaux	13.654.692	387.203		14.041.895

SECTEUR ECONOMIQUE 39

BEAURAING - GEDINNE

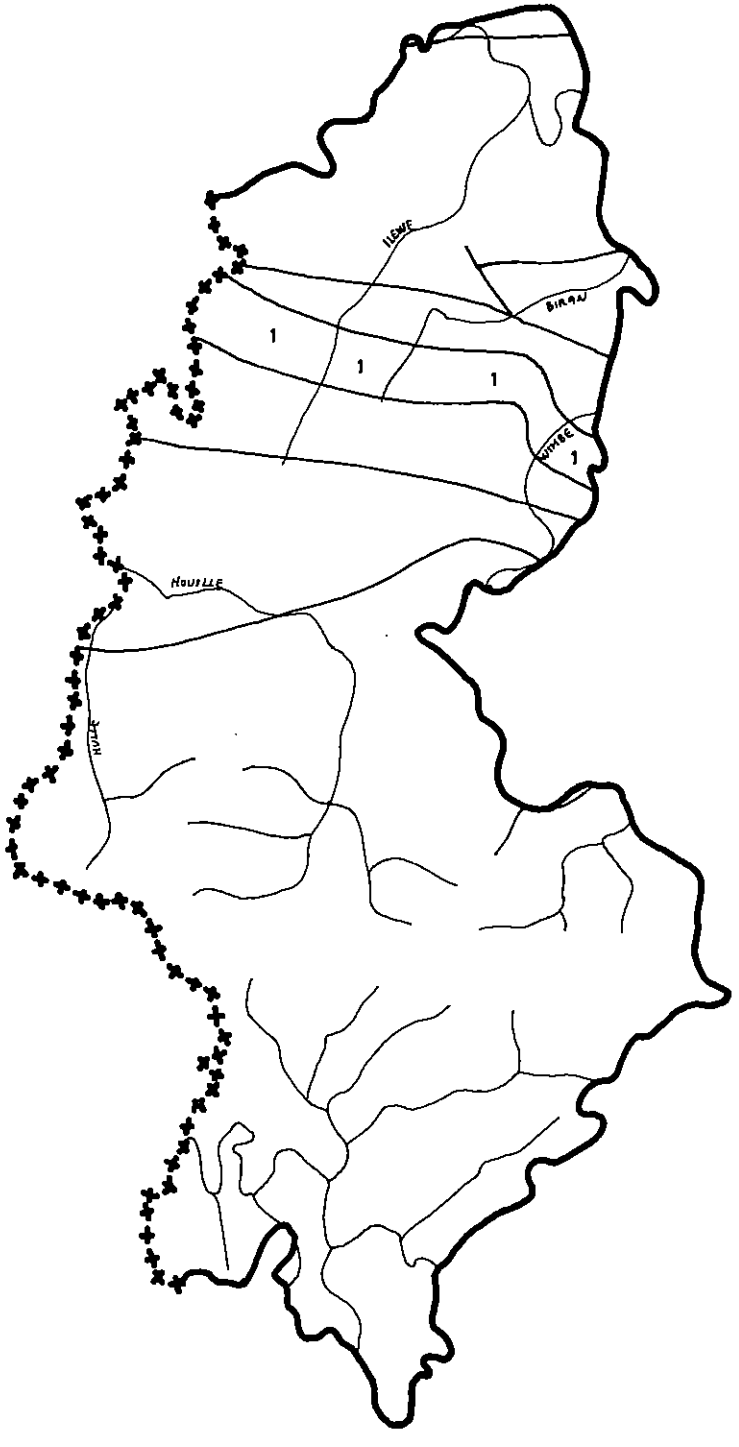
- Superficie : 55.316 hectares
- Population : 18.496 habitants (fin 1978)

- Les calcaires dévoniens du Bassin de Dinant ont une faible extension géographique sur le territoire du secteur 39 et leur exploitation atteint la limite de productivité de l'aquifère.

- Par contre, les massifs schisto-gréseux de l'Ardenne présentent une disponibilité de 3.600.000 m^3/an d'après la note générale (ils sont représentés en blanc sur le schéma hydrogéologique du secteur 39).

- Notons encore des captages peu importants dans les alluvions de la Semois.

1. Calcaires dévoniens du Bassin de Dinant



SECTEUR ECONOMIQUE 39
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 39 — BEAURAING-GEDINNE (Province de Namur)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Alluvions (sauf Meuse)	84.730	700		85.430
Calcaire Dévonien Bassin de Dinant	207.079			207.079
Famennien	85.250	4.488		89.738
Frasnien	51.100			51.100
Couvinien	62.050			62.050
Siégenien (Coblencien)	278.550			278.550
Gedinnien	820.325			820.325
Totaux	1.589.084	5.188		1.594.272

SECTEURS ECONOMIQUES 40 et 41

40. HUY - WAREMME

- Superficie : 106.292 hectares
- Population : 148.688 habitants (fin 1978)

41. LIEGE

- Superficie : 81.163 hectares
- Population : 630.434 habitants (fin 1978)

Les secteurs 40 et 41 sont caractérisés dans leur partie septentrionale par l'importante nappe aquifère des craies du Plateau de Hesbaye qui alimente notamment l'agglomération liégeoise.

Les captages s'effectuent surtout par galeries profondes, disposées en majeure partie perpendiculairement à la pente générale de la nappe et permettant d'amener l'eau vers Liège par simple gravité.

Le réseau actuel des galeries (dont le tracé est figuré sur la carte n°2 - "Hydrogéologie" - du bilan de synthèse) atteint 47 km et, compte-tenu de l'augmentation des besoins de la Ville de Liège, une extension à 67 km est prévue.

Esquisse du bilan de la nappe de Hesbaye
(d'après A. Monjoie, 1967)

Dans le bassin hydrogéologique de la Hesbaye (350 km2), il est possible d'établir l'équation classique liant la pluviosité, l'évapotranspiration, le débit des captages et d'exutoires et la variation des réserves. Entre 1950 et 1965, le bilan s'écrit de la manière suivante :

- pluviosité moyenne : 740 mm,
- évapotranspiration moyenne 525 mm (d'après données lysimétriques, corroborées par les calculs suivant la formule de Turc),

- débit moyen de Geer : 120 mm,
- captages : 65 mm,
- relèvement du niveau de la nappe de 5 m sur l'ensemble du bassin, ce qui correspond à une lame d'eau de 15mm pour une porosité moyenne de 5%,

$$P = E + Q_{GEER} + Q_{captages} + \Delta_{accumulation} + Pertes$$

ou 740 = 525 + 120 + 65 + 15 + 15 , les 15 mm de pertes correspondent à la quantité d'eau souterraine s'écoulant sous le Geer, quantité qui doit effectivement être faible car la nappe devient captive avec une fissuration nettement réduite.
A cette époque, les captages prélevaient environ 30% de l'eau infiltrée.

Actuellement, les captages atteignent un total de 24.012.000 m3. En conservant 50% du débit du Geer (observé durant la période 1950 à 1965), on obtient une disponibilité de l'ordre de 27 mm, correspondant à un volume d'eau de 9.450.000 m3 à répartir sur les secteurs 40 et 41.

- A noter, dans le secteur 40, l'important captage de Modave dans le Calcaire Carbonifère du Bassin de Dinant qui, à lui seul, fournit plus de 21.000.000 m3 à la Compagnie Intercommunale Bruxelloise des Eaux.

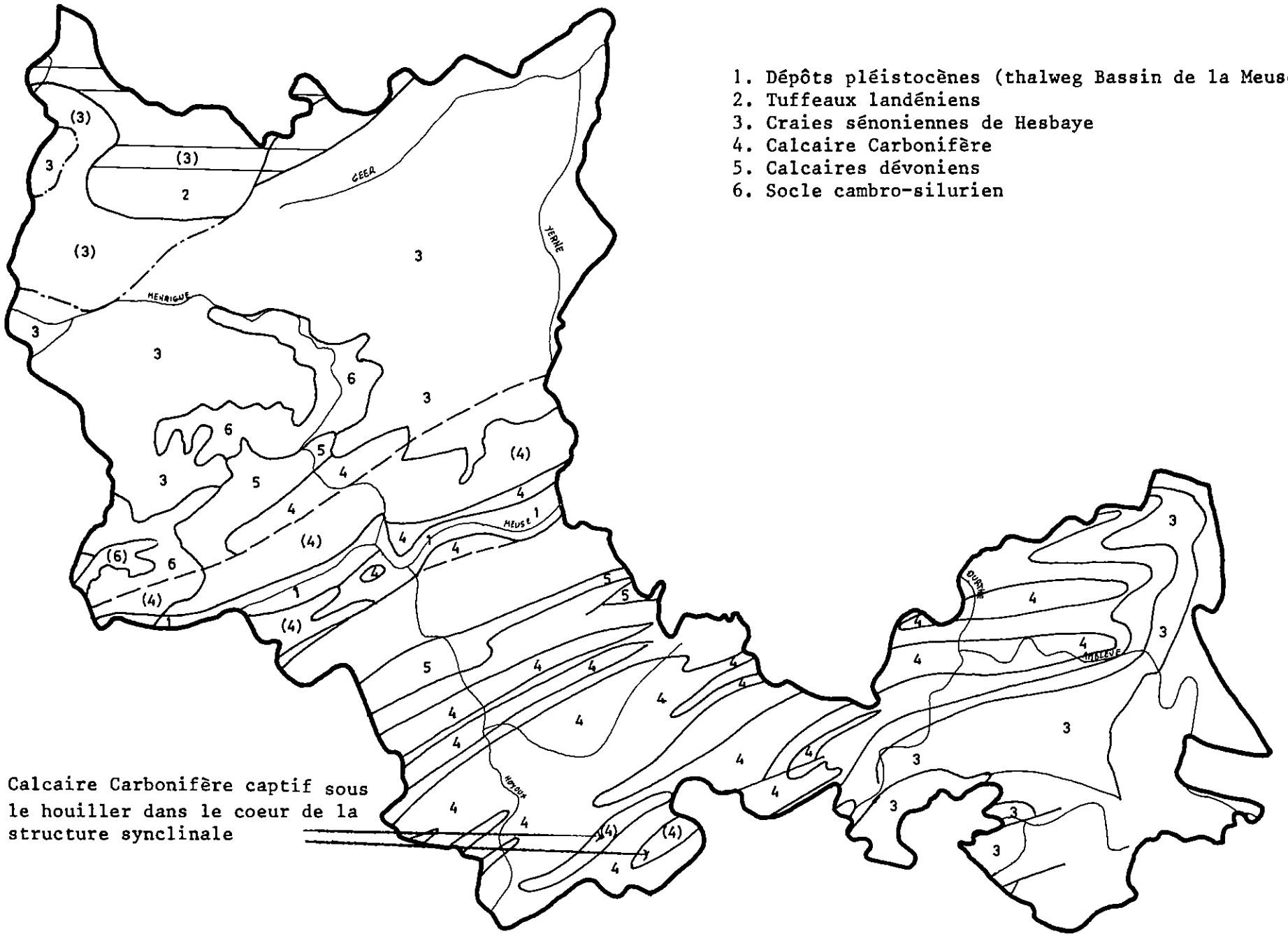
- Dans le secteur 40, une part importante de l'alimentation en eau est fournie par la nappe alluviale du thalweg de la vallée de la Meuse. Cette nappe est alimentée par :
  - le ruissellement des coteaux,
  - la percolation d'eau du Fleuve,
  - des courants per ascensum en provenance notamment du Calcaire Carbonifère sous-jacent à la vallée.

Citons les captages de Ben-Ahin (capacité maximum de près de 30.000 m3/jour), d'Amay (4.000 m3/j) et d'Haccourt (900 m3/j). Dans les agglomérations de Huy, Seraing et Liège, l'industrie utilise la nappe des alluvions mosanes en captant des débits importants d'eau de qualité moyenne grâce à la bonne réalimentation du fleuve.

- Signalons enfin, au centre du secteur 41, des dépôts sableux reposant sur le socle fissuré et formant avec celui-ci un aquifère représenté sur la carte 1 du bilan de synthèse en multicouche.

SECTEUR ECONOMIQUE 40

ECHELLE 1/250.000



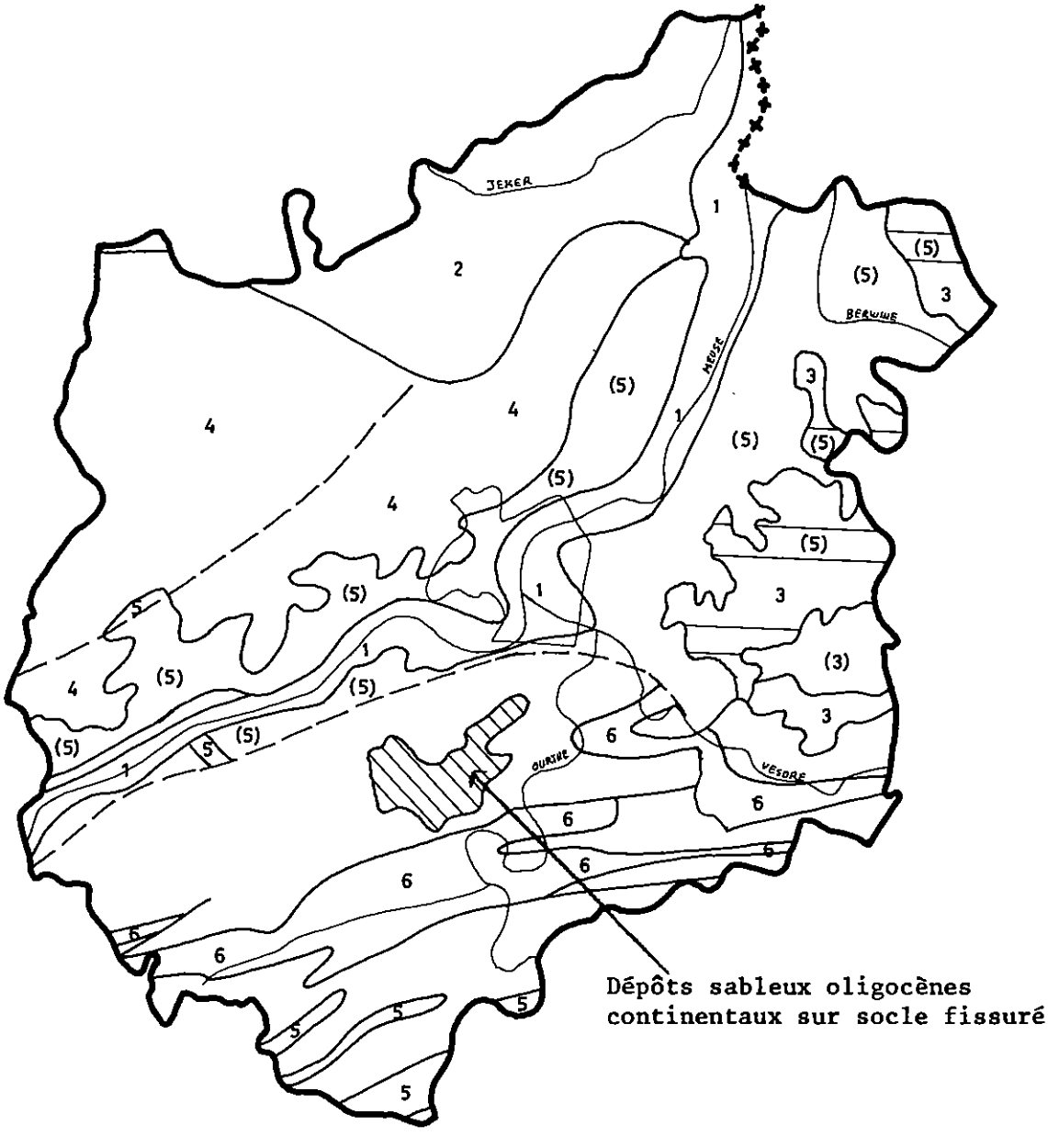
1. Dépôts pléistocènes (thalweg Bassin de la Meuse)
2. Tuffeaux landéniens
3. Craies sénoniennes de Hesbaye
4. Calcaire Carbonifère
5. Calcaires dévoniens
6. Socle cambro-silurien

SECTEUR ECONOMIQUE 40

HUY - WAREMME (Province de Liège)

Pleistocène (Alluvions de la Meuse)	3.080.170	10.401.223		13.481.393
Pleistocène (Alluvions sauf Meuse)	248.000	12.000		260.000
Crétacé de Hesbaye	11.541.688	1.286.000		12.827.688
Calcaire Carbonifère Bassin de Namur	410.000	2.000		412.000
Calcaire Carbonifère Bassin de Dinant	23.023.004	64.000		23.087.004
Calcaire Dévonien Bassin de Dinant	710.680			710.680
Famennien	674.000			674.000
Frasnien	163.000			163.000
Emsien-Siégenien	74.000			74.000
Gedinnien	148.000			148.000
Silurien-Ordovicien-Cambrien	23.000			23.000
Totaux	40.095.542	11.765.223		51.860.765

1. Dépôts pléistocènes (thalweg Bassin de la Meuse)
2. Tuffeaux maastrichtiens
3. Crétacé du Pays de Herve
4. Craie sénonienne de Hesbaye
5. Calcaire Carbonifère
6. Calcaires dévoniens



SECTEUR ECONOMIQUE 41
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 41

LIEGE (Province de Liège)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Pleistocène (Alluvions Meuse)	111.000	699.000		810.000
Pleistocène (Alluvions sauf Meuse)	139.000	506.000		645.000
Crétacé du Pays de Herve	78.000	12.000		90.000
Crétacé de Hesbaye	10.862.310	8.000		10.870.310
"Houiller"	45.000	175.000		220.000
Calcaire Carbonifère Bassin de Dinant	7.742.000			7.742.000
Famennien	148.000	82.000		230.000
Frasnien	163.000			163.000
Emsien - Siegenien	165.000			165.000
Siegenien (Burnotien)	30.000			30.000
Toteaux	19.483.310	1.482.000		20.965.310

SECTEUR ECONOMIQUE 42

VERVIERS

- Superficie : 82.305 hectares
- Population :184.315 habitants (fin 1978)

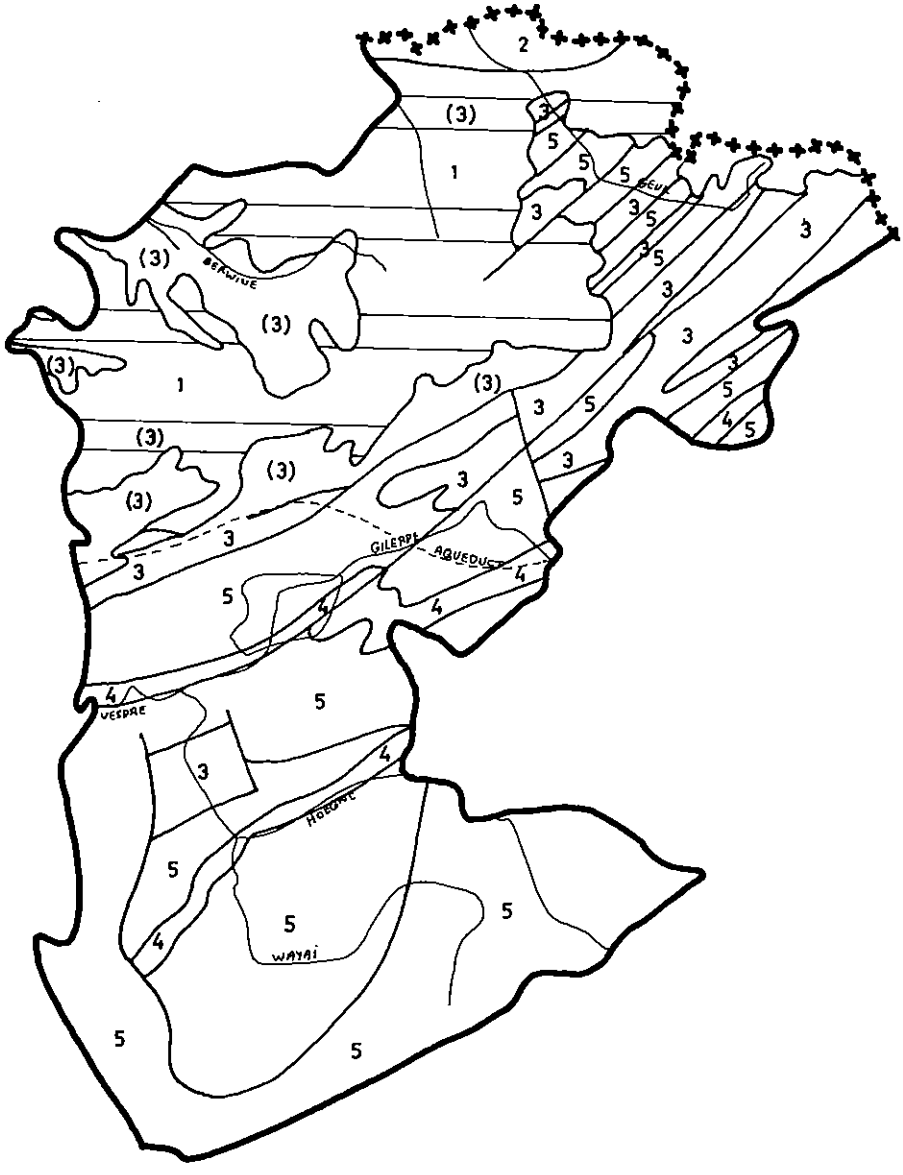
- Les ressources du secteur 42 sont partagées entre plusieurs aquifères. Le Crétacé du Pays de Herve donne lieu à un grand nombre de sources dans les échancrures crées par le réseau hydrographique : ces sources sont exploitées pour les besoins locaux.
  L'épaisseur fissurée, et donc productive des craies, ne dépasse pas 20 m. D'après Gulinck (1966), on peut prendre en considération un rendement de l'ordre de 0,65 m^3/hectare/jour.
  Les craies couvrent 95 km2, ce qui correspond à une disponibilité globale de 2.230.000 m^3/an. Compte-tenu des prélèvements, 832.000 m^3 en 1978, la disponbilité peut être estimée à 1.400.000 m^3/an.

- A noter une disponibilité de 2.100.000 m^3/an dans les terrains schisto-gréseux du Dévonien et du Silurien-Ordovicien-Cambrien (voir note générale).

- Les calcaires carbonifères du Massif de la Vesdre récèlent certainement des disponibilités supplémentaires.

- Transmissivité du terrain schisteux : $T = 3.10^{-4}$ m^2/sec (Hergenrath).

1. Crétacé du Pays de Herve
2. Sables d'Aix-la-Chapelle
3. Calcaire Carbonifère
4. Calcaire dévoniens
5. Massifs schisto-gréseux (Dévonien et Cambrien)



SECTEUR ECONOMIQUE 42
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 42

VERVIERS-EUPEN (Province de Liège)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Crétacé du Pays de Herve	538.000	204.000		742.000
"Houiller"	2.000			2.000
Calcaire Carbonifère Bassin de Dinant	136.000	6.000		142.000
Calcaire Carbonifère Vesdre-Theux	476.000			476.000
Calcaire Dévonien Vesdre-Theux	313.200			313.200
Famennien	1.120.000	130.000		1.250.000
Emsien - Siegenien (Coblencien)	260.000			260.000
Siegenien (Burnotien)	52.600			52.600
Gedinnien	78.000			78.000
Silurien - Ordovicien - Cambrien	263.000	292.000		555.000
Totaux	3.238.800	632.000		3.870.800

SECTEURS ECONOMIQUES 43 et 44

43. STAVELOT

- Superficie : 34.334 hectares
- Population : 13.158 habitants (fin 1978)

44. MALMEDY - SAINT-VITH

- Superficie : 82.664 hectares
- Population : 42.928 habitants (fin 1978)

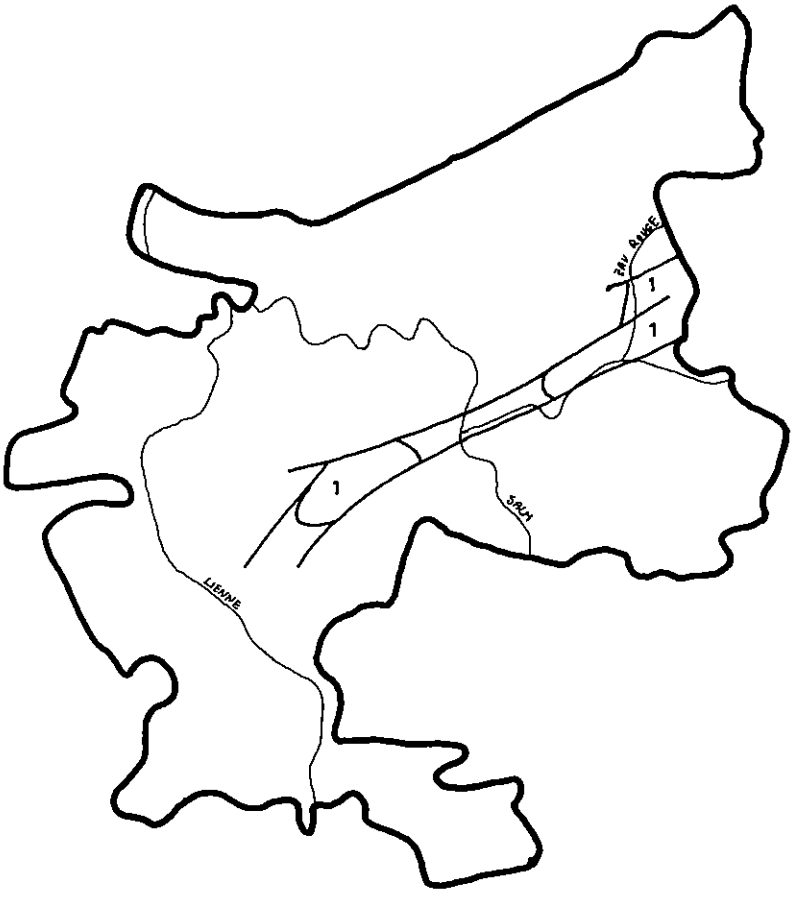
- La presque totalité des ressources en eau est fournie par les massifs schisto-gréseux de l'Ardenne (représentés en blanc sur le schéma hydrogéologique des secteurs 43 et 44) : d'après la note générale, ils seraient susceptibles de disponibilités de l'ordre de 900.000 m^3/an pour chacun des deux secteurs.

- A noter que la nappe aquifère du Poudingue de Malmédy est très peu exploitée mais aussi mal connue : il n'est pas possible, dans l'état actuel des connaissances, de déterminer ses disponibilités éventuelles.

- Le Plateau des Hautes-Fagnes s'étend sur 260 km^2 dont 25 km^2 de fagnes tourbeuses recueillant l'eau de ruissellement ; il faut se garder de trop drainer le terrain afin de ne pas assécher les tourbes dont la structure favorable serait alors détruite.

- Caractéristiques hydrodynamiques (secteur 44)
  - Massifs schisto-gréseux : Xhoffraix : $T = 5.10^{-3}$ m^2/sec
    Lonfaye : $T = 3.10^{-5}$ m^2/sec.

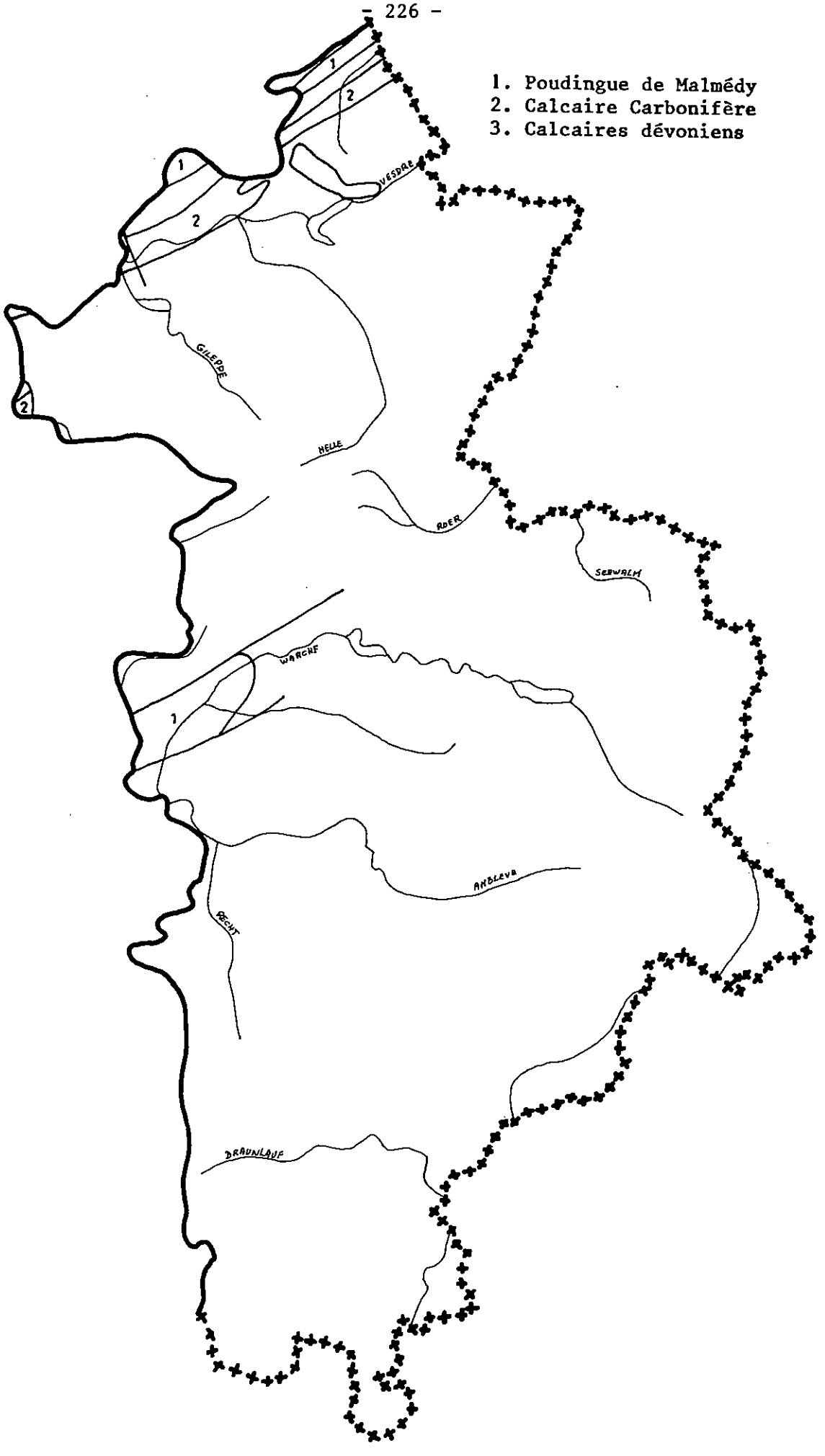
1. Poudingue de Malmédy



SECTEUR ECONOMIQUE 43
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 43 STAVELOT (Province de Liege)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Poudingues Permien	11.000			11.000
Gedinnien	90.000	23.000		113.000
Silurien - Ordovicien - Cambrien	669.800			669.800
Totaux	770.800	23.000		793.800



SECTEUR ECONOMIQUE 44
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 44 — MALMEDY - SAINT-VITH - HAUTES FAGNES - EIFEL (Province de Liège)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Pleistocène (Alluvionssauf Meuse)		1.462.000		1.462.000
Poudingues permiens	78.000	7.000		85.000
Famennien	3.000			3.000
Emsien - Siegenien	2.754.000	20.000		2.774.000
Silurien - Ordovicien - Cambrien	482.000			482.000
Totaux	3.317.000	1.489.000		4.806.000

SECTEUR ECONOMIQUE 45

MARCHE-EN-FAMENNE

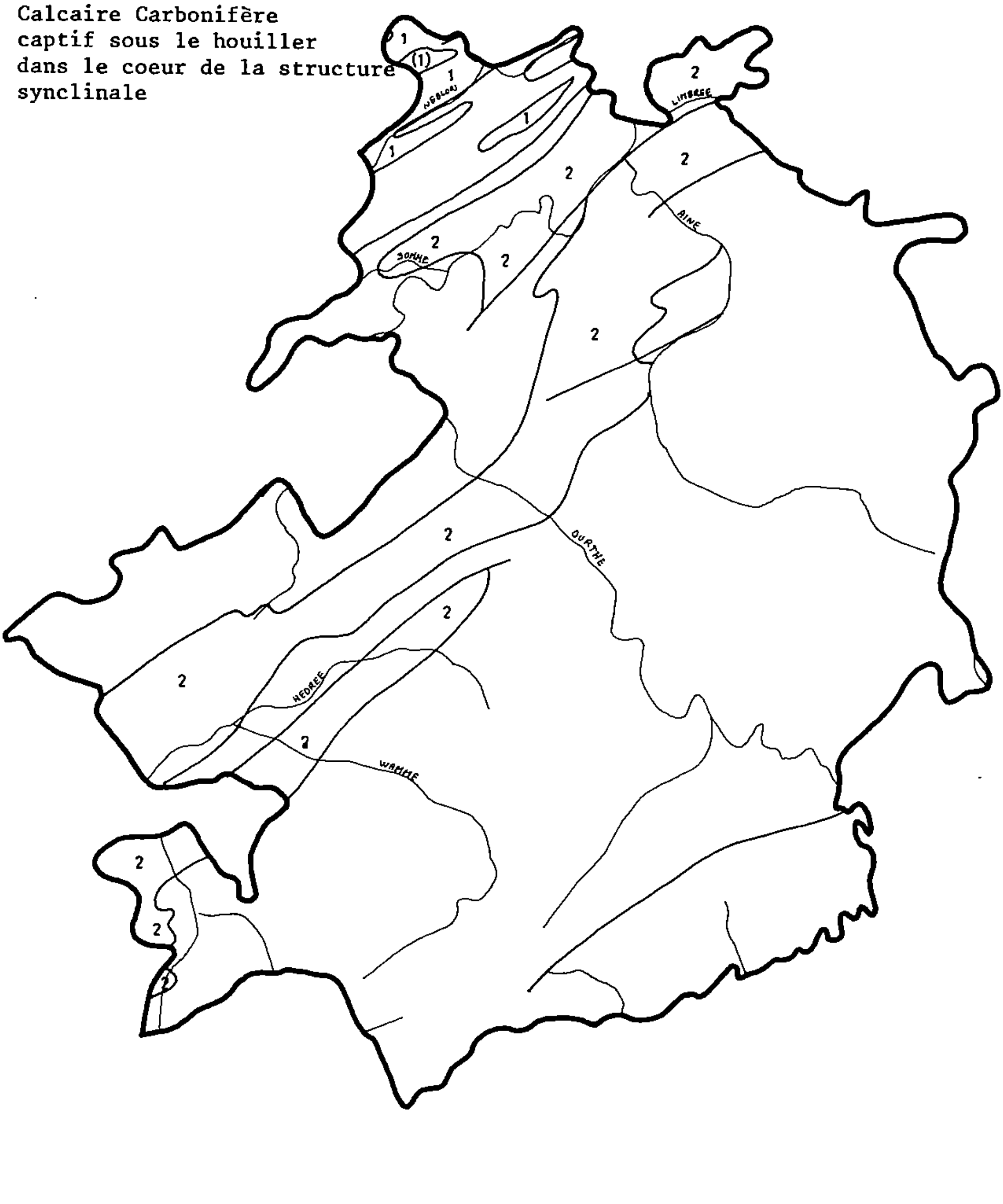
- Superficie : 93.679 hectares
- Population : 40.114 habitants (fin 1978)

- Les calcaires carbonifères du Bassin de Dinant constituent l'aquifère le plus productif de ce secteur : ils fournissent près de 5.000.000 m^3/an et présentent des disponibilités supplémentaires de 2.100.000 m^3/an (voir note générale).

- Les massifs schisto-gréseux de l'Ardenne (représentés en blanc sur le schéma hydrogéologique du secteur 45) sont assez peu exploités et pourraient encore fournir 5.700.000 m^3.

- Transmissivité des massifs schisto-gréseux à Tenneville : $T = 1.10^{-4}$ m^2/sec.

1. Calcaire Carbonifère
2. Calcaire dévoniens



SECTEUR ECONOMIQUE 45
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 45 — MARCHE - LAROCHE (Province du Luxembourg)

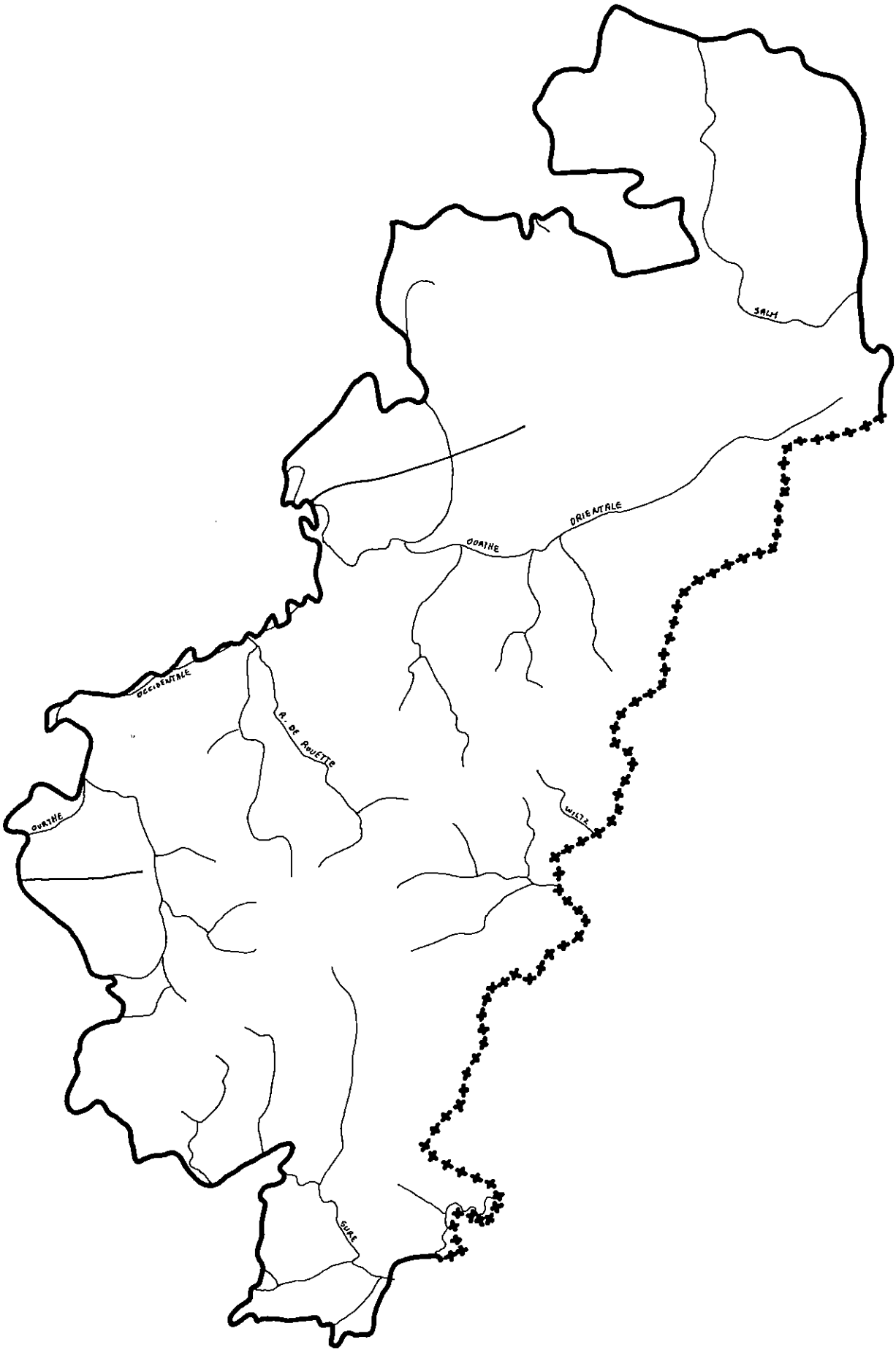
Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure	Total
Pleistocène (Alluvions sauf Meuse)	30.000			30.000
Calcaire Carbonifère Bassin de Dinant	4.808.823			4.808.823
Calcaire Dévonien Bassin de Dinant	88.600			88.600
Famennien	107.915			107.915
Couvinien	194.786	62.639		267.425
Emsien - Siegenien	549.837	23.312		573.149
Gedinnien	278.320			278.320
Silurien - Ordovicien - Cambrien	25.550			25.550
Totaux	6.083.831	85.951		6.169.782

SECTEUR ECONOMIQUE 46

BASTOGNE

- Superficie : 99.039 hectares
- Population : 34.548 habitants (fin 1978)

- Les ressources aquifères de ce secteur sont entièrement contenues dans les massifs schisto-gréseux de l'Ardenne : d'après la note générale, ceux-ci présenteraient encore des disponibilités de l'ordre de 5.100.000 m^3/an.
  $T = 3.10^{-4}$ m^2/sec à Houffalize dans les couches fissurées du Gedinnien.



SECTEUR ECONOMIQUE 46
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 46

BASTOGNE (Province du Luxembourg)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Couvinien	167.219			167.219
Emsien - Siegenien (Coblencien)	1.215.912	15.375		1.231.287
Gedinnien	2.295.148			2.295.148
Silurien - Ordovicien - Cambrien	156.400	89.555		245.955
Totaux	3.834.679	104.930		3.939.609

SECTEUR ECONOMIQUE 47

NEUFCHATEAU

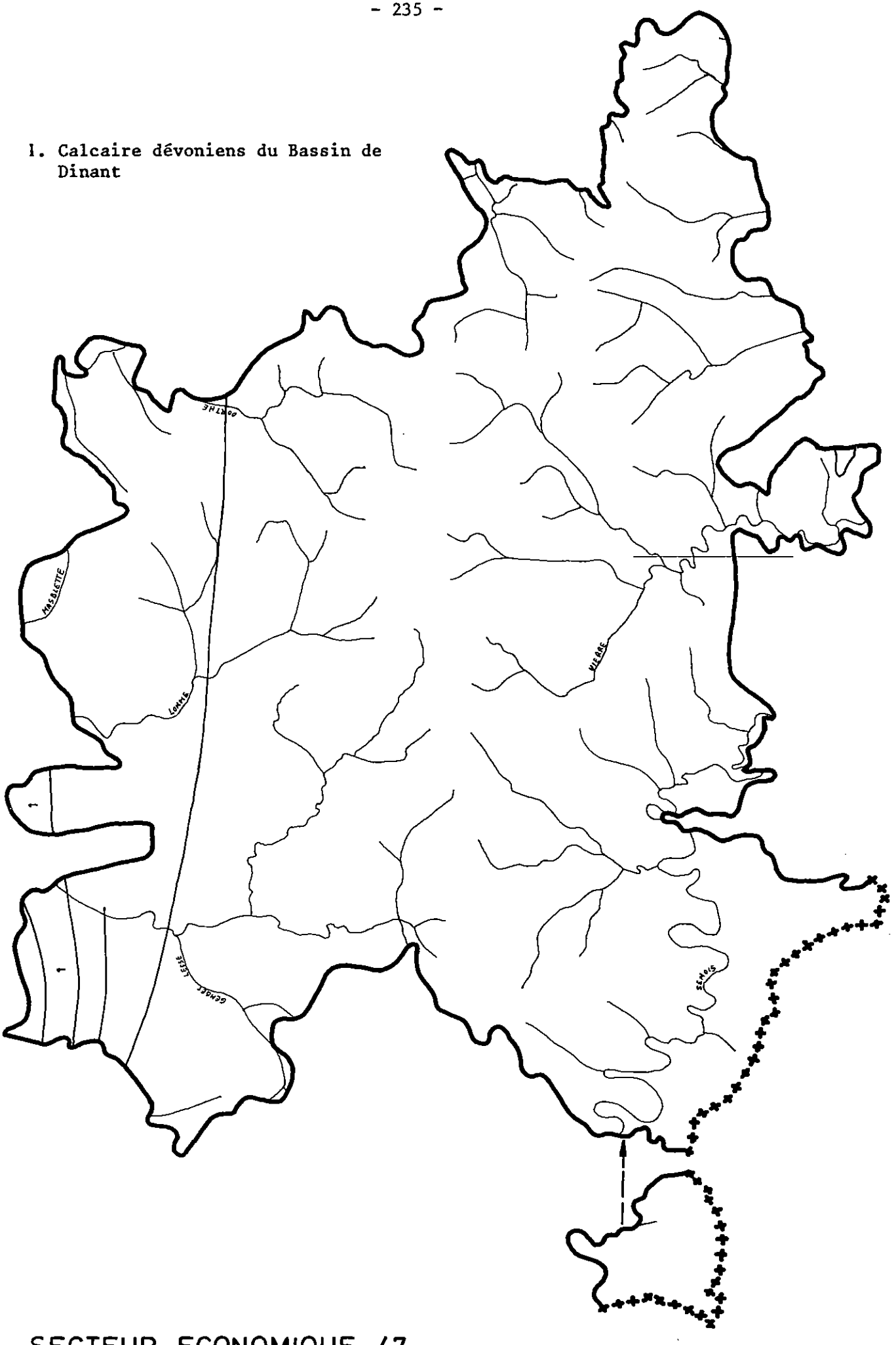
- Superficie : 145.088 hectares
- Population : 52.661 habitants (fin 1978)

- Les massifs schisto-gréseux de l'Ardenne constituent pratiquement la seule ressource aquifère de ce secteur : d'après la note générale, ils pourraient encore fournir une disponibilité supplémentaire de 9.700.000 m^3/an.

- Les calcaires dévoniens ne présentent qu'une très faible superficie d'affleurement sur ce secteur : ils seraient encore susceptibles de livrer une disponibilité supplémentaire de l'ordre de 100.000m3/an

- Caractéristiques hydrodynamiques
    - Massifs schisto-gréseux de l'Ardenne
        - Tellin : $T = 3.10^{-4}$ m^2/sec ;
        - Bertrix : $T = 3.10^{-4}$ m^2/sec ;
          $T = 5.10^{-4}$ m^2/sec ;
        - Porcheresse : $T = 15.10^{-5}$ m^2/sec.

1. Calcaire dévoniens du Bassin de Dinant



SECTEUR ECONOMIQUE 47
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 47 — BERTRIX - LIBRAMONT - NEUFCHATEAU (Province du Luxembourg)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Couvinien	91.028			91.028
Emsien - Siegenien (Coblencien)	2.007.774	186.611		2.194.385
Siegenien (Coblencien)	82.680	5.025		87.705
Gedinnien	2.275.492	77.300		2.353.792
Totaux	4.456.974	268.936		4.725.910

SECTEUR 48

ARLON - VIRTON

- Superficie : 102.460 hectares
- Population : 91.848 habitants (fin 1978)

- Les macignos (calcaires gréseux) du Virtonien sont fortement fissurés : ils donnent naissance à de nombreuses sources, souvent pérennes , dont les débits varient de 100 à 500 m^3/jour : les eaux du Virtonien supérieur sont généralement dures et ferrugineuses (ce qui entraîne des contraintes pour les captages par puits : le débit de pompage doit être régulier, continu afin d'éviter les battements de nappe qui provoquent la précipitation du fer et le colmatage rapide des crépines).

- Les sables et grès du Virtonien inférieur livrent des eaux douces, parfois agressives ; à noter l'existence de failles, mal définies sur le terrain, compliquant certainement les circulations d'eau souterraine.

- Les sables et calcaires gréseux du Sinémurien donnent lieu à des sources à différents étages de la formation.
  - Sources dans les niveaux supérieurs, dont l'eau vient à l'émergence au contact de couches marneuses intercalées ou de bancs gréseux continus ou lenticulaires interstratifiés,
  - sources de base au contact des marnes hettangiennes ; le drainage profond de la masse aquifère provoque de nombreuses sources qui peuvent donner jusqu'à 3.000 m^3/jour.

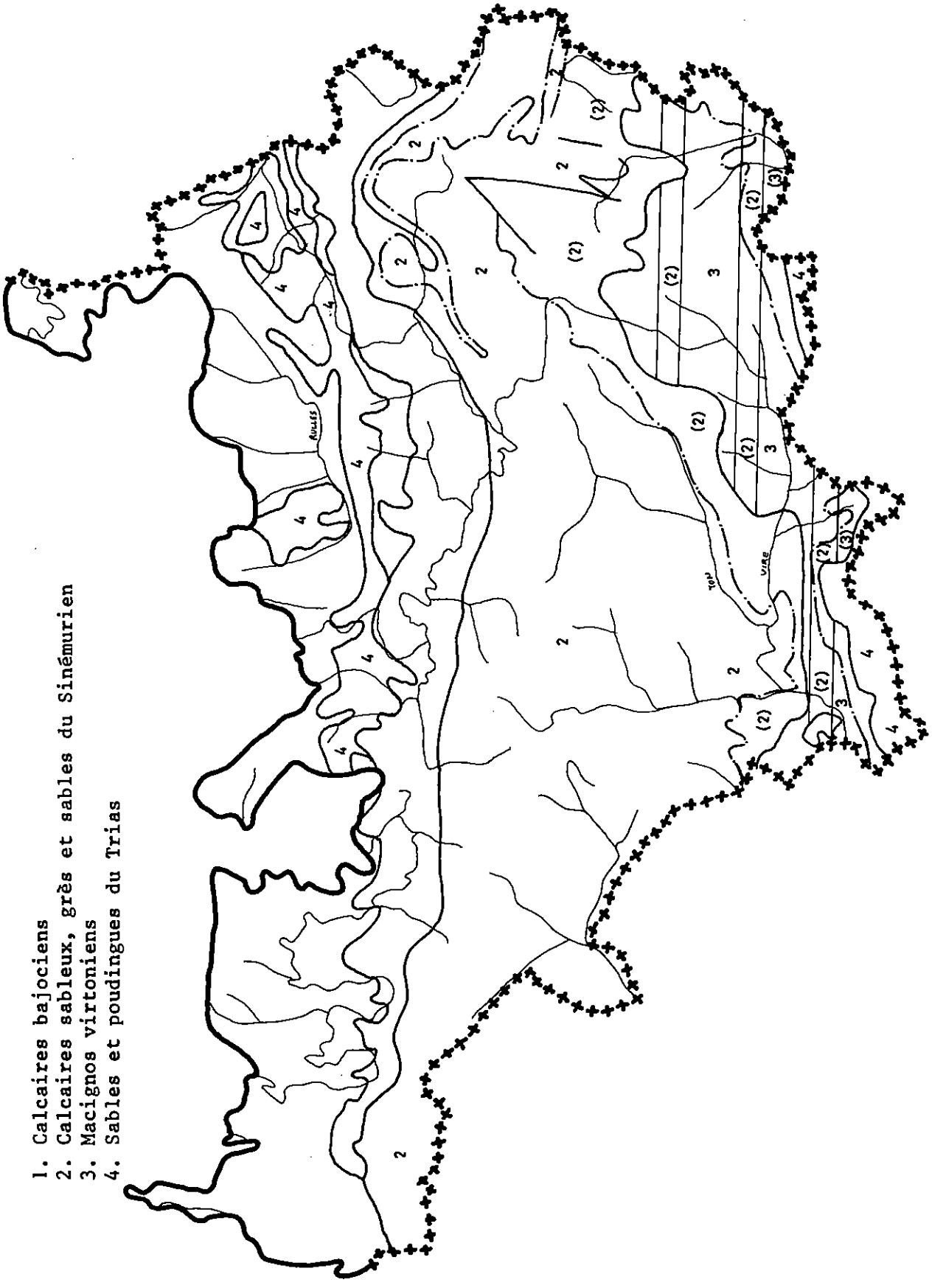
- L'hydrogéologie des couches jurassiques en Gaume est encore très mal connue ; en particulier, peu de données sont disponibles (par exemple, on ne dispose d'aucun historique piézométrique); seuls des jaugeages réguliers des sources ont été effectués par le Service Technique Provincial de la Province. Se basant sur ces données, M. Gulinck (dans un document inédit) a tenté d'estimer les disponibilités du Jurassique Gaumais : il estime que l'on dispose d'un trop

plein de 230.000 m3/jour dont 20% peuvent être utilisés pour l'alimentation en eau potable, pour l'industrie et pour l'agriculture; ces 20 % ne risqueraient pas d'appauvrir les réserves accumulées et garderaient un débit minimum indispensable aux différents cours d'eau.
Les prélèvements atteignant 12.200 m^3/jour, on disposerait d'une disponibilité de l'ordre de 12.240.000 m^3/an.

- Il est important de noter que 84% des prélèvements consistent en captages de sources par drains ou galeries : avant d'envisager une exploitation intensive de l'aquifère par puits captants, il serait nécessaire de s'assurer que ce mode de prélèvement n'entraînera pas le tarissement des sources sur lesquelles est actuellement basé tout le réseau de distribution publique de l'eau en Gaume.

- D'après la note générale, on disposerait dans le Nord du secteur d'une disponibilité de 1.600.000 m3/an dans les massifs schisto-gréseux de l'Ardenne (principalement Siegenien).

- Caractéristiques hydrodynamiques
    - Sables et grès de Virton - Latour : $T = 1.10^{-3}$ m^2/sec
    - Massifs schisto-gréseux de l'Ardenne :
        - Orsainfaing : $T = 1.10^{-3}$ m^2/sec



SECTEUR ECONOMIQUE 48
ECHELLE 1/250.000

SECTEUR ECONOMIQUE 48 — SUD LUXEMBOURG (Province du Luxembourg)

Aquifère	Captages d'eau de distribution	Captages d'eau industrielle	Exhaure Démergement	Total
Calcaires bajociens	492.296			492.296
Sinémurien	4.553.224	39.267		4.592.491
Virtonien	1.905.123	191.947		2.097.070
Emsien - Siegenien (Coblencien)	501.481			501.481
Gedinnien	66.200			66.200
Totaux	7.518.324	231.214		7.749.538

CONCLUSIONS DU CHAPITRE V

1. PRELEVEMENTS EN EAU SOUTERRAINE

Le tableau VI précise les prélèvements secteur par secteur, avec indication (en m^3 et en % de la production du secteur) de la destination de l'eau souterraine, soit pour la distribution publique, soit à des fins industrielles ou agricoles.

En groupant les secteurs économiques par province, avec indication du pourcentage vis-à-vis de la production belge (1),

- Flandre occidentale	:	16.885.081 m3	2,67 %
- Flandre orientale	:	24.623.595 m3	3,89 %
- Anvers	:	69.288.988 m3	10,94 %
- Limbourg	:	68.379.378 m3	10,80 %
- Brabant flamand	:	39.226.860 m3	6,19 %
- TOTAL REGION FLAMANDE	:	219.403.902 m3	34,64 %
- BRUXELLES	:	5.182.000 m3	0,82 %
- Brabant wallon	:	36.998.000 m3	5,84 %
- Hainaut	:	200.029.500 m3	31,59 %
- Namur	:	66.871.662 m3	10,56 %
- Liège	:	82.296.675 m3	12,99 %
- Luxembourg	:	22.584.839 m3	3,57 %
- TOTAL REGION WALLONNE	:	408.780.676 m3	64.54 %
- TOTAL BELGIQUE	:	633.366.578 m3	100,00 %

On constate : - la grande productivité de la région wallonne qui assure les 2/3 de la production totale de la Belgique;
- la part prépondérante prise par le Hainaut dont le sous-sol livre pratiquement le 1/3 de toutes les eaux captées en Belgique;

(1) Chiffres pour l'année de référence 1978, en tenant compte des débits d'exhaure et de démergement.

TABLEAU VI

SECTEUR	DISTRIBUTION D'EAU DEBITS ANNUELS 1978 (en m^3)	% distrib.	INDUSTRIE, AGRICULTURE DEBITS ANNUELS 1978 (en m^3)	% ind., agr.,	TOTAL
SECTEUR 1	3.315.100	100 %	-	-	3.315.100
2	132.000	100 %	-	-	132.000
3	3.493.981	72 %	1.350.000	28 %	4.848.981
4	-	-	288.000	100 %	288.000
5	-	-	-	-	-
6	-	-	1.346.000	100 %	1.346.000
7	4.446.785	64 %	2.508.215	36 %	6.955.000
TOTAL FLANDRE OCC.	11.387.866	68 %	5.492.215	32 %	16.885.081
SECTEUR 8	2.212.000	52 %	8.583.700	48 %	10.795.700
9	727.000	25 %	2.158.000	75 %	2.885.000
10	2.705.495	69 %	1.213.000	31 %	3.918.495
11	1.328.500	35 %	2.469.500	65 %	3.798.000
12	-	-	1.909.500	100 %	1.909.500
13	-	-	1.316.900	100 %	1.316.900
TOTAL FLANDRE ORIENT.	6.972.995	28 %	17.650.600	72 %	24.623.595
SECTEUR 14	7.425.502	54 %	6.214.288	46 %	13.639.790
15	2.282.243	67 %	1.144.046	33 %	3.426.289
16	17.503.582	70 %	7.502.459	30 %	25.006.041
17	17.548.605	64 %	9.668.263	36 %	27.216.868
TOTAL ANVERS	44.759.932	65 %	24.529.056	35 %	69.288.988
SECTEUR 18	4.553.000	19 %	19.521.600	81 %	24.074.600
19	7.271.000	57 %	7.739.678 *	43 %	20.599.678
20	8.590.000	68 %	4.104.100	32 %	12.694.100
21	9.780.000	88 %	1.231.000	12 %	11.011.000
			* Exhaure-démergement		
TOTAL LIMBOURG	30.194.000	45 %	38.185.378	55 %	68.379.378

TABLEAU VI (SUITE)

SECTEUR	DISTRIBUTION D'EAU DEBITS ANNUELS 1978 (en m^3)	% distrib.	INDUSTRIE, AGRICULTURE DEBITS ANNUELS 1978 (en m^3)	% ind., agr.,	TOTAL
SECTEUR 22	3.124.948	92 %	263.870	8 %	3.388.818
23	14.687.317	74 %	5.286.504	26 %	19.973.821
24	1.671.543	25 %	4.939.418	75 %	6.610.961
25	4.368.669	47 %	4.884.591	53 %	9.253.260
TOTAL BRABANT FLAM.	23.852.477	61 %	15.374.383	39 %	39.226.860
TOTAL BRUXELLES 26	2.476.000	48 %	2.706.000	52 %	5.182.000
SECTEUR 27	14.956.000	95 %	768.000	5 %	15.724.000
28	17.524.000	82 %	3.750.000	18 %	21.274.000
TOTAL BRABANT WALLON	32.480.000	88 %	4.518.000	12 %	36.998.000
SECTEUR 29	7.261.000	82 %	1.626.000	18 %	8.887.000
30	25.823.000	64 %	14.599.000	36 %	40.422.000
31	6.321.000	72 %	2.446.000	28 %	8.767.000
32	40.852.000	46 %	47.372.000	54 %	88.224.000
33	16.252.000	64 %	8.952.000	36 %	25.204.000
34	19.760.000	77 %	5.961.500	23 %	15.721.500
35	2.696.000	96 %	108.000	4 %	2.804.000
TOTAL HAINAUT	118.965.000	59 %	81.064.500	41 %	200.029.500
SECTEUR 36	37.206.605	88 %	5.128.184	12 %	42.334.789
37	8.757.311	98 %	143.395	2 %	8.900.706
38	13.654.692	97 %	387.203	3 %	14.041.895
39	1.589.084	99 %	5.188	0,3 %	1.594.272
TOTAL NAMUR	61.207.692	92 %	5.663.970	8 %	66.871.662

TABLEAU VI (SUITE)

SECTEUR	DISTRIBUTION D'EAU DEBITS ANNUELS 1978 (en m^3)	% distrib.	INDUSTRIE, AGRICULTURE DEBITS ANNUELS 1978 (en m^3)	% ind., agr.,	TOTAL
SECTEUR 40	40.095.542	77 %	11.765.223	23 %	51.860.765
41	19.483.310	93 %	1.482.000	7 %	20.965.310
42	3.238.200	79 %	632.000	21 %	3.870.800
43	770.800	97 %	23.000	3 %	793.800
44	3.317.000	69 %	1.489.000	31 %	4.806.000
TOTAL LIEGE	66.904.852	81 %	15.391.223	19 %	82.296.675
SECTEUR 45	6.083.831	97 %	85.951	1 %	6.169.782
46	3.834.679	94 %	104.930	3 %	3.939.609
47	4.456.974	94 %	268.936	6 %	4.725.910
48	7.518.324	97 %	231.214	3 %	7.749.538
TOTAL LUXEMBOURG	21.893.808	97 %	691.031	3 %	22.584.839

- la totale dépendance de Bruxelles, vis-à-vis des deux autres régions et principalement de la Wallonie.

Le tableau VII donne les coefficients d'exploitation par unité de surface, secteur par secteur, coefficients utilisés pour la carte n°3 du bilan de synthèse.

Le tableau VIII classe les différents aquifères suivant l'importance de leur productivité, en % de la production totale belge.

N°	SECTEUR	Total pompages (Q) 10^3 m^3	Superficie (S) km^2	Q/S
1	WESTKUST - VEURNE	3.315,100	150,82	22,0
2	MIDDENKUST - OOSTENDE	132,000	195,28	0,7
3	BRUGGE - OOSTKUST	4.848,981	564,05	8,6
4	DIKSMUIDE - TORHOUT	288,000	607,80	0,5
5	IEPER - POPERINGE	$\simeq 0$	622,56	$\simeq 0$
6	ROESELARE - TIELT	1.346,000	602,10	2,2
7	KORTRIJK	6.955,000	387,03	18,0
8	GENTSE KANAALZONE	10.795,700	766,29	14,1
9	EEKLO - AALTER	2.885,000	410,18	7,0
10	DENDERMONDE	3.918,495	240,72	16,3
11	OUDENAARDE	3.798,000	548,61	6,9
12	AALST - NINOVE - GERAARDSBERGEN - ZOTTEGEM	1.909,500	542,67	3,5

TABLEAU VII

N°	SECTEUR	Total pompages (Q)	Superficie (S)	Q/S
13	SINT-NIKLAAS	1.316,900	495,00	2,7
14	ANTWERPEN	13.639,79	556,63	24,5
15	MECHELEN	3.426,289	520,59	6,6
16	TURNHOUT	25.006,041	997,63	25,1
17	HERENTALS - MOL	27.216,868	785,75	34,6
18	NEERPELT - BREE	24.074,600	610,48	39,4
19	HASSELT - GENK	20.599,678	824,74	25
20	LIMBURGSE - MAASKANT	12.694,100	383,13	33,1
21	SINT-TRUIDEN - TONGEREN	11.011,000	593,48	18,6
22	AARSCHOT - DIEST	3.388,818	358,31	9,5
23	LEUVEN	19.973,821	463,69	43,1
24	TIENEN - LANDEN	6.610,961	338,59	19,5

TABLEAU VII (suite)

N°	SECTEUR	Total pompages (Q)	Superficie (S)	Q/S
25	HALLE - VILVOORDE	9.253,260	918,09	10,1
26	BRUXELLES	5.182,000	161,79	32,0
27	NIVELLES	15.724,000	405,00	38,8
28	WAVRE - JODOIGNE - PERWEZ	21.274,000	692,47	30,7
29	MOUSCRON - COMINES	8.887,000	102,67	86,6
30	TOURNAI - LEUZE - PERUWELZ	40.422,000	776,62	52,0
31	ATH - LESSINES - ENGHIEN	8.767,000	472,19	18,6
32	MONS - BORINAGE	88.224,000	602,46	146,4
33	LA LOUVIERE - SOIGNIES	25.204,000	611,05	41,2
34	CHARLEROI	25.721,500	522,90	49,2
35	THUIN - CHIMAY	2.804,000	691,43	4,1
36	NAMUR	42.334,789	1.160,92	36,5

TABLEAU VII (suite)

N°	SECTEUR	Total pompages (Q)	Superficie (S)	Q/S
37	PHILIPPEVILLE - COUVIN	8.900,706	923,34	9,6
38	DINANT - CINEY - ROCHEFORT	14.041,894	1.016,30	13,8
39	BEAURAING - GEDINNE	1.594,272	553,16	2,9
40	HUY - WAREMME	51.860,765	1.065,87	48,7
41	LIEGE	20.965,310	793,92	26,4
42	VERVIERS - EUPEN	3.870,800	546,31	7,1
43	STAVELOT	793,800	343,42	2,3
44	MALMEDY - SAINT-VITH - HAUTES FAGNES EIFEL	4.806,000	1.101,61	4,4
45	MARCHE - LAROCHE	6.169,782	935,65	6,6
46	BASTOGNE	3.939,609	989,74	4,0
47	BERTRIX - LIBRAMONT - NEUFCHATEAU	4.725,910	1.450,76	3,3
48	SUD LUXEMBOURG	7.749,538	1.021,56	7,6

TABLEAU VII (suite)

TABLEAU VIII : Classement des aquifères belges suivant leur productivité (exprimée en % de la production totale en eau souterraine)

1.	Calcaire Carbonifère du Bassin de Namur	18,6 %
2.	Sables miocènes (au-dessus de l'Argile de Boom)	15,9 %
3.	Calcaire Carbonifère du Bassin de Dinant	11,4 %
4.	Crétacé du Bassin de Mons	9,7 %
5.	Sables bruxelliens	7,9 %
6.	Crétacé de Hesbaye	5,0 %
7.	Thalweg du Bassin de la Meuse	4,0 %
8.	Nappe du Maastrichtien	3,0 %
9.	Crétacé du Brabant	2,6 %
10.	Haute Terrasse et Plaine de Basse Meuse	2,6 %
11.	Massifs schisto-gréseux de l'Ardenne	2,5 %
12.	Landénien	1,8 %
13.	Sables lédo-paniseliens	1,8 %
14.	Cambrien-Ordovicien-Silurien	1,7 %
15.	Thalweg du Bassin de l'Escaut	1,5 %
16.	Jurassique de la Gaume	1,2 %
17.	Sables yprésiens	1,1 %
18.	Vallée Flamande	1,1 %
19.	Calcaire dévonien du Bassin de Dinant	1,1 %
20.	Sables côtiers (Dunes)	0,8 %
21.	Autres aquifères	4,5 %

(Cette évaluation ne tient pas compte des débits relatifs au démergement et à l'exhaure des mines et carrières).

2. DISPONIBILITES EN EAU SOUTERRAINE

- Secteur 1 :	-	
- Secteur 2 :	1.500.000 m3	
- Secteur 3 :	-	(disponibilités locales réduites)
- Secteur 4 :	-	(quelques disponibilités locales)
- Secteur 5 :	-	(quelques disponibilités locales)
- Secteur 6 :	-	(quelques disponibilités locales)
- Secteur 7 :	-	
- Secteur 8 :	6.300.000 m3	
- Secteur 9 :	1.700.000 m3	
- Secteur 10 :	2.000.000 m3	
- Secteur 11 :	-	(quelques disponibilités locales)
- Secteur 12 :	-	(quelques disponibilités locales)
- Secteur 13 :	-	
- Secteur 14 :	3.350.000 m3	(contraintes agricoles)
- Secteur 15 :	5.200.000 m3	
- Secteur 16 :	20.000.000 m3	
- Secteur 17 :	1.570.000 m3	
- Secteur 18 :	5.500.000 m3	
- Secteur 19 :	5.000.000 m3	
- Secteur 20 :	17.000.000 m3	
- Secteur 21 :	?	(disponibilités Heersien-Maastrichtien inconnues)
- Secteur 22 :	-	(disponibilités locales réduites)
- Secteur 23 :	8.000.000 m3	
- Secteur 24 :	-	(quelques disponibilités locales)
- Secteur 25 :	2.300.000 m^3	(disponibilités locales dans le Pléistocène)
- Secteur 26 :	-	(aucune disponibilité - surexploitation)
- Secteur 27 :	-	(disponibilités locales)
- Secteur 28 :	4.300.000 m^3	
- Secteur 29 :	-	
- Secteur 30 :	5.000.000 m3	(surexploitation du Tournaisis)
- Secteur 31 :	?	(disponibilités Calcaire Carbonifère inconnues)
- Secteur 32 :	8.000.000 m3	(contraintes de stabilité des sols)

- Secteur 33 :	?	disponibilités du Calcaire Carbonifère du Bassin de Namur : 40.000.000 m3 (?)
- Secteur 34 :	?	
- Secteur 35 :	3.600.000 m3	
- Secteur 36 :	?	disponibilités du Calcaire Carbonifère du Bassin de Dinant: 25.000.000 m3
- Secteur 37 :	4.950.000 m3	
- Secteur 38 :	750.000 m3	
- Secteur 39 :	3.600.000 m3	
- Secteur 40 :	9.450.000 m3	
- Secteur 41 :		
- Secteur 42 :	3.500.000 m3	(+ disponibilités Massifs Vesdre)
- Secteur 43 :	900.000 m3	(+ disponibilités dans le Poudingue de Malmédy et dans les Fagnes)
- Secteur 44 :	900.000 m3	
- Secteur 45 :	7.800.000 m3	
- Secteur 46 :	5.100.000 m3	
- Secteur 47 :	9.800.000 m3	
- Secteur 48 :	13.840.000 m3	(disponibilités supplémentaires éventuelles)

- Le total des disponibilités estimées dans le rapport atteint 225.910.000 m3/an, dont 79.420.000 m3 dans la région flamande et 146.490.000 m3 dans la région wallonne.
  Compte-tenu des prélèvements effectués dans les aquifères souterrains, la disponibilité globale peut être évaluée à 855.876.000 m3/an.

- A titre de comparaison, E. LAURENT ("Gestion optimale des ressources en eau souterraine et rapport avec l'eau de surface", la Technique de l'Eau, n°375, 1978) obtenait une ressource exploitable de ± 890.000.000 m3/an : "Un modèle global mis au point pour le Bassin de la Dyle (voir Bultot et al., 1976), est appliqué à 50 bassins hydrographiques ou sous-bassins hydrographiques répartis sur le territoire du Pays et en supposant que ces bassins, qui couvrent près de la moitié du territoire du Pays, soient représentatifs de son ensemble, on obtient une ressource de 1.185.000.000 m3/an, y compris les aquifères non exploitables à cause de leur trop faible transmissivité. Cette valeur est certainement trop grande, non

seulement à cause de la non-exploitabilité de certains aquifères mais aussi parce qu'il est impensable d'annuler le débit de base des cours d'eau. Si on destine un quart de cette ressource aux écoulements de l'aquifère, on obtient une ressource exploitable par pompage de ± 890.000.000 m3/an" (entre ", citation du texte de E. Laurent dans la publication sus-mentionnée).
Ce type de bilan nous apparaît toujours un peu biaisé car, à la suite de calculs précis et détaillés, on applique une règle tout à fait empirique (75% du résultat en l'occurrence) gommant toute la précision utilisée auparavant.

- De son côté, M. Gulinck donnait une valeur de 912.500.000 m3/an, en 1968 basée principalement sur ses observations et son immense expérience.

Notre bilan peut donc paraître pessimiste, mais il faut bien garder à l'esprit que nous nous sommes refusés à faire des estimations hardies, préférant nous baser sur des renseignements tirés de l'expérience de chaque captage (par exemple, les rendements de captage avec intégration des surfaces couvertes par l'aquifère) lorsque les données hydrogéologiques sont absentes.

Notre bilan est très éloigné de celui réalisé par M. Snel ("Ressources en eau souterraine non exploitées en Belgique", Bulletin de l'Anseau, p.61-68, 1977) : "son estimation, basée sur l'empirisme autant que sur l'expérience, le porte à admettre que 10% des précipitations s'infiltrent efficacement pour autant que l'on prélève un volume équivalent, c'est-à-dire un volume de l'ordre de 2.600.000.000 m3 par an en moyenne".
Nous pensons que citer de tels chiffres manque de réalisme et malheureusement se révèle très dangereux en créant une fausse impression de sécurité vis-à-vis de nos véritables disponibilités.

On se réjouira par contre de voir le dynamisme avec lequel sont entreprises actuellement des études régionales, à l'échelle des bassins aquifères, sur modèles mathématiques, probabilistes ou déterministes (par différences finies ou par éléments finis) ou encore sur modèles analogiques dans les différentes universités ou services techniques et scientifiques de l'Etat. Citons par exemple, et dans le

désordre :

- l'Université de Liège (Prof. Monjoie, Crétacé de Hesbaye),
- l'Université de Louvain-la-Neuve (Prof. De Backer, Bassin de la Dyle),
- Vrije Universiteit Brussel (Prof. Van Der Beken, Bassins de la Nèthe),
- la Faculté Polytechnique de Mons (Prof. Godfriaux, Crétacé du Bassin de Mons),
- l'Institut Royal Météorologique (E. Bultot),
- le Noyau Administratif de la Distribution de l'Eau (Min. Santé Publique, E. Laurent),

et bien sûr le Service Géologique de Belgique.

Seuls les modèles et simulateurs sont capables de traiter l'ensemble des données hydrogéologiques et permettent de proposer plus facilement une interprétation globale cohérente des phénomènes d'écoulement souterrain à l'échelle d'un bassin, et ceci malgré le nombre et la variété des paramètres qui entrent en jeu . Les ressources en eau pourront alors être évaluées objectivement et ensuite GEREES, en quantité et en qualité.

Annexe I

EXPLOITATION DES EAUX DE SURFACE EN BELGIQUE

1. CAPTAGES DANS LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE

- Captages dans le Canal Albert (où les eaux polluées de la Meuse en aval de Liège subissent une auto-épuration suffisante jusqu'à Oelegem) : capacité nominale de l'ordre de 120.000 m3/jour (Antwerpse Water Werken).
- Captages dans le canal de la Nethe à Lierre-Duffel-Rumst : capacité nominale d'environ 350.000 m3/jour (Antwerpse Water Werken).
- Captage d'eau de Meuse à Tailfer (Namur) : capacité d'environ 260.000 m3/jour (Compagnie Intercommunale Bruxelloise des Eaux).
- A noter que les captages dans le réseau hydrographique représentent plus de 70% des prélèvements d'eau superficielles.
- Ne sont pas prises en considération les eaux destinées directement au refroidissement ou aux centrales hydrauliques.

2. CAPTAGES SUR BARRAGES

- Barrage sur la Vesdre à Eupen, avec station de traitement d'une capacité d'environ 80.000 m3/jour.
- Barrage de la Gileppe (eau non traitée), capacité de 75.000 m3/jour dont 45.000 m3/jour distribués (par manque de traitement approprié).
- Barrage sur l'Ourthe à Nisramont, avec station de traitement d'une capacité de 1.200 m3/jour.
- Barrage sur le Ry de Rome à Couvin, avec capacité d'eau chlorée mais non traitée de 8.000 m3/jour.
- Les barrages sur la Vierre et la Warche sont uniquement destinés aux sociétés de production d'électricité.

3. BASSINS D'EPARGNE

- Le relief ne permettant pas d'implantation de barrage en Flandre, la Société Nationale des Distribution d'Eau exploite deux bassins d'épargne : - à Kluizen (alimenté par wateringue), à production nominale de 40.000 m3/jour ;

- à Blankaart (alimenté par wateringue et par pompage dans l'Yser), d'une production maximale de 40.000 m3/jour.

4. REMARQUE

Il est à noter que ces deux dernières années, la Compagnie Intercommunale Bruxelloise des Eaux intensifie sa production d'eau de distribution par pompage d'eau de Meuse à Tailfer pour alimenter la région de Charleroi et l'agglomération bruxelloise, avec en conséquence une diminution des captages d'eau souterraine dans le Crétacé du Bassin de Mons et le Calcaire Carbonifère du Hainaut.

BIBLIOGRAPHIE

- AGIE J., "Etude hydrogéologique de la nappe karstique de Modave". Thèse Université, 1967.

- BESBES M., "Etude hydrogéologique du Calcaire Carbonifère". Rapport interne Ecol. Nat. Sup. Mines Paris, LHM/RD/79/40, 1979.

- BULTOT E., DUPRIEZ G.L., LAURENT E., "Les ressources d'eau souterraine en Belgique - Réserve, régime et exploitatibilité, I. Bassin versant de la Dyle à Wavre, IRM. Publications, série A, n°97, 1976.

- CALEMBERT L., MONJOIE A., "Observations sur les nappes aquifères de fissures dans le promontoire Meuse-Ourthe". Mém. CERES, pp. 97-108, 1973.

- COSAN Y., "Etude de la nappe aquifère de Regné". Ann.Soc.Géol.Belg., T.99, fasc.1, pp.67-80, 1977.

- DE BREUCK W., "Groundwater conditions and water supply in the coastal region of Belgium". Coll. Intern. Probl. Gest. Eaux Int., Liège, 1978.

- DELECOURT J., GUILLEAUME CH., LIEGEOIS P.G., "Les Ressources hydrologiques de la Belgique et leur utilisation". PP.385-398, A.I.Lg., Section géologie, Congrès 1947.

- DE MOOR G., DE BREUCK W., MARECHAL R., "La nappe phréatique de la Vallée Flamande". Bull. Soc. belge Géol., Paléont., Hydrol., pp.152-172, fasc.2, t.78, 1969.

- de ROUBAIX E., DERYCKE F., GULINCK M., LEGRAND R., LOY W., "Tournaisis 77-78 - Effondrements à Kain et évolution récente de la nappe aquifère profonde". Prof.Paper S.G.B., n°157, 1979.

- DERYCKE F., "Traitement des données hydrogéologiques de la Nappe de "Craies" du Bassin de Mons". Rapport interne IDEA-FPMS, 1977.

- DERYCKE F., "Modèle mathématique déterministe de la nappe des Craies du Bassin de Mons". Coll. Int. Probl. Gest. Eaux Int., Liège, 1978.

- DERYCKE F., "Carte piézométrique de la nappe des "Craies" du Bassin de Mons". Colloque Rég. Hydrog. Craie Bassin de Paris, B.R.G.M., Rouen, 1978.

- DERYCKE F., "Le karst souterrain du Tournaisis, du Paléozoïque à aujourd'hui". Ann. Soc. géol. Belg., T.102, pp.27-30, 1979.

- DE SMEDT P., "Hydrogeologie van Noordoost-Limburg". Hydrographica pp.27-35, n°3, 1977.

- FEYEN J., VANDAMME J., HAGHEDOOREN E. et WILLEMS A., "Bepalingen van het landbouwkundig watergebruik en de nuttige neerslag ten behoeve van het grondwaterbeleid in de Provincie Antwerpen". Rapport interne, Commission III, Landbouw en ecologie, 1978.

- FRANCOIS "Cartes isopiézométriques du sous-sol de l'agglomération bruxelloise", document non publié, 1978.

- GRAULICH J.M. "Eaux minérales et thermales de Belgique". XXIII Int. Geol. Cong., vol.18, pp.9-15, 1969.

- GUILLEAUME CH., "Hydrologie des Formations secondaires du Luxembourg belge". Ann. Soc. Géol. Belg., t.60, 1937.

- GULINCK M., "Le régime des nappes artésiennes de la Belgique - La Technique de l'Eau" pp.1-7, 1962.

- GULINCK M., "Aperçu général sur les dépôts éocènes de la Belgique". Bull. Soc. Géol. de France, pp.222-227, (7), VII, 1965.

- GULINCK M., "Observations sur la salinité des eaux artésiennes de la Belgique". Bull. Soc. belge Géol., Paléont. Hydrol., T.78, fasc.2, pp.155-158, 1969.

- GULINCK M., LEGRAND R., DASSONVILLE G., "La nappe aquifère franco-belge du Calcaire Carbonifère". Bull. Soc. belge Géol., Paléont., Hydrol., T.78, fasc.3-4, pp.235-251, 1969.

- GULINCK M., "Hydrogéologie, Atlas de Belgique", Comité National de Géographie, 1966.

- GULINCK M., LEGRAND R., "Carte hydrogéologique du Tournaisis (nappe du Calcaire Carbonifère)". Mém. Expl. Cartes Géol. et Min. de Belg., n°12, 1970.

- GULINCK M., LOY W.,"Hydrogéologie du Crétacé du Bassin de la Dyle (Brabant)". Bull. Soc. belge Géol., Paléont., Hydrol., pp.77-83, fasc.1-2, T.80, 1971.

- HENRY J., ROUHART J., "Données hydrogéologiques sur l'aquifère crétacé du Bassin de la Lasnes". La technqiue de l'eau, n°378-9, pp.27-42, 1978.

- LAGA P.G., "Voorkomen van grondwater". Het Waterbeleid in Vlaanderen, Coll. Louvain, 1980.

- LAGA P.G., SABO R., Stuurgroep grondwateurbeleid in de Provincie Antwerpen, werkgroep kwantiteit, eindverslag 1978. Rapport Interne.

- LEGRAND R., "Evolution de la nappe aquifère dans la Vallée moyenne de la Haine". Prof. Paper S.G.B., 1977/4.

- LEGRAND R., "Carte piézométrique du Calcaire Carbonifère du Hainaut entre les vallées de la Dendre et de la Samme". Document non publié, 1981.

- LOY W., "L'approvisionnement en eau de la Province du Brabant". Bull. Inf. Anseau, n°2, pp.5-27, 1972.

- LOY W., DE SMEDT P., "Permeabiliteit van enkele formaties in Belgie". Bull. Soc. belge Géol., T.87, fasc.4., pp.253-260, 1978.

- MANIA J.,"Hydrogéologie des sables landéniens franco-belges". Ann. Soc. Géol. Nord, pp.55-66, XCII, 2, 1972.

- MANIA J., "Gestion des systèmes aquifères". Application au Nord de la France". Mémoires Soc. Géol. Nord, Tome 15, 1978.

- MARLIERE R., "Les grandes nappes aquifères en Hainaut". Centre belge Et. et Docum. Eaux", pp.164-173, 1959.

- MARLIERE R., "Quelques aspects de la circulation de l'eau dans la craie du Bassin de Mons". Ann. Soc. Géol. Nord, XC, n°4., 1962.

- MIGNION G., "La gestion administrative des eaux souterraines en Belgique". Coll. Intern. Probl. Gest. Eaux Int., Liège, 1978.

- MINISTERE DE LA SANTE PUBLIQUE, " Prévision des consommations non industrielles jusqu'en 2.000", 1975.

- MINISTERE DE LA SANTE PUBLIQUE, " Prévision de consommation d'eau de distribution en 1990", 1977.

- MONJOIE A., "Observations nouvelles sur la nappe aquifère de la Craie en Hesbaye". Mém. Ass. Int. Hydrog., Congrès Istambul, 1967.

- MONJOIE A., "Etude de la nappe alluviale de la Meuse à Tihange". Mém. C.E.R.E.S., pp.93-115, n°29, 1969.

- MONJOIE A., "Hydrogéologie du Centre de Liège". Ann. Soc. Géol. Belg., pp.709-734, T.96, 1973.

- MONJOIE A., "Hydrogéologie des nappes d'eau souterraine à Watermael-Boitsfort". Ann. Soc. Géol. Belg., T.96, pp.625-629, 1973

- OZER A., "Les phénomènes karstiques dans le Poudingue de Malmedy". Ann. Soc. Géol. Belg., T.109, pp.141-144, 1979.

- SCHITTEKAT J., "Etude sédimentaire et hydrogéologique à Oostduinkerke". T.F.E., Univ. Liège, 1972.

- THONNARD R.L.G., "La nappe artésienne profonde du Crétacé sous l'agglomération bruxelloise". Coll. Int. Probl. Gest. Eaux Int., Liège, 1978.

- VAN STEELANDT P., "Iso-piezometrische kaart van de sokkel in Vlaanderen". Document non publié, 1979.

- WATHELET J.CH., "Eaux souterraines exploitées par les Sociétés de Distribution en Belgique". Coll. Intern. Probl. Gest. Eaux Int., Liège, 1978.

Atlas des ressources en eaux souterraines de la Communauté Européenne

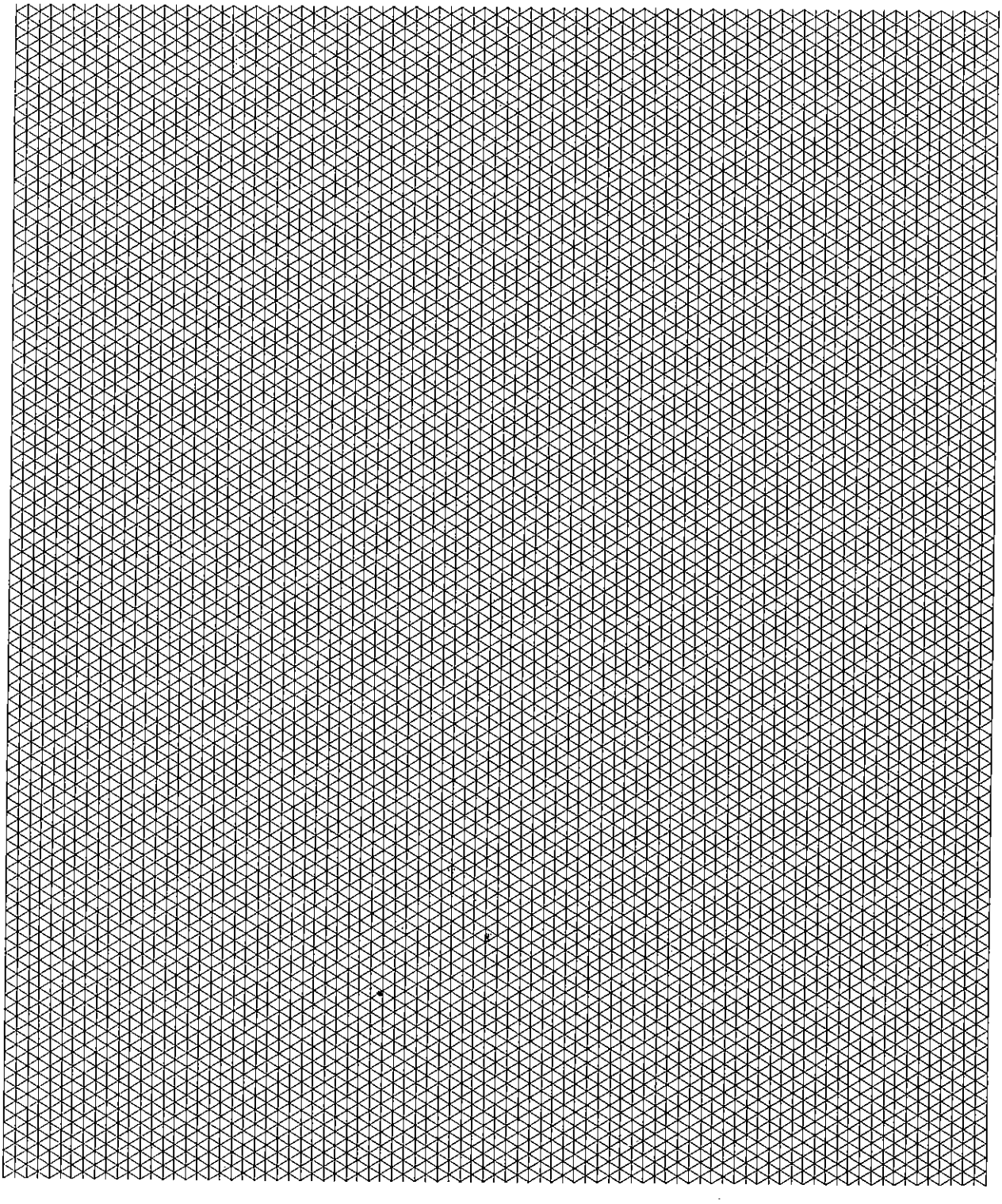
L'ouvrage complet comprend:

Textes

1. Rapport de synthese*
   et volume Belgique
2. Rapport de synthèse*
   et volume République fédérale d'Allemagne
3. Rapport de synthèse*
   et volume Denmark
4. Rapport de synthèse*
   et volume France
5. Rapport de synthèse*
   et volume Irlande
6. Rapport de synthèse*
   et volume Italie
7. Rapport de synthèse*
   et volume Luxembourg
8. Rapport de synthèse*
   et volume Pays-Bas
9. Rapport de synthèse*
   et volume Royaume-Uni

* En cas de souscription à L'ouvrage complet, le rapport de synthèse n'est fourni qu'en un seul exemplaire.

Cartes

1. Belgique
2. République fédérale d'Allemagne
3. Danemark
4. France
5. Irlande
6. Italie
7. Luxembourg
8. Pays-Bas
9. Royaume-Uni

Demander le prospectus détaillé à:
Th. Schäfer GmbH, Tivolistraße 4, D-3000 Hannover 1