PEGASE : UN MODELE DE PLANIFICATION ET DE GESTION DE L'ASSAINISSEMENT DES EAUX

Jean-Pierre VANDERBORGHT, Université Libre de Bruxelles
Joseph SMITZ et Etienne EVERBECQ, Université de Liège
Jean-Pierre DESCY, Facultés Universitaires N.-D. de la Paix, Namur

Résumé

Le modèle PEGASE a été développé à la demande de la Région Wallonne, afin d'orienter ses choix en matière de gestion des eaux de surface par la prise en compte explicite des relations existant entre débits, rejets, et niveaux de qualité.

L'objectif de PEGASE n'est pas d'obtenir une description fine des évolutions temporelles à court terme, mais bien de fournir une image globale de la qualité des eaux pour l'ensemble du territoire wallon, dans des conditions de débit caractéristiques: étiage, débit moyen, régime de crue établi. D'une manière générale, le modèle PEGASE doit permettre de comparer des scénarios alternatifs afin de dégager des politiques optimales tant sur le plan technique que sur le plan économique.

INTRODUCTION

L'application des législations régionale, nationale et européenne en matière de protection et de gestion des eaux de surface impose de nouvelles tâches à la Région Wallonne: définition d'objectifs de qualité pour les cours d'eau, établissement de programmes d'investissement en matière d'assainissement et d'épuration, délivrance d'autorisations de rejet pour les eaux usées industrielles, identification d'actions préventives au niveau de l'ensemble du bassin, mise en place de réseaux de mesure pour la surveillance de la qualité des eaux.

Pour réaliser efficacement ces tâches, l'administration régionale wallonne a souhaité s'équiper d'un outil lui permettant (1°) d'acquérir une vision globale de la qualité des eaux à l'échelle de la région, (2°) d'orienter ses choix en matière de gestion par la prise en compte explicite des relations existant entre rejets, débits et niveaux de qualité des eaux de surface.

C'est pour répondre à cette demande que le programme PEGASE (Planification et Gestion de l'Assainissement des Eaux) a été entrepris, deux actions y étant menées en parallèle. La première vise à obtenir une appréciation générale de la qualité des eaux de surface, tenant compte des aspects physico-chimiques et piscicoles, sur la base d'un inventaire détaillé des données disponibles. Cette action a abouti à la mise au point d'un indice de qualité générale de l'eau, cumulant différents paramètres de qualité pour parvenir à une cotation synthétique des niveaux d'altération.

Le deuxième volet du programme concerne le développement d'un outil de calcul permettant de modeliser la qualité des eaux de surface, les objectifs visés étant :

- d'évaluer l'effet d'une réduction des émissions polluantes, à la source ou

par épuration;

- de déterminer les actions nécessaires pour atteindre un objectif de qualité donné (localisation des stations d'épuration, type et efficacité des traitements à mettre en oeuvre, ...), tout en utilisant au mieux le pouvoir auto-épurateur des cours d'eau;
- de prévoir l'évolution de l'eutrophisation en fonction d'actions ponctuelles ou globales;
- de positionner de manière optimale les points de mesure d'un réseau de surveillance.

D'une manière générale, le modèle PEGASE doit permettre de comparer des scénarios alternatifs afin de dégager des politiques optimales tant sur le plan technique que sur le plan économique.

Le principe général de PEGASE a été de développer d'emblée une approche globale à l'échelle de la Région Wallonne, tout en respectant les deux contraintes suivantes: (1°) utiliser l'ensemble des données quantitatives et qualitatives disponibles, sans recourir à de nouvelles mesures de terrain; (2°) utiliser l'ensemble des connaissances disponibles pour représenter le fonctionnement de l'écosystème aquatique, sans entreprendre de nouvelles études.

On trouvera ci-après une description synthétique de la méthodologie utilisée pour le développement du modèle PEGASE, ainsi que quelques uns des résultats obtenus au terme de deux années d'études.

LES DONNEES DE BASE DU MODELE PEGASE

Caractérisation du réseau hydrographique

Une des premières tâches de PEGASE a été d'obtenir une représentation fonctionnelle du système constitué par les bassins hydrographiques et les cours d'eau sur l'ensemble du territoire de la Région, soit une superficie totale d'environ 18.000 km^2. A cette fin, les éléments constitutifs du système ont été classés selon leur nature géométrique: éléments de type "point" (points de rejet, points de prélèvement, points d'échantillonnage ou de mesure, ...); éléments de type "ligne" (cours d'une rivière, lignes de pente, limites administratives, ...); éléments de type "surface" (surfaces de bassins hydrographiques, surfaces affectées à l'utilisation agricole, surfaces urbanisées, ...). Cette première caractérisation a été complétée par d'autres informations, du type "structure" ou "relation". En particulier, le réseau hydrographique est défini par une structure arborescente.

Positionnement et cartes de base

Une méthode unique et systématique de repérage et de positionnement, basée sur l'utilisation des coordonnées Lambert, a été utilisée. L'emploi de ce système de coordonnées, couramment utilisé par l'IGN et par l'administration régionale, permet à n'importe quel utilisateur de localiser aisément les éléments géométriques. De plus, le système Lambert est également utilisé pour les positionnements dans la banque de données de l'ORI (Office Régionale d'Informatique).

Les cartes de base utilisées dans le projet PEGASE sont les cartes IGN au 1/25.000. Un assemblage de 143 cartes IGN permet de couvrir l'ensemble du territoire de la Région

Wallonne.

Liste des cours d'eau

La liste complète des cours d'eau parcourant le territoire de la Région Wallonne, liste établie par l'ORI, fait état de plus de 12000 cours d'eau. En fonction des objectifs initiaux de PEGASE, il était évidemment peu réaliste - et de plus tout à fait inutile - de vouloir traiter d'emblée l'ensemble des cours d'eau répertoriés. Dans un premier temps, 178 cours d'eau ont été sélectionnés et décrits explicitement. A ce niveau de résolution, les plus petits bassins versants représentés couvrent des superficies inférieures à 50 km^2. Il faut toutefois noter qu'il n'y a pas d'obstacles conceptuels à accroître le nombre de cours d'eau explicitement pris en compte, les programmes de calcul étant conçus et organisés pour fonctionner à partir d'une structure hydrographique arborescente reprenant un nombre quelconque de branches.

Trajet des cours d'eau

Les trajets des cours d'eau sont représentés, dans une forme discrétisée, par une suite ordonnée de points; cette discrétisation est faite par pas variables, les pas étant suffisamment petits pour que l'interpolation linéaire entre deux points puisse être considérée comme une bonne approximation du parcours moyen suivi par l'eau.

Pour 102 rivières de la région parmi les plus importantes, une digitalisation du trajet a été réalisée par l'ORI, le pas de discrétisation étant d'environ 60 m. Ce fichier a été complété par une digitalisation d'autres cours d'eau, de manière à obtenir la représentation des trajets des 178 cours d'eau sélectionnés. Le tracé de l'ensemble des rivières traitées dans PEGASE est représenté à la figure 1.

Ces données numériques permettent de calculer la longueur de chaque rivière, de son point origine jusqu'à sa confluence, et de positionner des points de référence en fonction de leur distance au point origine.

Altitude des cours d'eau

La pente des rivières est un des paramètres conditionnant les variables hydrodynamiques de l'écoulement, et il est donc nécessaire d'inclure dans le modèle une représentation altimétrique. A cette fin, des points caractéristiques du cours des rivières ont été repérés, ainsi que leur altitude, de manière à pouvoir reproduire les différentes pentes caractéristiques des tronçons. Entre les points caractéristiques choisis, l'altitude du cours d'eau est calculée par interpolation linéaire en fonction de la coordonnée longitudinale. Le cas des altitudes des plans d'eau créés par les barrages-écluses sur les rivières navigables a été traité séparément.

Détermination des bassins hydrographiques

Une méthode de calcul automatique des bassins hydrographiques, par calcul des chemins de plus grande pente, a été mise au point pour PEGASE. Les données de base utilisées pour ce calcul sont la matrice des valeurs digitalisées des altitudes du sol et les tracés digitalisés des cours d'eau.

Compte tenu de la résolution spatiale nécessaire, une digitalisation simplifiée de l'altitude du territoire de la Région Wallonne par maille de 1 km x 1 km a été réalisée. Cette

solution a été jugée préférable à la manipulation d'un modèle numérique de terrain, qui aurait entraîné le traitement d'une quantité très élevée de valeurs numériques.

A partir de ces calculs, trois types d'informations ont été obtenues: (1°) la délimination des bassins hydrographiques des rivières prises en considération: les bassins hydrographiques propres (c'est-à-dire sans compter les bassins versants des affluents explicitement décrits) et les bassins hydrographiques totaux ont chacun été déterminés; (2°) la surface des bassins hydrographiques, ainsi que l'évolution de cette surface en fonction de la distance à la source; (3°) la relation "point d'émission/point d'impact": pour tout point d'émission identifié par ses coordonnées Lambert, une routine de calcul permet l'identification automatique de la rivière "réceptrice" et la détermination de la coordonnée curviligne du point d'impact sur cette rivière.

Cette approche permet d'éviter une description détaillée des réseaux d'égouts locaux (en particulier pour l'habitat dispersé non raccordé à une station d'épuration) et facilite le calcul des charges liées aux rejets diffus (cf infra).

Il faut noter que la comparaison entre les surfaces des bassins hydrographiques calculées par cette méthode numérique et les surfaces déterminées par les méthodes classiques (planimétrie) indique un excellent accord, les écarts étant généralement de l'ordre de 1%.

Limites administratives

Pour les informations de type socio-économique, de nombreuses sources (INS, recensement agricole,...) ne fournissent que des valeurs agrégées par commune. Un fichier de base contenant la délimitation géographique des communes (Dr J.P. DONNAY, Service de Géographie de l'Université de Liège) a donc été utilisé, de manière à pouvoir superposer aux différentes bases de données déjà créées (altitude, tracés, bassins, ...) des données supplémentaires fournies à l'échelle communale.

Grâce aux routines d'identification automatique des bassins, ces éléments permettent d'effectuer les recoupements entre communes (ou tout autre entité administrative) et bassins versants, et d'obtenir par exemple, commune par commune, la répartition du territoire (population, affectation des sols, etc) entre divers bassins versants.

Occupation des sols

L'occupation des sols est le facteur qui influence de la manière la plus significative les apports diffus vers le réseau hydrographique. Une représentation de l'occupation du sol en Région Wallonne a été obtenue par digitalisation des 143 cartes IGN, les divers types d'occupation étant regroupés en 6 catégories: forêts de conifères, forêts de feuillus, prairies, cultures, zones urbanisées, divers. La digitalisation a été réalisée pour l'ensemble du territoire de la région, avec une maille spatiale de 1 km^2 et une résolution de 25 ha. Les résultats de ce travail ont été comparés de façon concluante avec les données de l'INS et avec les informations fournies par l'imagerie multispectrale de télédétection.

A partir de la matrice d'occupation des sols, les programmes de calcul numérique des bassins permettent d'obtenir les surfaces des bassins hydrographiques affectées aux diverses catégories d'occupation, ainsi que l'évolution de ces surfaces en fonction de la coordonnée curviligne des rivières. Un exemple de répartition en fonction de la distance à la source est donné à la figure 2.

Apports et rejets dans le réseau hydrographique

Les apports sont définis comme les flux de pollution générés dans un bassin versant, de manière naturelle ou du fait de l'activité humaine. Certains de ces apports, par exemple ceux résultant du lessivage des sols, ne sont pas modifiables par des actions d'épuration, mais peuvent être influencés par des actions prises au niveau du bassin (par exemple: modification des pratiques culturales). Les apports générés par l'activité humaine peuvent en général être réduits par des actions d'épuration ou de contrôle à la source.

Les rejets représentent les flux de pollution parvenant au réseau hydrographique. En l'absence d'épuration, le rejet est égal à l'apport. S'il y a une action d'épuration, le rejet est égal à l'apport diminué de l'abattement de pollution réalisé. Cet abattement dépend de la filière d'épuration mise en oeuvre, et n'est pas identique pour tous les composés constitutifs de la charge polluante.

Pour les besoins de PEGASE, un inventaire et une évaluation des apports, des rejets et des capacités d'épuration ont été réalisés. Ont été pris en considération les composés intervenant de manière prioritaire dans l'élaboration d'une stratégie de prévention et d'épuration à l'échelle de la région : matières carbonées, azotées et phosphorées. Les apports et rejets d'autres types de composés (par exemple: métaux lourds, pesticides, etc) ne sont pour l'instant pas traités par PEGASE.

Une classification cohérente des apports et des rejets a été établie, en fonction des diverses origines possibles, des modes d'action pouvant être mis en oeuvre pour modifier ou traiter les apports, des schémas réglementaires, ainsi que de l'appareil statistique existant. Cette classification a également tenu compte des possibilités de localisation spatiale des points d'émission. A ce titre, trois types d'apports et de rejets ont été définis: (1°) les apports et rejets <u>ponctuels</u> : ce sont les apports et rejets isolés, émis en des points précis et identifiables: (2°) les apports et rejets <u>dispersés</u> : il s'agit des apports et rejets, généralement de faible intensité, dont la distribution spatiale est telle qu'elle ne permet pas la localisation individuelle précise des points d'émission; (3°) les apports et rejets <u>diffus</u> : ce sont les apports auxquels sont attachés, par nature, des surfaces contribuantes.

La classification adoptée dans PEGASE est actuellement la suivante:

- apports et rejets industriels, de type ponctuel: ils comprennent tous les apports et rejets industriels soumis à autorisation. Dans cette catégorie sont également repris les rejets provenant des élevages intensifs lorsqu'ils sont soumis à autorisation de rejet.
- apports et rejets domestiques égouttés, de type ponctuel: comprennent les charges domestiques et assimilées (c'est-à-dire les charges des collectivités, petites industries, artisanat, commerce,...) non soumises à autorisation de rejet, et qui sont collectées par un réseau d'égouttage. La population concernée comprend une population sédentaire, une population "hors domicile" (bureaux, ...) et une population touristique.
- apports et rejets domestiques non égouttés, de type dispersé;
- apports et rejets directs d'élevage, de type dispersé: la charge polluante émise par les animaux d'élevage, principalement les bovins, est pour majeure partie déversée sur les sols agricoles, soit directement quand le bétail est en pâture, soit par épandage mécanique des fumiers et des

lisiers quand les animaux sont à l'étable. Une partie de ces déjections animales est cependant rejetée directement en rivière ou en égout (par exemple, trop-plein des cuves de stockage).

- apports provenant du lessivage des sols, de type diffus.

De façon très résumée, les divers apports et rejets ont été estimés à partir des données suivantes:

- apports et rejets industriels: sur base des autorisations de rejets accordées par les services de l'Inspection Générale de l'Eau de la Région Wallonne;
- apports domestiques: par l'utilisation du concept d'équivalent-habitant, en tenant compte de la subdivision en population résidente, hors domicile et touristique. Les fractions égouttées et non égouttées sont données par un coefficient moyen d'égouttage, variable d'une commune à l'autre, fourni par les Intercommunales chargées de l'épuration.
- apports directs d'élevage: sur base du cheptel recensé par commune.
- apports par les sols: une approche basée sur l'utilisation de fonctions d'apport a été adoptée pour PEGASE. La synthèse des données relatives au fonctionnement de plusieurs micro-bassins versants, caractéristiques des diverses natures et occupations du sol en Région Wallonne, a permis d'établir des fonctions d'apport pour la charge carbonée, azotée et phosphorée en fonction du type d'occupation (cultures, prairies, forêts). Ces fonctions d'apport sont des valeurs moyennes dans le temps (échelle de temps d'une semaine à un mois) et dans l'espace (pour des bassins versants dont la dimension est au moins égale à quelques kilomètres carrés).

LES ETAPES DE LA MODELISATION

Calcul des débits

Le calcul des débits et de la description du transport des charges polluantes est relativement complexe si l'on souhaite reproduire en détail des phénomènes non-stationnaires tels que la propagation d'une crue ou l'évolution d'un rejet accidentel. Or l'objectif de PEGASE n'est pas d'obtenir une description fine des évolutions temporelles à court terme, mais bien de fournir une image de la qualité des eaux dans des conditions de débit caractéristique : étiage, débit moyen, régime de crue établi, et ce pour des temps caractéristiques de quelques jours ou plus.

Dans PEGASE, la modélisation des débits est donc réalisées à partir des mesures de débit effectuées aux stations de mesures hydrologiques. A partir de ces mesures, les débits des rivières peuvent être calculés à partir des surfaces des bassins hydrographiques, affectées de corrections tenant compte des différences de pluviosité (variables avec l'altitude) et des caractéristiques propres des bassins.

Ces calculs permettent en général d'obtenir des valeurs très proches des valeurs mesurées, à condition de respecter impérativement deux règles simples: (1°) les évaluations doivent porter sur des temps caractéristiques supérieurs ou égaux au temps caractéristique de transit de l'eau dans le bassin versant considéré; (2°) les débits doivent naturellement être corrigés pour tenir compte des prélèvements nets (c'est-à-dire non accompagnés d'une restitution) ou des importations et exportations nettes entre les divers bassins versants.

Dans PEGASE, les surfaces des bassins versants, calculées en fonction de la distance à la source, sont directement utilisées pour réaliser ces calculs. Les résultats ainsi obtenus sont généralement en bon accord avec les valeurs mesurées : l'écart est de l'ordre de quelques pourcents, ce qui également l'ordre de grandeur de l'incertitude attachée à la mesure des débits. La figure 3 fournit à titre d'exemple les débits moyens mensuels (année 1981) de la Semois mesurés à la station de Membre, comparés aux débits calculés en ce point en utilisant le débit de la Meuse à Ampsin-Neuville comme débit de référence.

Estimation des paramètres géométriques

Pour le réseau hydrographique wallon, les données géométriques relatives aux profils transversaux des cours d'eau ne sont connus qu'en de très rares points, sauf pour les grandes rivières (Sambre et Meuse) très largement canalisées. Or, la connaissance des largeurs des cours d'eau est indispensable pour pouvoir évaluer, en fonction du débit, la section mouillée et la vitesse d'écoulement.

Dans PEGASE, les largeurs sont estimées, soit à partir des données disponibles, soit sur base d'une approche géomorphologique analogue à celle introduite par HORTON. Cette approche permet en effet d'établir, pour un réseau hydrographique relativement homogène, des relations statistiques entre la distance à la source et la largeur moyenne du cours d'eau.

Calcul des vitesses et des temps de transfert

Pour les situations stationnaires décrites par PEGASE, les relations entre les caractéristiques géométriques de la rivière (pente, rugosité, ...) et les variables hydrodynamiques caractérisant l'écoulement (hauteur, section, vitesse, ...) peuvent s'exprimer de manière relativement simple. Le modèle PEGASE utilise la formulation classique de MANNING, utilisant dans une première approche une valeur constante pour le coefficient de rugosité. La connaissance des débits, des largeurs et des pentes permet de calculer, en tout point du réseau hydrographique, la vitesse moyenne de l'écoulement et d'obtenir le temps de transfert des masses d'eau entre deux points quelconques.

Dans le cas des voies d'eau navigables dont les plans d'eau sont artificiellement maintenus, le calcul des variables hydrodynamiques se fait à partir d'un calcul complet de la ligne d'eau, les données de base étant les caractéristiques géométriques du fond et des berges, ainsi que les caractéristiques des barrages-écluses.

Caractérisation des rejets

La méthode de quantification des divers apports et rejets a été brièvement exposée ci-dessus; les apports et rejets sont exprimés en charge carbonée, azotée et phosphorée. Toutefois, l'existence des processus de sédimentation et d'auto-épuration impose de subdiviser chacun de ces compartiments (carbone, azote, phosphore) en plusieurs sous-compartiments. Cette division doit tenir compte des différences de comportement physique (en particulier vis-à-vis de la sédimentation), chimique et biologique (biodégradabilité).

Pour obtenir une représentation suffisamment fine, les 12 sous-compartiments suivants ont été pris en compte: 4 se rapportent à la charge en carbone organique (dissous

dégradable, dissous non dégradable, particulaire dégradable, particulaire non dégradable), 3 à l'azote organique (dissous dégradable, dissous non dégradable, particulaire dégradable), 2 à l'azote minéral (nitrates et ammoniaque), 2 au phosphore organique (dissous dégradable et particulaire dégradable) et 1 au phosphore minéral (orthophosphates). Par composé "non dégradable", il faut entendre "non dégradable à court ou à moyen terme", c'est-à-dire n'étant pas significativement dégradé, dans le milieu aquatique, après des temps de l'ordre de quelques jours ou quelques dizaines de jours.

Variables et processus

Il ne peut être question, dans le cadre du présent document, de présenter une description détaillée de la structure du modèle PEGASE. On se limitera donc à présenter brièvement les différentes variables explicitement décrites par le modèle en citant, le cas échéant, les principaux processus où ces variables interviennent.

Outre les variables hydrodynamiques explicitées ci-dessus (débit, profondeur, section et vitesse moyennes), l'état physique des eaux est décrit par la température "naturelle", l'échauffement par rapport à cette température naturelle, la concentration en matières en suspension et la transparence de l'eau.

L'évolution de la température naturelle dépend principalement des échanges qui se produisent à l'interface eau/atmosphère (rayonnement, convection, évaporation). Ces processus ne sont pas décrits explicitement, la température naturelle étant représentée par un sous-modèle statistique dont la donnée d'entrée est une température générale de référence, la température des différents tronçons étant alors calculée en fonction de leur altitude. L'échauffement est déterminé à partir des rejets thermiques, et le refroidissement ultérieur est représenté par un coefficient d'échange linéaire.

Dans l'état actuel de développement du modèle, la concentration en matières minérales en suspension est représentée par un sous-modèle statistique corrélant la charge particulaire aux débits. Cette variable intervient dans le calcul de la transparence de l'eau. Cette dernière variable résulte de quatre contributions : matières minérales en suspension, matières organiques particulaires, phytoplancton, végétaux benthiques (macrophytes).

Les variables représentatives de la qualité chimique des eaux de surface sont les suivantes :

- les concentrations en C, N et P associés à la matière organique dégradable, tant particulaire que dissoute;
- la concentration en C associé à la matière organique non dégradable, particulaire et dissoute;
- les concentrations en C, N et P associés à la matière organique particulaire dégradable sédimentée (concentrations surfaciques);
- les concentrations en ammoniaque, nitrates et orthophosphates;
- la concentrations en oxygène dissous: la valeur moyenne journalière et les valeurs minimum et maximum journalières sont calculées, de manière à déterminer l'amplitude de la fluctuation jour/nuit.

Pour le carbone, l'azote et le phosphore associés aux diverses formes de matière organiques, les sources sont soit externes (apports des sols et rejets), soit internes (excrétions et mortalité des diverses biomasses). Les processus d'élimination sont, selon le compartiment

considéré, la dégradation par les bactéries hétérotrophes (planctoniques ou du biofilm), la sédimentation, ou une combinaison de ces deux processus.

Pour l'ammoniaque et les orthophosphates, les sources peuvent également être externes ou internes: dégradation de l'azote ou du phosphore organique dégradable par les bactéries hétérotrophes planctoniques et du biofilm, dégradation de l'azote et du phosphore particulaire des sédiments sous l'action des bactéries benthiques. Le processus d'élimination est l'assimilation par les bactéries hétérotrophes planctoniques et par les biomasses végétales phytoplanctonique et benthique. Il s'y ajoute, pour l'ammoniaque, la nitrification, et pour les orthophosphates, l'adsorption sur la matière en suspension et la formation de complexes insolubles qui sédimentent en fonction de la vitesse du courant.

Pour les nitrates enfin, les sources sont externes et internes (nitrification de l'ammoniaque), l'assimilation étant réalisée par les biomasses végétales phytoplanctonique et benthique.

En ce qui concerne l'activité biologique, les biomasses suivantes sont décrites par le biais de leur concentration en carbone, azote et phosphore, le rapport C/N/P caractérisant chaque biomasse étant considéré comme constant :

- biomasse végétale phytoplanctonique;
- biomasse végétale benthique (macrophytes et phytobenthos);
- biomasse bactérienne autotrophe planctonique (bactéries nitrifiantes);
- biomasse bactérienne hétérotrophe planctonique.

Deux biomasses complémentaires ne sont pas représentées directement, mais interviennent par le biais de leur activité, exprimée sous forme d'une vitesse de dégradation de la matière organique par unité de surface du fond :

- biomasse bactérienne du biofilm ;
- biomasse bactérienne des sédiments.

Le taux de croissance du phytoplancton est conditionné par l'intensité de la lumière incidente (donnée d'entrée à composante périodique), la transparence et la profondeur de l'eau, la température et la disponibilité en N (NH_4, NO_3) et en P (PO_4). La décroissance de la biomasse phytoplanctonique est calculée à partir d'un taux de mortalité et d'un taux de respiration (tous deux dépendant de la température) ainsi que d'un taux de sédimentation.

La biomasse végétale benthique est calculée à partir d'un sous-modèle statistique intégrant la pente du tronçon de rivière, la période de l'année et la charge en matière organique. Son taux de croissance dépend des mêmes variables que pour le phytoplancton, et sa décroissance est décrite par un taux de mortalité variable avec la température.

La croissance de la biomasse nitrifiante dépend de la température et de la disponibilité en ammoniaque; sa décroissance est également décrite par un taux de mortalité variable avec la température.

Pour la biomasse bactérienne hétérotrophe planctonique, qui assure la dégradation de la matière organique détritique présente dans la colonne d'eau, le taux de croissance est fonction de la concentration en matière organique dégradable et de la température. Il lui est associé un taux de mortalité.

L'activité bactérienne du biofilm et des sédiments est déterminée par la température et, selon le cas, par la concentration en matière organique dégradable dans la colonne d'eau ou

par le flux de matière organique se déposant sur le fond.

L'activité de ces différentes biomasses a bien entendu une incidence directe sur les concentrations des diverses formes de C, N et P présentes dans le milieu, incidence qui est explicitement décrite par le modèle. Pour l'oxygène, les termes de production résultent de l'activité des biomasses végétales planctoniques et benthiques; les termes de consommation sont liés à la respiration de ces mêmes biomasses végétales ainsi que des biomasses bactériennes hétérotrophes (planctonique, du biofilm et benthique) et autotrophes. Bien entendu, un flux d'échange à travers la surface (réaération), fonction de la vitesse, de la profondeur et de l'écart à la saturation, est décrit par le modèle.

Les concentrations dans la colonne d'eau sont enfin calculées en combinant :

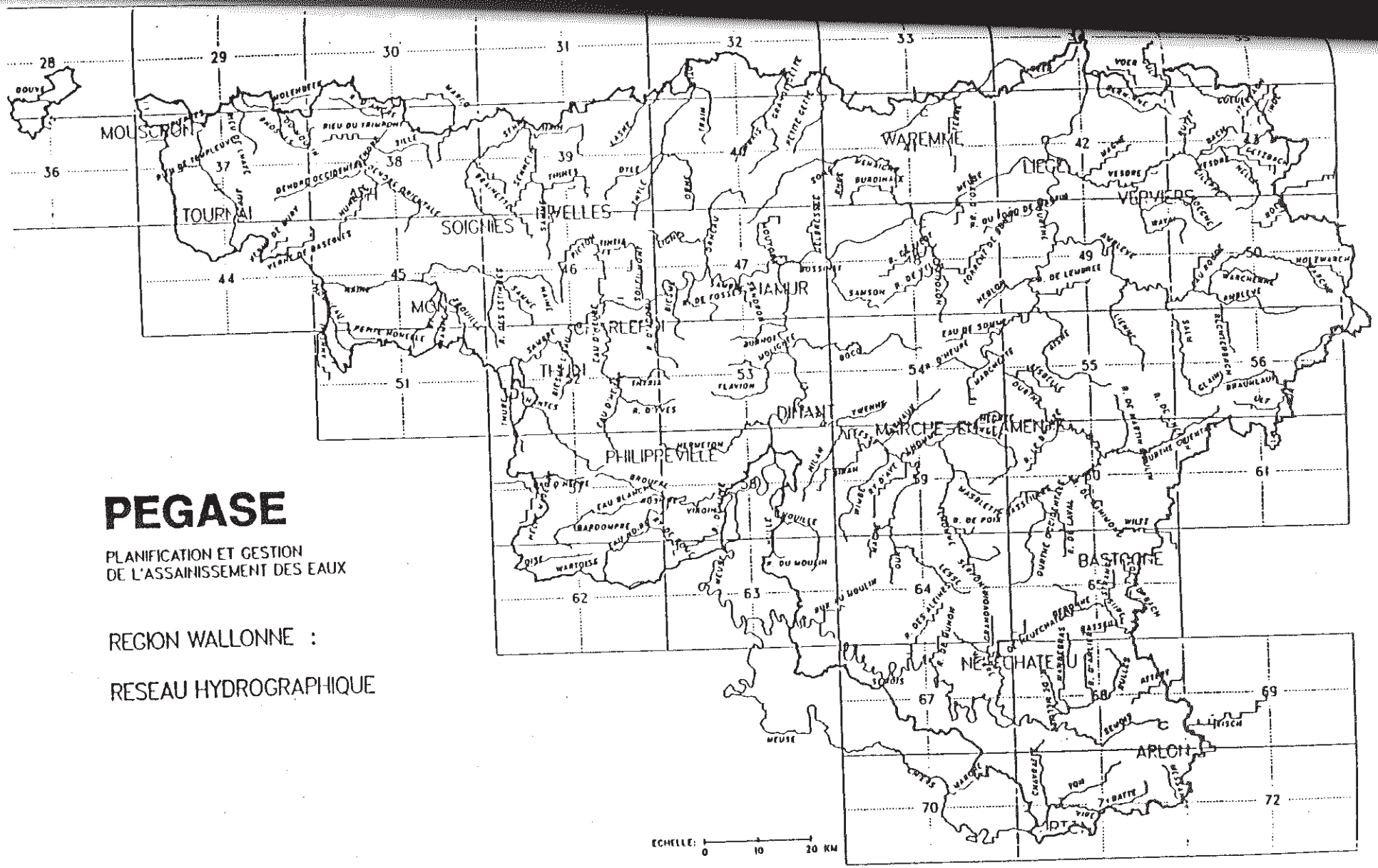
- le transport par les masses d'eau;
- les apports ou les effets de dilution par les affluents;
- les apports liés aux rejets ponctuels, dispersés et diffus;
- les différents processus internes de production et de consommation;
- les échanges avec l'atmosphère.

RESULTATS DE LA MODELISATION

Une simulation générale de la qualité de l'eau a été réalisée pour une situation typique d'étiage, les valeurs caractérisant cette situation hydrométéorologique étant un débit de la Meuse à Ampsin-Neuville de 50 m^3/s, une insolation moyenne journalière de 2200 $J/cm^2.j$ et une température de référence de 20°C. Le calcul a été réalisé pour deux scénarios : sans aucune épuration des rejets urbains d'une part, et avec une épuration des rejets urbains conforme à la situation existant en 1990 d'autre part. A titre d'exemple, les figures 4 à 11 reprennent quelques résultats de ces simulations pour la rivière Semois.

REMERCIEMENTS

PEGASE a été réalisé à l'initiative de la Région Wallonne, avec la collaboration active de l'Administration Régionale et des Intercommunales chargées de l'épuration, et avec le concours de nombreuses institutions ayant une activité dans le domaine de l'eau en Région Wallonne (Commission des Eaux de Surface, Union Wallonne des Entreprises, Services Techniques Provinciaux, Aquawal, IHE).



MINISTERE DE LA REGION WALLONNE
ULG / ULB / FUNDPH

Figure 1

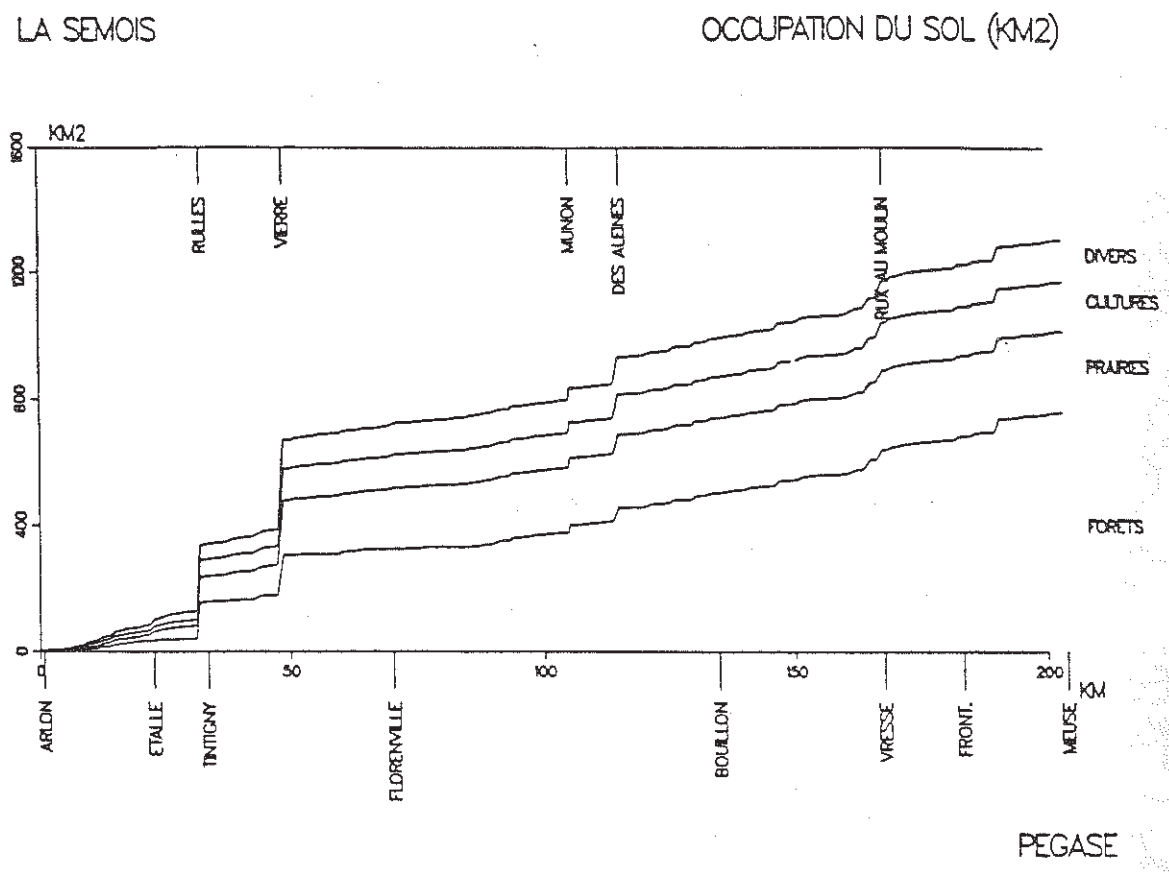
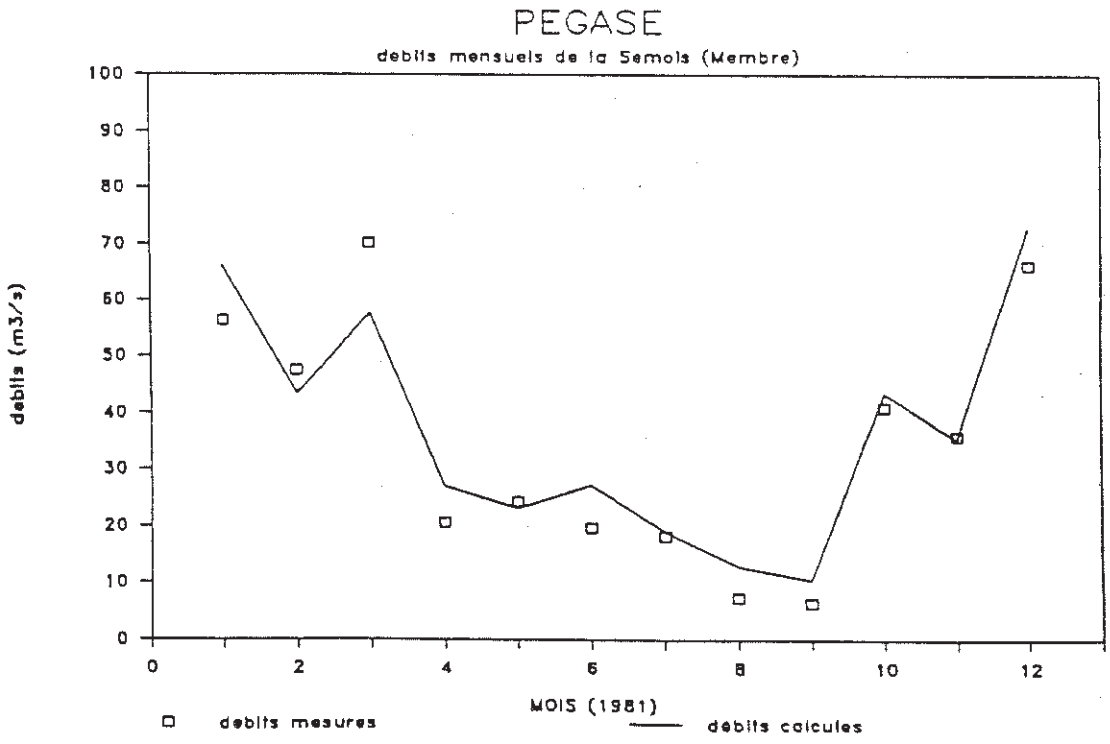


Figure 2



Firure 3

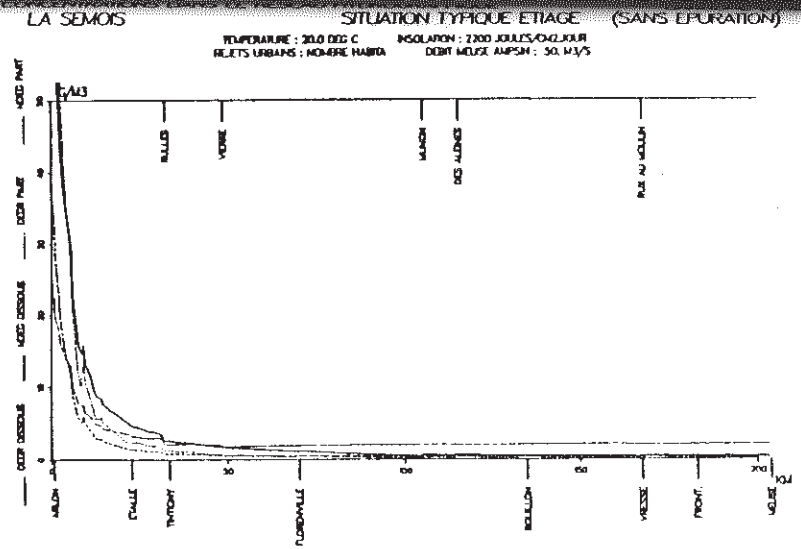


Figure 4

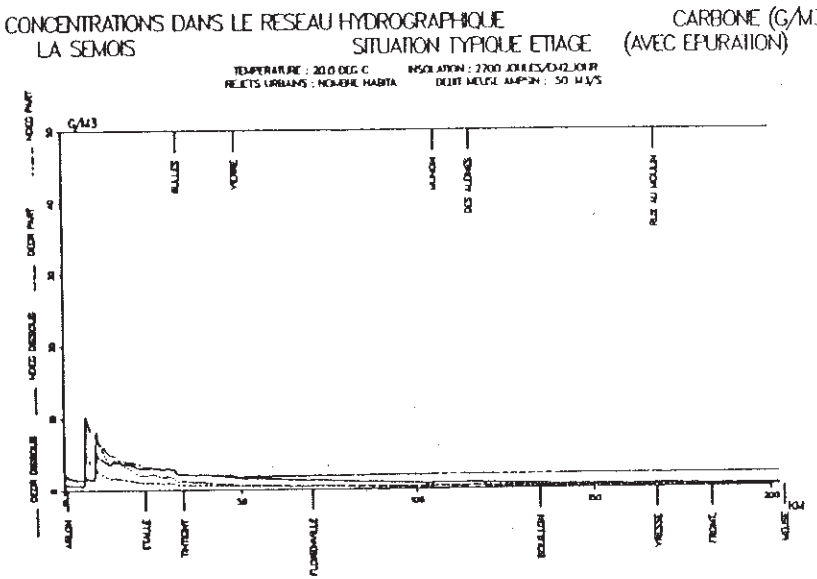


Figure 5

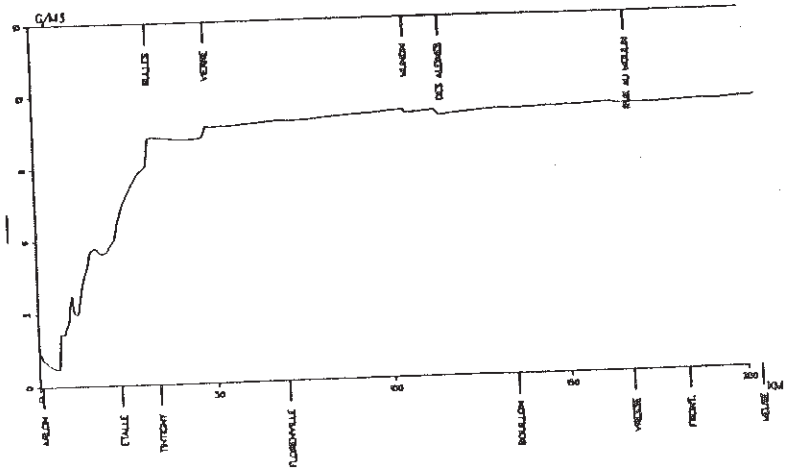


Figure 6

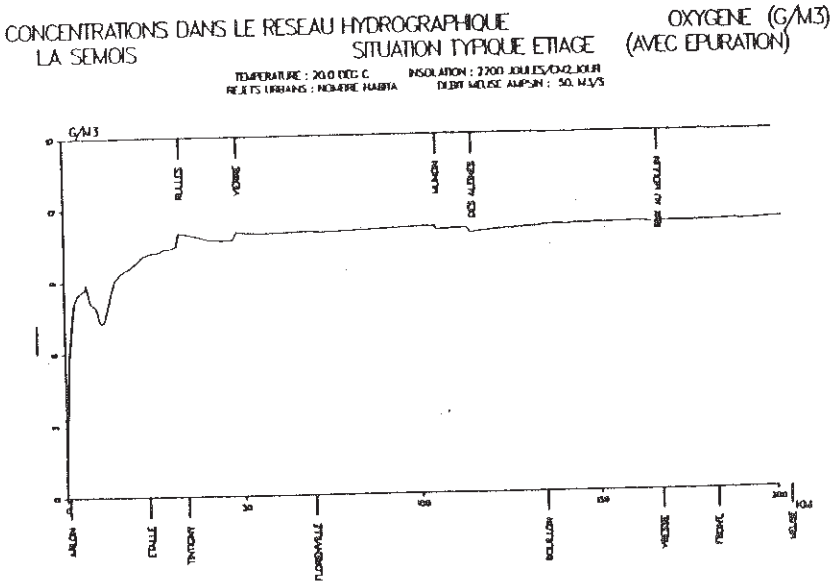


Figure 7

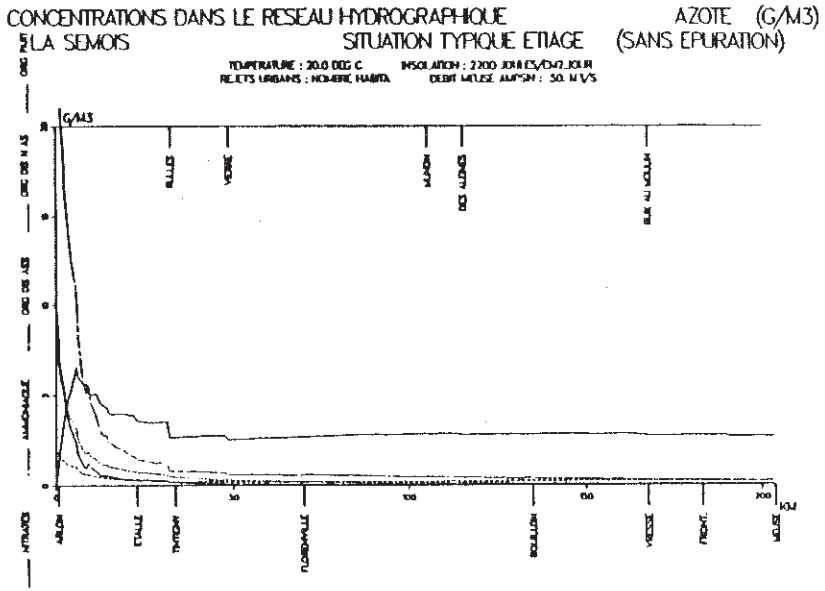


Figure 8

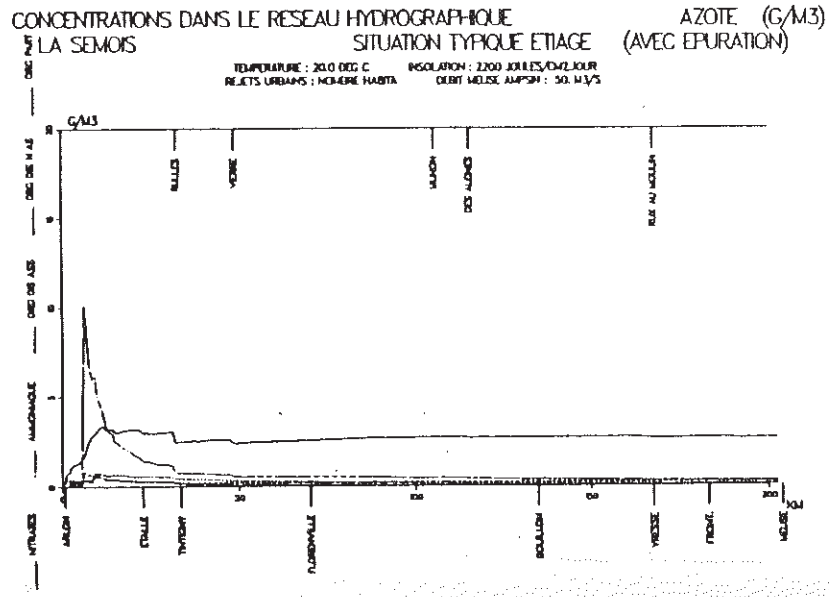


Figure 9

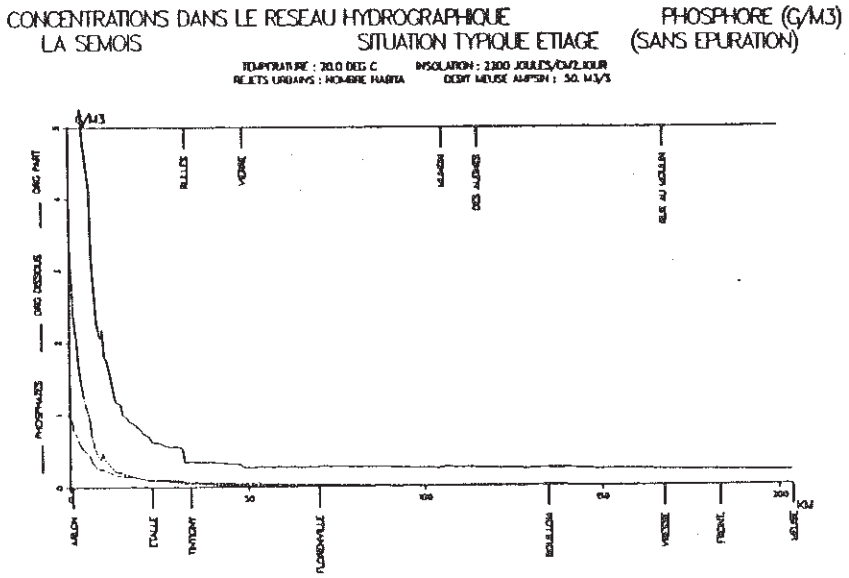


Figure 10

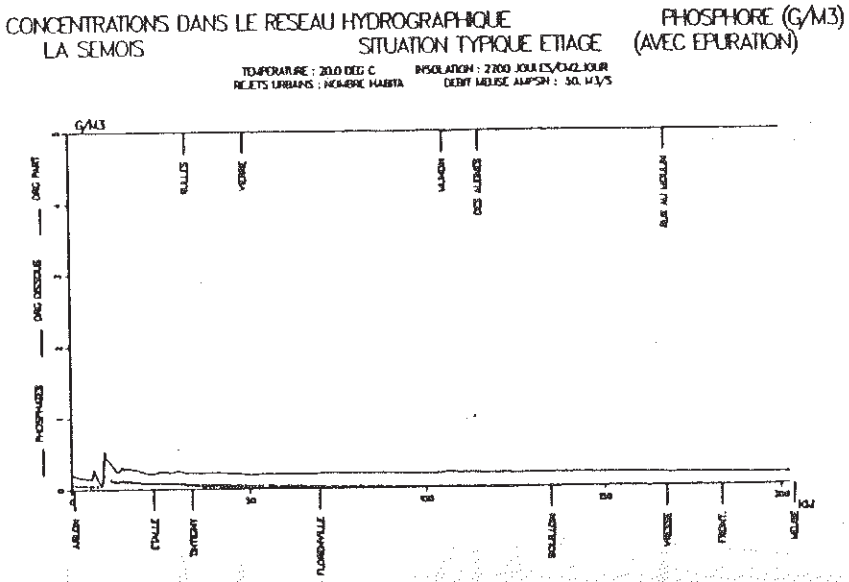


Figure 11