

Projet spécial d'interventions environnementales
dans le bassin de la rivière l'Assomption

PRELIMINAIRE

**QUALITÉ DU RUISSEAU-DES-ANGES
RAPPORT D'ÉTAPE
PÉRIODE DU 13 AOÛT AU 3 DÉCEMBRE 1986**

Georges Gangbazo, ing., M.Sc.
Direction de l'assainissement agricole
et
Yolaine Blais, ing., M.Sc.
Direction régionale de Montréal-Lanaudière

Ministère de l'Environnement du Québec

1987
Envirod0q

Fui

REMERCIEMENTS

Les personnes mentionnées ci-dessous ont collaboré d'une façon ou d'une autre à la réalisation de ce projet. Nous tenons à leur exprimer nos sincères remerciements.

Ministère de l'Environnement

Direction de la qualité du milieu aquatique:

Monsieur Simon Théberge
Monsieur Yves Grimard
Monsieur Jean-Paul Boucher
Monsieur Louis Hébert

Direction du laboratoire de Montréal:

Monsieur Donald Colgan

Ministère de l'Agriculture

Service de la recherche en sol:

Monsieur Claude Bernard

Institut national de la recherche scientifique

INRS-Eau:

Monsieur Daniel Cluis

RÉSUMÉ

L'interprétation des données recueillies l'automne 1986 indique qu'au cours de la période visée par la campagne d'échantillonnage (août à novembre 1986), le Ruisseau-des-Anges était fortement pollué notamment par les formes solubles d'azote (nitrates et azote ammoniacal) et par les coliformes fécaux. En effet, les concentrations moyennes de nitrites-nitrates, d'azote ammoniacal et de coliformes fécaux étaient respectivement 6,80 mg N/l; 0,23 mg N/l et 1 210 unités/100 ml. Ces valeurs dépassaient les critères exigés pour le plein usage de l'eau de plus de 2 000, 1 000 et 500 pour cent respectivement.

Tout le long de l'échantillonnage, les nitrites-nitrates étaient la forme prépondérante de l'azote soluble avec une concentration moyenne 30 fois plus élevée et même 300 fois en temps de pluie.

A l'automne 1986, la charge moyenne de matières nutritives était de l'ordre de 55 g $\text{NO}_2^- \text{NO}_3^-$ /ha, j; 1,83 g NH_4 /ha, j; 1,13 g P total/ha, j et 37 g K total/ha, j. La charge moyenne de MES et de coliformes fécaux était respectivement de l'ordre de 0,24 kg/ha, j et 3×10^8 unités/ha, j.

À la suite d'une précipitation suffisamment importante pour provoquer une augmentation du débit, les nitrites-nitrates subissent un effet de lessivage; par contre, le potassium est dilué. L'échantillonnage n'a pas permis d'établir des relations aussi fiables entre le débit et les concentrations d'autres paramètres tels que le phosphore, les MES et les coliformes fécaux.

L'interprétation des données permet de démontrer que du mois d'août au mois de novembre, la concentration de nitrites-nitrates dans l'eau augmente sans cesse, traduisant la réduction du prélèvement de cet élément par les plantes à la fin de la saison de végétation.

TABLE DES MATIÈRES

	<u>Page</u>
REMERCIEMENTS	I
RÉSUMÉ.....	II
LISTE DES FIGURES	V
LISTE DES TABLEAUX	VII
A. INTRODUCTION	1
1. Historique et objectifs	1
2. Usages de l'eau du Ruisseau-des-Anges	1
3. Description du bassin du Ruisseau-des-Anges	1
B. MÉTHODOLOGIE	3
1. Méthodes sur le terrain	3
2. Méthodes au laboratoire	3
C. RÉSULTATS	4
C.1 Éléments nutritifs: azote, phosphore, potassium	4
1. Échantillonnage hebdomadaire	4
1.1 Concentrations moyennes	4
1.2 Relations précipitations-débits	5
1.3 Charges moyennes	5
1.4 Comportement du Ruisseau-des-Anges: échant. hebdo.....	6
2. Échantillonnage en temps de pluie	6
2.1 Relations précipitations-débits	6
2.2 Concentrations moyennes	7
2.3 Charges moyennes	8
2.4 Comportement du Ruisseau-des-Anges et de ses affluents en temps de pluie	9
C.2 Demande biologique en oxygène; oxygène dissous	10
1. Échantillonnage hebdomadaire.....	10
1.1 Concentrations moyennes	10
1.2 Comportement du Ruisseau-des-Anges: échant. hebdo.....	11
2. Échantillonnage en temps de pluie	11
C.3 Matières en suspension; coliformes fécaux	11
1. Échantillonnage hebdomadaire.....	11
1.1 Concentrations moyennes	11
1.2 Charges moyennes	11
1.3 Comportement du Ruisseau-des-Anges: échant. hebdo.....	12
2. Échantillonnage en temps de pluie	12
2.1 Concentrations moyennes	12
2.2 Charges moyennes	12
2.3 Comportement du Ruisseau-des-Anges en temps de pluie	12
D. CONCLUSIONS	13
E. RECOMMANDATIONS	14
F. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	15

	<u>Page</u>
G. FIGURES	16
H. TABLEAUX	31
I. ANNEXE	57

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1	Localisation du bassin de la rivière l'Assomption17
2	Bassin de la rivière l'Assomption montrant le Ruisseau-des-Anges18
3	Identification des stations d'échantillonnage installées sur le Ruisseau-des-Anges et ses affluents19
4	Concentrations moyennes, minimales et maximales des matières nutritives à la station A1: échantillonnage hebdomadaire.....20
5	Comparaison des formes solubles d'azote à la station A1: échantillonnage hebdomadaire.....21
6	Influence des précipitations sur le débit de la station A1: échantillonnage hebdomadaire.....22
7	Influence du débit sur la concentration de nitrates à la station A1: échant. hebdo.....23
8	Influence du débit sur la concentration de potassium total à la station A1: échant. hebdo.....23
9	Répartition des événements pluvieux dans le temps24
10	Évolution temporelle de la concentration de nitrates à la station A1: échant. hebdo.....25
11	Évolution temporelle de la concentration d'azote ammoniacal à la station A1: échant. hebdo.....25
12	Comportement des nitrates à la station A1 en temps de pluie26
13	Comportement de l'azote ammoniacal à la station A1 en temps de pluie26
14	Comportement du phosphore dissous à la station A1 en temps de pluie27
15	Comportement du phosphore total à la station A1 en temps de pluie27

Figure 16	Comportement du potassium total à la station A1 en temps de pluie28
17	Évolution temporelle de la DBO et de l'oxygène dissous à la station A1: échant. hebdo.....29
18	Comportement de la DBO à la station A1 en temps de pluie29
19	Comportement des MES à la station A1 en temps de pluie30
20	Comportement des coliformes fécaux à la station A1 en temps de pluie30

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1	Utilisation du sol dans le bassin du Ruisseau-des-Anges.....32
2	Localisation des stations d'échantillonnage et identification des équipements installés sur place....33
3	Résumé du plan d'échantillonnage et d'analyse34
4	Concentrations moyennes, minimales, maximales de matières nutritives et pourcentages de dépassement des critères de qualité à la station A1: échantillonnage hebdomadaire.....35
5	Précipitations totales mensuelles et pourcentages de la normale à la station météorologique de l'Assomption36
6	Charges moyennes, minimales et maximales de matières nutritives à la station A1: échantillonnage hebdomadaire.....36
7	Matrice des corrélations liant les concentrations des matières nutritives entre elles et le débit à la station A1: échantillonnage hebdomadaire.....37
9	Précipitation totale et débit moyen à chaque station en temps de pluie.....39
10	Situation de la période d'échantillonnage lors des événements pluvieux40
11	Moyenne, écart-type, valeurs minimales et maximales des concentrations de matières nutritives en temps de pluie.....41
12	Rapports des concentrations moyennes de matières nutritives en temps de pluie42
13	Charges moyennes de matières nutritives en temps de pluie43

Tableau 14	Matrice des corrélations liant les concentrations des matières nutritives à la station A1 lors du premier événement pluvieux	44
15	Matrice des corrélations liant les concentrations des matières nutritives à la station A1 lors du deuxième événement pluvieux	45
16	Matrice des corrélations liant les concentrations des matières nutritives à la station A1 lors du troisième événement pluvieux	46
17	Matrice des corrélations liant les concentrations des matières nutritives à la station A2 lors du deuxième événement pluvieux	47
18	Matrice des corrélations liant les concentrations des matières nutritives à la station A3 lors du deuxième événement pluvieux	48
19	Matrice des corrélations liant les concentrations des matières nutritives à la station A2 lors du troisième événement pluvieux	49
20	Matrice des corrélations liant les concentrations des matières nutritives à la station A3 lors du troisième événement pluvieux	50
21	Concentrations moyennes, minimales (DBO, OD) et pourcentage de dépassement des critères de qualité à la station A1: échantillonnage hebdomadaire.....	51
22	Moyenne, écart-type, valeurs minimales et maximales des concentrations de DBO à la station A1 en temps de pluie	52
23	Concentrations moyennes, minimales, maximales (MES; coliformes fécaux) et pourcentages de dépassement des critères de qualité à la station A1: échantillonnage hebdomadaire.....	53
24	Charges moyennes, minimales et maximales de MES et de coliformes fécaux à la station A1: échantillonnage hebdomadaire.....	54

25	Moyennes, écart-type, valeurs minimales et maximales des concentrations de MES et de coliformes fécaux à chaque station en temps de pluie	55
26	Charges moyennes de MES et de coliformes fécaux à chaque station en temps de pluie.....	56

A. INTRODUCTION

1. Historique et objectifs

En 1986, le ministère de l'Environnement et le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec ont convenu de mettre sur pied "un projet spécial d'interventions environnementales" dans le bassin de la rivière l'Assomption.

Le but du projet est d'évaluer sur un bassin relativement petit, l'efficacité de certaines mesures de contrôle de la pollution agricole, que ce soit dans le domaine de la gestion des déjections animales (fumier, lisier), de l'érosion et de la conservation du sol ou des aménagements hydro-agricoles.

Le bassin du Ruisseau-des-Anges fut retenu comme secteur particulier où seront d'abord concentrés ces travaux. Un réseau d'acquisition de données de qualité fut donc installé afin d'évaluer la qualité de l'eau avant les interventions (phase 1: automne 1986 - printemps 1987). La campagne d'échantillonnage a été conçue de manière à permettre d'obtenir des données pertinentes sur la qualité de l'eau à chaque semaine, par temps de pluie et à la fonte de la neige au printemps. Il est prévu qu'une autre campagne d'échantillonnage (phase 2) ait lieu après les interventions pour en évaluer l'efficacité.

Le présent document se veut une analyse des résultats obtenus au cours de la première partie de la campagne d'échantillonnage d'avant intervention, soit à l'automne 1986.

2. Usages de l'eau du Ruisseau-des-Anges

L'eau du Ruisseau-des-Anges comme telle n'est utilisée à aucune fin particulière ni pour la consommation, la récréation, ni pour l'agriculture ou l'élevage (irrigation, abreuvement). Sa vocation principale est de drainer les terres agricoles du bassin. Cependant, le Ruisseau-des-Anges se jette dans la rivière l'Achigan, cette dernière alimentant la prise d'eau de la ville de l'Épiphanie. Il contribue donc directement à la pollution de la rivière l'Achigan.

3. Description du bassin du Ruisseau-des-Anges

Le Ruisseau-des-Anges est un tributaire de la rivière l'Achigan, lui-même tributaire de la rivière l'Assomption (figures 1 et 2).

Le bassin du Ruisseau-des-Anges a une superficie totale de 3 180 ha et se trouve principalement en zone agricole. Les herbages, les céréales et le maïs occupent plus de 50% de sa superficie totale (tableau 1). La population animale est de l'ordre de 4 300 unités animales (UA) ce qui donne une concentration de 1,95 UA/ha de terre cultivable. Précisons que dans le bassin de rivière l'Achigan, la concentration animale est de l'ordre de 2,55 UA/ha alors que la concentration maximale permmissible au

point de vue environnemental est de 1,09 UA/ha (Gangbazo et Buteau, 1985). Le ruissellement et le drainage dus à des sources diffuses constituent donc une source importante d'apports d'azote et de phosphore dans le cours d'eau d'autant plus que ce dernier ne reçoit les eaux d'aucun égout municipal ou industriel à proprement parler. À part les sources diffuses agricoles, les seules sources ponctuelles sont les eaux de lavage de légumes (à l'automne), et les rejets de quelques maisons isolées.

Le bassin du Ruisseau-des-Anges fait partie d'une région plutôt plane du bassin de la rivière l'Assomption, celle des Basses-Terres du Saint-Laurent. Les formations rocheuses y sont essentiellement d'origine sédimentaire. Elles se composent de grès et de conglomérat d'âge cambrien appartenant au groupe Potsdam, de dolomie du groupe de Beekmantown, de calcaire rattaché aux groupes de Black River et de Trenton ainsi que de shale du groupe de l'Utica et du Lorraine. Ces divers types de roches sont d'âge ordovicien. Les dépôts meubles du bassin du Ruisseau-des-Anges sont pour leur part composés surtout d'argiles interstratifiées et par endroits de minces lits de sables puis de sable et/ou gravier deltaïque et fluviatile autour des dépôts d'argile (Paré, 1980).

B. MÉTHODOLOGIE

1. Méthodes sur le terrain

Trois stations furent installées sur le Ruisseau-des-Anges au cours de l'été 1986. Le tableau 2 présente la localisation de ces stations ainsi que les équipements dont elles sont dotées. La figure 3 identifie les stations sur le cours d'eau. La méthode d'échantillonnage consistait à descendre une bouteille de prélèvement sous la surface de l'eau pour la remplir et à transvider le volume requis d'eau dans des bouteilles de laboratoire. Ces dernières étaient ensuite entreposées dans une glacière contenant des sacs de glace, puis envoyées au laboratoire dans les meilleurs délais. La station A1 fut échantillonnée systématiquement une fois par semaine (échantillonnage hebdomadaire) pendant 17 semaines soit du 12 août au 2 décembre 1986. Elle fut également échantillonnée lors de trois événements pluvieux (échantillonnage en temps de pluie). Les stations A2 et A3 furent échantillonnées seulement lors des deux derniers événements pluvieux.

Les trois pluies ont eu lieu respectivement les 27-28 août, 29-30 septembre et 29-30 octobre 1986. Il fut décidé que les événements pluvieux devaient avoir une hauteur minimale de 10 mm sur une période de 24 heures. Les échantillons étaient alors prélevés à un intervalle d'une heure pour une période de 24 heures, soit un total de 24 échantillons par événement pluvieux.

2. Méthodes au laboratoire

Les échantillons ont été analysés au laboratoire du ministère de l'Environnement du Québec à Ville de Laval selon des méthodes standardisées. Le tableau 3 résume le plan d'échantillonnage et d'analyse.

C. RÉSULTATS

C.1 ÉLÉMENTS NUTRITIFS: AZOTE, PHOSPHORE, POTASSIUM

1. Échantillonnage hebdomadaire

1.1 Concentrations moyennes

Les concentrations moyennes des formes d'azote, de phosphore et de potassium figurent au tableau 4. On y retrouve également les minimums, maximums et les pourcentages de dépassement des critères de qualité de l'eau. La figure 4 schématise ces données. Les critères utilisés sont ceux exigés pour le plein usage de l'eau à savoir: pour les nitrites et nitrates, une concentration de 0,28 mg N/l; pour l'azote ammoniacal 0,02 mg N/l (Gouin et Malo, 1977) et pour le phosphore total, une concentration de 0,05 mg P/l (CCMRE, 1985). Il n'existe pas de critère pour le phosphore dissous et le potassium total.

On remarque qu'au cours de la période visée par l'étude, la concentration de nitrates (c'est-à-dire nitrites et nitrates) était de 6,80 mg/l, ce qui dépassait de plus de 2 000 pour cent le critère de qualité de l'eau pour ce paramètre; la concentration d'azote ammoniacal était pour sa part de 0,23 mg/l, ce qui était supérieur de plus de 1 000 pour cent au critère de qualité de l'eau. Quant à la concentration de phosphore total, elle était de 0,12 mg/l et ne dépassait de plus de 100 pour cent le critère de qualité.

Le Ruisseau-des-Anges est donc fortement pollué surtout par l'azote sous forme soluble. Étant donné que ses eaux alimentent la rivière l'Achigan de laquelle la ville de l'Épiphanie puise son eau potable, décrivons brièvement les effets négatifs des composés azotés et phosphatés sur l'utilisation de l'eau. En effet, lors du processus de désinfection de l'eau de consommation, l'azote réagit avec le chlore pour former des chloramines; ces derniers réagissent à leur tour avec la matière organique présente dans l'eau pour former des trihalométhanes, substances cancérogènes pour l'homme (EPA, 1972). Par ailleurs, le potentiel de désinfection des chloramines est inférieur à celui du chlore libre; à des concentrations supérieures à 2 mg/l de N-NH₄, la désinfection de l'eau est complètement inefficace, de sorte que l'absence de chlore résiduel dans l'eau traitée peut entraîner la fermeture des usines de filtration. Cette situation s'est produite plusieurs fois au cours des dernières années dans les villes de l'Épiphanie, l'Assomption, Saint-Gérard-Magella, Saint-Sulpice, Le Gardeur, Charlemagne et Repentigny, toutes situées dans le bassin de la rivière l'Assomption (Théberge, 1984). La présence de nitrates dans l'eau de consommation est directement reliée à la méthémoglobinémie chez les nourrissons (Keeney, 1983; Martin, 1979) et aux cancers digestifs chez les adultes

(Howson, 1986; Berger, 1982). Les composés azotés et phosphatés sont à l'origine de l'eutrophisation des lacs et des cours d'eau; ce problème a été mis en évidence pour la rivière l'Achigan et la partie inférieure de la rivière l'Assomption (Plinski et Magnin, 1983).

L'analyse des données révèle d'autre part que les nitrates étaient la forme prépondérante d'azote dans le Ruisseau-des-Anges au cours de la période d'échantillonnage avec une concentration moyenne de 6,80 mg/l comparativement à 0,23 mg/l pour l'azote ammoniacal (figure 5). Cette situation est une caractéristique des régions rurales où à l'automne, le drainage des terres agricoles entraîne dans les cours d'eau les nitrates laissés dans le sol par les cultures. La présence d'azote ammoniacal dans l'eau au cours de cette période malgré sa faible concentration peut provenir de l'épandage des déjections animales, surtout celui du lisier de porc pratiqué comme on le sait tard, à l'automne (octobre-novembre). La concentration de phosphore total se partageait également entre les formes solubles et particulaires, ce qui indique que l'érosion du sol est non négligeable.

1.2 Relations précipitations-débits

La figure 6 présente l'influence des précipitations sur le débit du Ruisseau-des-Anges (station A1) entre les mois d'août et décembre 1986. Le tableau 5 pour sa part indique les précipitations totales mensuelles et les pourcentages de la normale à la station météorologique de l'Assomption pour la période étudiée. On y remarque notamment que les mois d'août et septembre ont connu respectivement 134 et 156 p. cent plus de précipitations que la normale alors que les mois d'octobre et novembre en ont reçu moins, soit respectivement 80 et 91 p. cent. Par contre, le mois de décembre n'a été que très légèrement au-dessus de la normale, ayant reçu 104 p. cent de précipitation. Les relations précipitations-débits apparaissent à la figure 6.

1.3 Charges moyennes

Pendant la période d'échantillonnage, le Ruisseau-des-Anges a transporté en moyenne 172 kg de nitrates, 5,8 kg d'azote ammoniacal, 1,8 kg de phosphore dissous, 3,6 kg de phosphore total et 117 kg de potassium total journalièrement. On peut donc dire qu'entre le 12 août et le 2 décembre 1986, le bassin a perdu au total près de 20 tonnes de nitrates, 0,4 tonnes de phosphore total et 13 tonnes de potassium, soit environ 6,30 kg/ha de nitrates; 0,13 kg/ha de phosphore total et 4,09 kg/ha de potassium (tableau 6).

1.4 Comportement du Ruisseau-des-Anges: échantillonnage hebdomadaire

Le comportement général du ruisseau à l'automne 1986 a été étudié en calculant les corrélations entre les divers paramètres. Les résultats sont présentés au tableau 7.

Les principales conclusions qui découlent du tableau 7 sont:

- La concentration de nitrates manifeste une corrélation positive avec le débit, ce qui signifie que contrairement à la concentration de potassium total ($r = -0,55$), l'augmentation du débit n'a pas pour effet de diluer les nitrates. Les nitrates sont donc lessivés à la suite d'une précipitation suffisamment importante pour provoquer une augmentation du débit. Les figures 7 et 8 traduisent la relation qui lie le débit et la concentration de nitrates d'une part, puis le débit et la concentration de potassium total d'autre part.
- Les autres comportements observés, notamment entre les concentrations des divers éléments nutritifs seront confirmés ou infirmés lors des prochaines campagnes d'échantillonnage.
- Les courbes caractérisant l'évolution de la concentration des matières nutritives et du débit en fonction du temps sont présentées en annexe.

2. Échantillonnage en temps de pluie

2.1 Relations précipitations-débits

Le tableau 9 montre la quantité totale de précipitation tombée lors de chaque événement pluvieux, de même que le débit moyen journalier à chaque station. Les figures 9A-C pour leur part montrent la répartition des événements pluvieux dans le temps. On remarque que bien que les hauteurs totales des deux dernières pluies soient quasi égales (17,3 mm et 17,6 mm respectivement), la troisième pluie a généré un débit 2 à 7 fois plus élevé que la deuxième pluie selon les stations. Cette situation s'explique par le fait qu'il soit tombé 4,8 mm et 6,0 mm de pluie les 26 et 27 octobre respectivement alors qu'aucune pluie n'était tombée du 24 au 27 septembre (figure 6).

On remarque d'autre part que la première pluie s'est concentrée entre les quatre premières heures, qu'il n'y a pas eu de concentration à proprement parler dans le cas de la deuxième pluie, alors que la troisième pluie s'est concentrée dans les dix (10) premières heures (fig. 9).

Ajoutons que l'échantillonnage de la station A1 s'est déroulé entre la 3e et la 26e heure pour ce qui concerne le premier événement pluvieux; pour le deuxième événement pluvieux, l'échantillonnage a eu lieu entre la 10e et la 33e heure à toutes les stations; enfin dans le cas du troisième événement pluvieux l'échantillonnage s'est déroulé entre la 4e et la 27e heure (tableau 10).

2.2 Concentrations moyennes

2.2.1 Azote

On remarque (tableau 11) qu'à la station A1 par exemple, plus on avance dans la saison, plus la concentration de nitrates lors d'un événement pluvieux est élevée. Cette situation a été expliquée précédemment par le ralentissement progressif de l'activité des plantes à cette période mais aussi par la récolte des produits végétaux. La figure 10 montre d'ailleurs l'augmentation marquée de la concentration de nitrates entre septembre et décembre.

Dans le cas de l'azote ammoniacal le tableau 11 montre que sa concentration passe de 0,05 mg/l pour l'événement 1, à 0,07 pour l'événement 2, puis baisse à 0,02 mg/l pour l'événement 3. Cette augmentation de la concentration lors du deuxième événement est difficilement explicable car l'épandage des déjections animales, principalement celui du lisier s'est pratiqué beaucoup plus tard dans la saison, soit dans le mois de novembre pour la région de l'Assomption à l'automne 1986. La figure 11 démontre d'ailleurs l'influence de l'épandage du lisier sur la concentration de l'eau en azote ammoniacal avec une augmentation marquée entre le 25 octobre et le 4 novembre.

L'évolution spatiale de la concentration d'azote peut être mise en évidence pour les résultats obtenus lors du deuxième événement pluvieux (tableau 11). La concentration de nitrates diminue de A3 à A1 passant de 6,67 mg/l en A3 à 5,65 mg/l en A2, puis à 4,29 mg/l en A1. Le débit moyen journalier des stations passant lors du même événement de 8,25 l/s en A2 à 176 l/s en A1 (tableau 9), on peut expliquer la diminution de la concentration de nitrates par l'effet combiné de sa transformation et son utilisation par la microflore du milieu. Dans le cas de l'azote ammoniacal, la concentration demeure à 0,02 mg/l aux stations A3 et A2 mais s'élève à 0,70 mg/l à la station A1. Aucune raison logique n'a été trouvée pour expliquer ce fait.

L'évolution temporelle du rapport NH_4/NO_3 démontre qu'à la station A1, la concentration de l'azote ammoniacal demeure une proportion relativement faible de la concentration de nitrates (0,4 à 2,6 pour cent) sauf lors du deuxième événement pluvieux où cette proportion est de 16,3 pour cent à cause de l'importance relative de la concentration d'azote ammoniacal comme expliqué précédemment. Cette même tendance est observée sur le plan spatial (tableau 12).

2.2.2 Phosphore

L'évolution temporelle de la concentration de phosphore dissous demeure stable autour de 0,10 mg/l lors des trois événements pluvieux à la station A1 (tableau 11). Par contre, la concentration de phosphore total augmente de façon significative lors du deuxième événement pluvieux passant de 0,22 mg/l à 0,44 mg/l puis à 0,24 mg/l. Cette augmentation peut être attribuée à la possibilité que les matières en suspension aient eu le temps de sédimenter après les pluies faibles entre la 7e et 10e heure (fig. 9). Les mêmes constatations valent pour l'évolution spatiale des concentrations de phosphore total lors du même événement pluvieux. Dans le cas du troisième événement pluvieux, l'évolution spatiale de ces paramètres est différente de celle observée au deuxième événement pluvieux: on remarque, en effet, une diminution des concentrations de l'amont à l'aval, à cause probablement d'un effet de dilution.

La proportion de phosphore dissous par rapport au phosphore total varie entre 30 et 57 pour cent sauf aux stations A3 et A2 lors du deuxième événement pluvieux (tableau 12) où elle est égale respectivement 14,2 et 9,2 pour cent. Aucune raison n'a été trouvée pour expliquer ce fait.

2.2.3 Potassium

Le potassium ne semble pas représenter un danger sérieux pour la vie aquatique car il n'existe aucune norme pour ce paramètre. Lors des trois événements pluvieux sa concentration dans l'eau a varié de 7,92 à 9,20 mg/l (tableau 11).

2.3 Charges moyennes

Le tableau 13 présente les charges moyennes de matières nutritives à chaque station. Les charges ont été calculées en multipliant les concentrations moyennes des 24 échantillons prélevés lors de chaque pluie par le débit moyen de chaque station pour les deux journées consécutives couvrant la période d'échantillonnage (tableau 9); la lecture des "Foxboro" installés ne permet pas en effet d'obtenir une précision sur la hauteur de l'eau à l'heure près.

2.4. Comportement du Ruisseau-des-Anges et de ses affluents en temps de pluie

2.4.1 Corrélations

Le Ruisseau-des-Anges se comporte différemment selon les événements pluvieux comme le démontrent les tableaux 14, 15 et 16. Il faudra probablement d'autres campagnes d'échantillonnage pour confirmer ou informer ces tendances.

Dans le cas du Ruisseau Allard-Rochon à la station A2, le comportement des paramètres étudiés est identique pour les deux événements pluvieux ayant fait l'objet du suivi (tableaux 17 et 18). Il en est de même pour le Ruisseau Rochon-Gariépy à la station A3 (tableaux 19 et 20).

2.4.2 Évolution temporelle des concentrations

L'évolution temporelle des concentrations offre une autre façon d'étudier le comportement du cours d'eau en temps de pluie.

2.4.2.1 Azote

Le comportement des nitrates à la station A1 est représenté à la figure 12 qui permet de formuler les constatations et commentaires suivants:

- les courbes s'écartent nettement les unes des autres, confirmant par le fait même les chiffres du tableau 11 à savoir que la concentration moyenne de nitrates augmente du premier au troisième événement pluvieux;
- ces courbes, comme toutes celles qui seront présentées dans cette section mettent en évidence la particularité de la pollution diffuse par rapport à la pollution ponctuelle prouvent que contrairement à la pollution ponctuelle, il faut intensifier l'échantillonnage en période de crue et en période d'étiage pour mieux caractériser le comportement des cours d'eau agricoles. En effet, on note par exemple que dans le cas des nitrates, l'échantillonnage en temps sec donnait 0,10; 4,95 et 5,0 mg N/l les 26 août, 30 septembre et 28 octobre respectivement (figure 10) alors que lors des trois événements pluvieux, les concentrations variaient de 1,16 à 3,45; 1,60 à 5,85 et 4,60 à 7,20 mg N/l les 27-28 août, 29-30 septembre et 29-30 octobre respectivement.

Dans le cas de l'azote ammoniacal, on remarque (figure 13) que le deuxième événement pluvieux se démarque des autres. En effet, non seulement les valeurs demeurent largement supérieures à celles obtenues pour les autres événements pluvieux, mais il y a une grande fluctuation horaire faisant dans certains cas passer la concentration de l'ordre de 2,50 à 0,02 mg N/l.

2.4.2.2 Phosphore

Le comportement du phosphore dissous (figure 14) ne semble pas suivre une tendance particulière sauf une fluctuation relativement légère. Par contre, en ce qui concerne le phosphore total (figure 15), la courbe correspondant au deuxième événement pluvieux se différencie nettement des autres; on note en effet deux pics élevés correspondant aux 3e et 20e heures (l'heure 1 équivaut au début de l'échantillonnage).

2.4.2.3 Potassium

Le comportement du potassium total traduit bien l'effet de dilution que subit ce paramètre. En effet, on remarque que la concentration diminue constamment jusqu'à la 14e et la 17e heure (période correspondant probablement à celle où le débit du cours d'eau augmente) puis augmente jusqu'à la 24e heure (période correspondant probablement à celle où le débit du cours d'eau diminue).

C.2 DEMANDE BIOLOGIQUE EN OXYGÈNE; OXYGÈNE DISSOUS

1. Échantillonnage hebdomadaire

1.1 Concentrations moyennes

Les concentrations moyennes, minimales, maximales et les pourcentages de dépassement des critères de qualité à la station A1 sont présentés au tableau 21. Les critères utilisés sont ceux exigés pour le plein usage de l'eau à savoir 3,0 mg/l pour la DBO et 6,0 mg/l pour l'oxygène dissous (Gouin et Malo, 1977). On remarque qu'au cours de la période visée par l'étude, la demande biologique en oxygène (DBO) était légèrement inférieure au critère (-4%) alors que la concentration en oxygène dissous était propice au plein usage de l'eau (76% du critère de dépassement).

La demande biologique en oxygène est la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation de la matière organique contenue dans l'eau. Une valeur élevée de DBO signifie que l'eau contient une forte concentration de matières organiques et que par conséquent, leur oxydation nécessite une grande quantité d'oxygène. Les valeurs de DBO et OD obtenues pour le Ruisseau-des-Anges indiquent donc pour ce qui concerne la concentration de matières organiques, une situation qui n'entrave pas le plein usage de l'eau.

L'évolution temporelle des deux paramètres apparaît à la figure 17. On y remarque qu'en général, lorsque la demande biologique en oxygène augmente la concentration en oxygène dissous diminue, consommée qu'elle est pour les micro-organismes aérobies pour l'oxydation des matières organiques et vice-versa.

La faiblesse de la demande biologique en oxygène, mesure indirecte de la

concentration de matières organiques peut s'expliquer par la possibilité d'une sédimentation au fond du cours d'eau.

1.2 Comportement du Ruisseau-des-Anges: échantillonnage hebdomadaire

Selon les résultats obtenues lors de l'étude des corrélations entre les divers paramètres, seule la relation entre la demande biologique en oxygène et la concentration en oxygène dissous est significative à 95% avec un coefficient de corrélation de $-0,72$ ($R^2 = 0,52$).

2. Échantillonnage en temps de pluie

Le tableau 22 indique que la concentration moyenne de DBO était de l'ordre de 1,48 mg/l lors du premier événement pluvieux, 5,5 mg/l lors du deuxième et 3,83 mg/l lors du troisième événement pluvieux. Cependant, en multipliant ces concentrations par les débits moyens journaliers correspondant (tableau 9), il apparaît que la charge moyenne journalière de DBO était de 110; 835 et 1 350 kg/j lors des trois événements pluvieux dans l'ordre.

Plus que la saison avance, plus la charge moyenne journalière de la DBO augmente.

C.3 MATIÈRES EN SUSPENSION, COLIFORMES FÉCAUX

1. Échantillonnage hebdomadaire

1.1. Concentrations moyennes

Les concentrations moyennes, minimales, maximales et le pourcentage de dépassement des critères de qualité figurent au tableau 23. Les critères utilisés sont ceux exigés pour le plein usage de l'eau à savoir: 25 mg/l pour les MES et 200 nb/100 ml pour les coliformes fécaux (Gouin et Malo, 1977). On remarque qu'au cours de la période visée par l'étude, la concentration de MES dépassait de plus de 20% le critère de qualité alors que dans les cas des coliformes fécaux, le pourcentage du critère de dépassement était près de 500%. Le Ruisseau-des-Anges était donc très fortement pollué par des bactéries coliformes d'origine fécale. Il n'y a pas de doute que l'épandage des déjections animales et les rejets des habitations isolées soient les principales causes de ce problème qui du reste et préoccupant d'autant plus que la présence de coliformes fécaux dans l'eau est généralement un indice de la présence possible de micro-organismes pathogènes tels que les salmonella, les shigella et les virus entériques (Bohn et Buckhouse, 1985).

1.2 Charges moyennes

Au cours de la période concernée, le Ruisseau-des-Anges a véhiculé en moyenne 775 kg MES/j soit l'équivalent de 0,24 kg MES/ha, j ou encore 28 kg MES/ha, et 87×10^{10} coliformes fécaux/j, soit 3×10^8 coliformes fécaux/ha, j.

1.3 Comportement du Ruisseau-des-Anges: échantillonnage hebdomadaire

Les résultats des calculs indiquent qu'il n'y a aucune corrélation significative entre le débit et les concentrations de MES et de coliformes fécaux.

2. Échantillonnage en temps de pluie

2.1 Concentrations moyennes

Le tableau 25 fait état des concentrations moyennes de MES et de coliformes fécaux dans l'eau lors des trois événements pluvieux.

Pour les MES, on remarque sur le plan spatial une augmentation des concentrations d'amont à l'aval lors du troisième événement pluvieux et une diminution lors du deuxième événement. L'augmentation peut s'expliquer par le fait que les débits étant relativement plus grands que lors du deuxième événement pluvieux (tableau 9), une plus grande quantité de MES ait été entraînée par l'eau. Dans le cas du deuxième événement pluvieux, on peut penser que le débit n'était pas suffisamment élevé pour provoquer un effet similaire, favorisant pour ainsi dire une sédimentation des MES au fond du cours d'eau, d'où une diminution des concentrations d'amont à l'aval.

Pour les coliformes fécaux, le plan d'échantillonnage ne permet pas d'obtenir des informations ni sur l'évolution spatiale, ni sur l'évolution temporelle des concentrations.

2.2 Charges moyennes

Le tableau 26 indique les charges moyennes de MES et de coliformes fécaux véhiculées par le Ruisseau-des-Anges et ses affluents lors de certains événements pluvieux.

2.3 Comportement du Ruisseau-des-Anges en temps de pluie

La figure 19 décrit le comportement des MES à la station A1; aucune tendance particulière ne peut être mentionnée sauf une augmentation des concentrations du 1er au 3e événement pluvieux. Cela s'explique par le fait que plus la saison de végétation avance, plus une proportion élevée du sol est nue, si bien que l'érosion du sol entraîne plus de MES dans le cours d'eau.

Dans le cas des coliformes fécaux (figure 20), le comportement manifesté lors du deuxième événement pluvieux semble différer des autres, surtout pendant la deuxième moitié de la période d'échantillonnage où on note une augmentation marquée des concentrations, ce qui correspond à la fin de la seconde averse pendant l'échantillonnage (fig. 9).

D. CONCLUSIONS

La campagne d'échantillonnage a permis d'étudier la qualité et le comportement du Ruisseau-des-Anges à l'automne 1986 et en temps de pluie.

Il est apparu qu'au cours de la période visée par l'étude (août-novembre 1986), le cours d'eau était fortement pollué, notamment par les formes solubles d'azote (nitrates, azote ammoniacal) et par les coliformes fécaux, trois des plus importants paramètres caractérisant la pollution diffuse agricole. Le Ruisseau-des-Anges et ses affluents ne se comportent pas toujours de la même façon en temps de pluie; il faudra donc attendre les résultats des prochaines campagnes d'échantillonnage pour confirmer les observations faites ainsi que les remarques et les hypothèses formulées au cours de la présente analyse.

E. RECOMMANDATIONS

Les deux plus importantes recommandations qu'il convient de faire à la suite de cette analyse sont:

1. Poursuivre l'échantillonnage sur une base continue pendant trois années consécutives pour établir précisément le comportement du cours d'eau.
2. se doter d'équipements plus précis pour évaluer le débit du cours d'eau sur une base horaire en temps de pluie. Ceci sera corrigé pour les échantillonnages de 1987.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Berger, B.B., 1982. Water and wastewater quality control and public health. Annual Review of Public Health, 3: 359-392.
- Bohn, C.C. et F. Buckhouse, J.C., 1985. Coliforms as an indicator of water quality in wildland streams. JSWC, Jan-Fév 1985:
- CCMRE, 1985. Inventaire des lignes directrices et des objectifs relatifs à la qualité des eaux, 1984. Conseil Canadien des ministres des Ressources et de l'Environnement, 92 p. et annexes.
- EPA, 1972. Report of the committee on water quality criteria. Washington, 594 p.
- Gangbazo, G. et Buteau, J., 1985. Analyse de la gestion des fumiers dans le bassin versant de la rivière l'Assomption. État de la situation et éléments de solution. Min. Environnement du Québec, Québec, 83 p.; Envirodoq, 850513.
- Gouin, D. et Malo, D., 1977. Étude de la qualité générale de l'eau. Rapport technique no 2. Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent. Service de protection de l'environnement, Québec, 363 p. et annexes.
- Howson, C.P. 1986. The decline in gastric cancer: Épidémiology of an unplanned triumph. Épidémiol. Rev., 8: 1-20.
- Keeney, D.R., 1983. Transformations and transport of nitrogen. In: Agricultural management and water quality. Schaller, F.W. and G.W. Bailey, ed., 1st ed., Iowa State Univ. Press., Ames, 48-64.
- Martin, G., 1979. Le problème de l'azote dans les eaux. Technique et Documentation, ed., Paris, 279 p.
- Paré, D., 1980. Étude hydrogéologique du bassin de la rivière l'Assomption. Programme de connaissances intégrées. Min. Richesses naturelles, Québec, Québec, EC-3; 77 p. et annexes.
- Plinski, M. et Magnin, E., 1983. Phytoplancton de la rivière l'Achigan et de la partie inférieure de la rivière l'Assomption. Sciences et Techniques de l'eau, 14 (4): 351-356.
- Théberge, S., 1984. Impact de l'élevage du porc dans le bassin versant de la rivière l'Assomption (1ère version). Min. Environnement du Québec, Québec. (Document non publié), 12 p. et annexes.

G. FIGURES

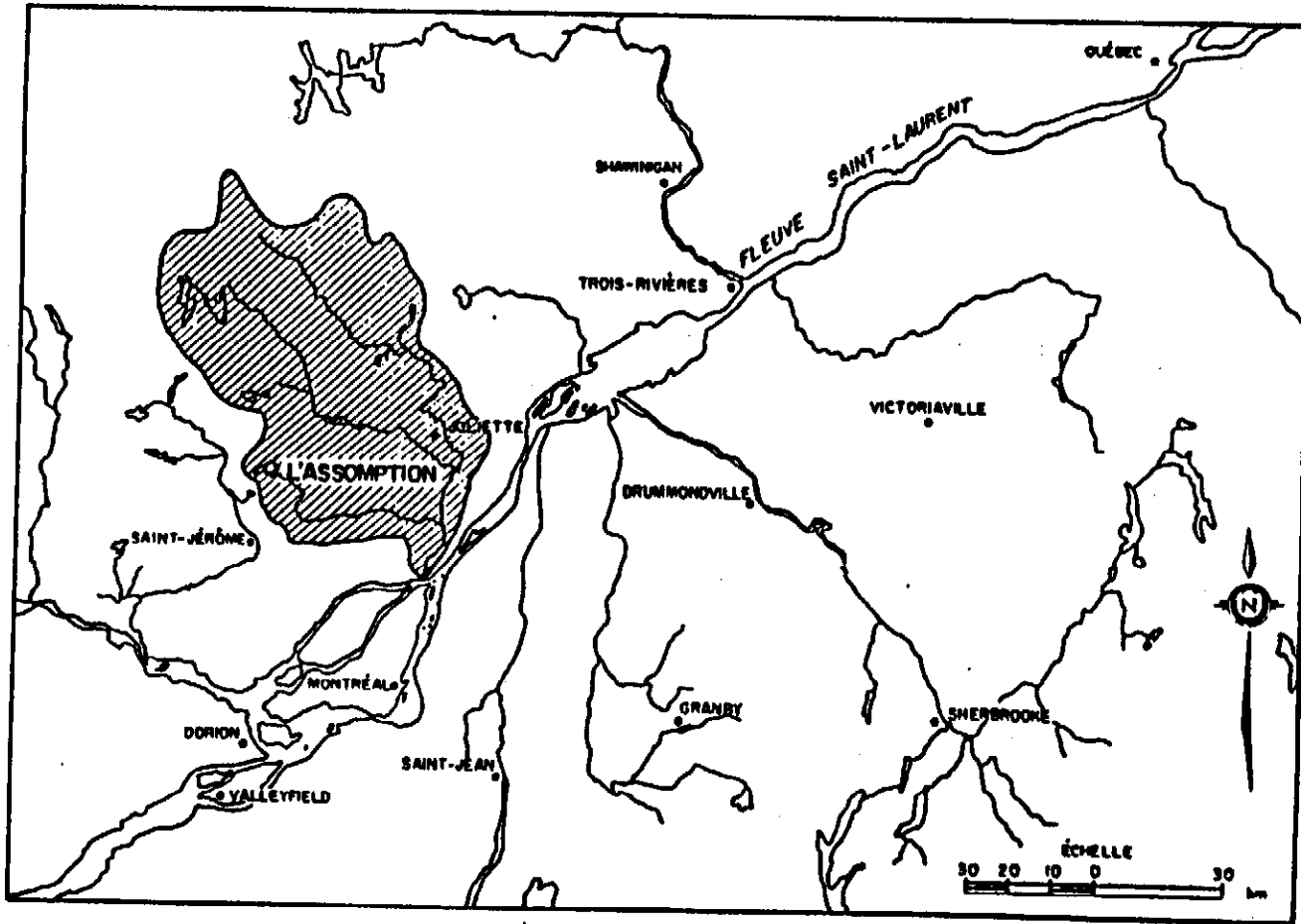


Figure 1: Localisation du bassin de la rivière L'Assomption

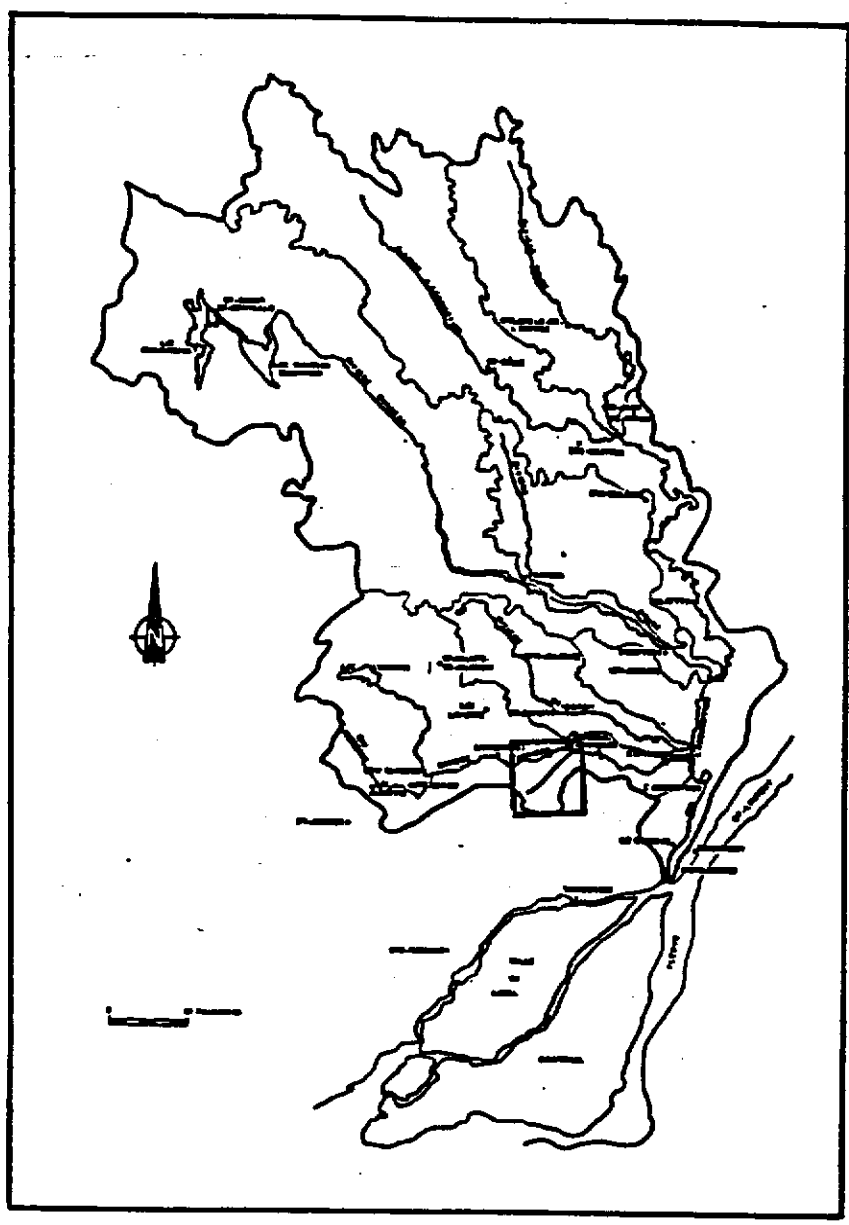


Figure 2: Bassin de la rivière L'Assomption montrant le Ruisseau-des-Anges

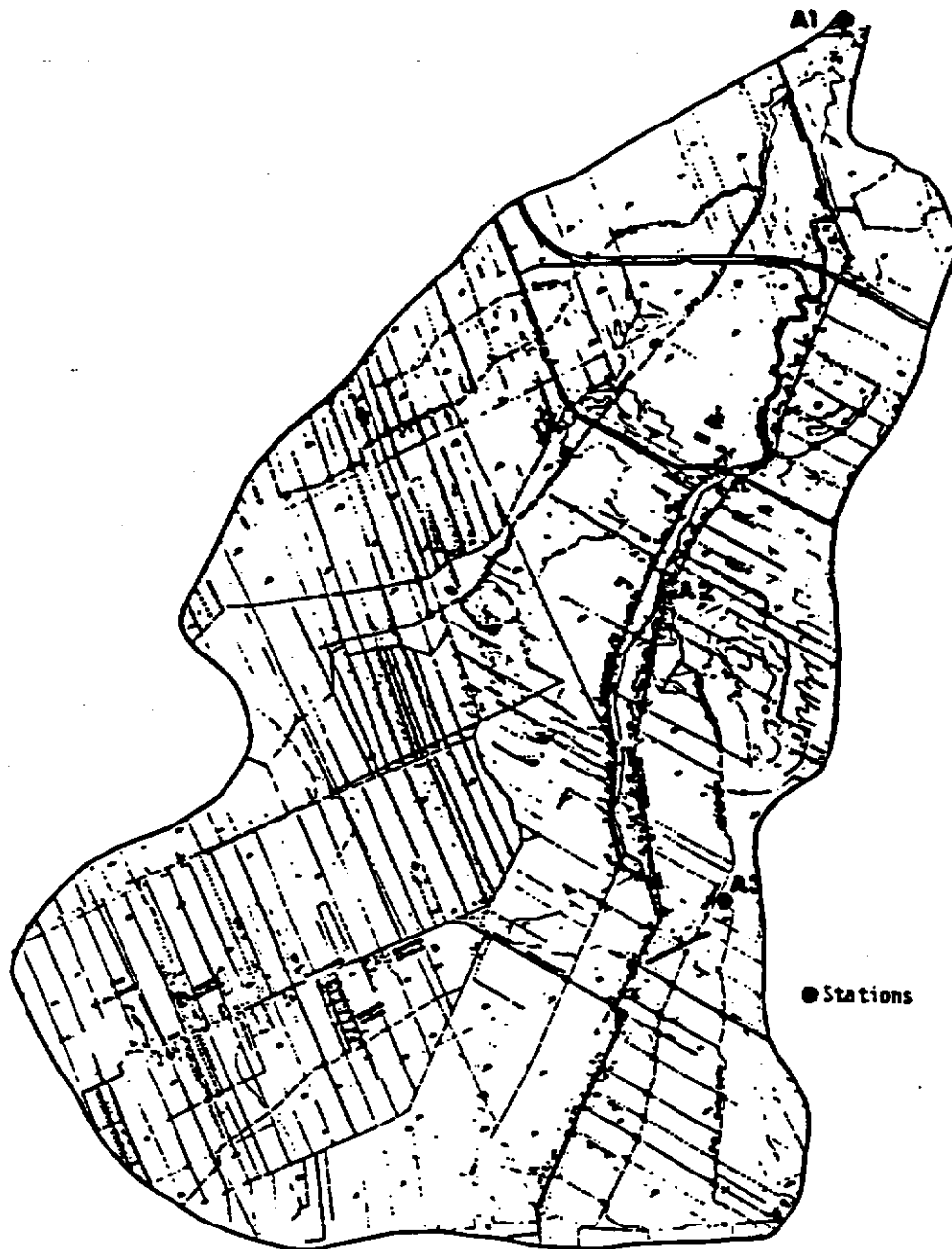


Figure 3: Identification des stations d'échantillonnage installées sur le Ruisseau-des-Anges et ses affluents

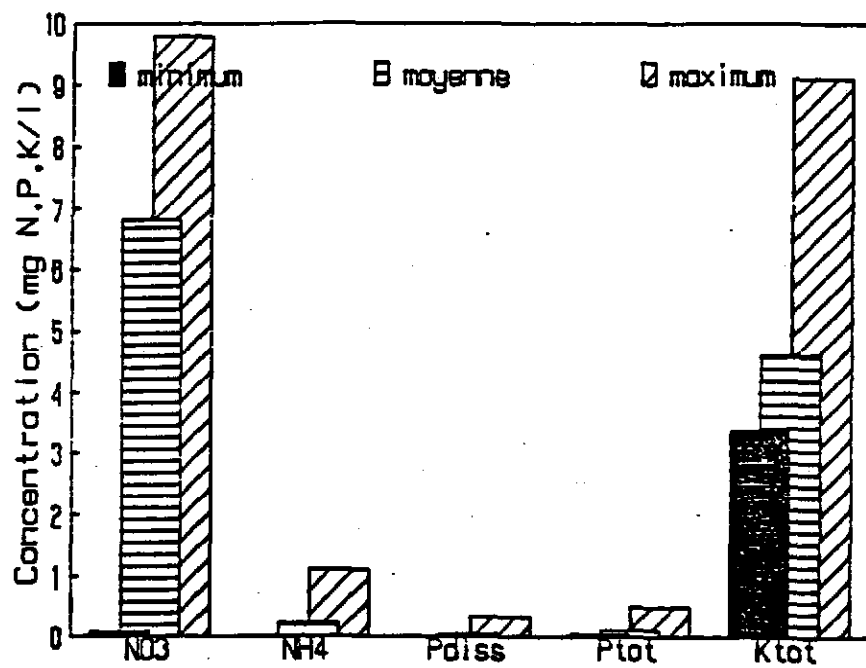


Figure 4: Concentrations moyennes, minimales et maximales des matières nutritives à la station A1: échantillonnage hebdomadaire

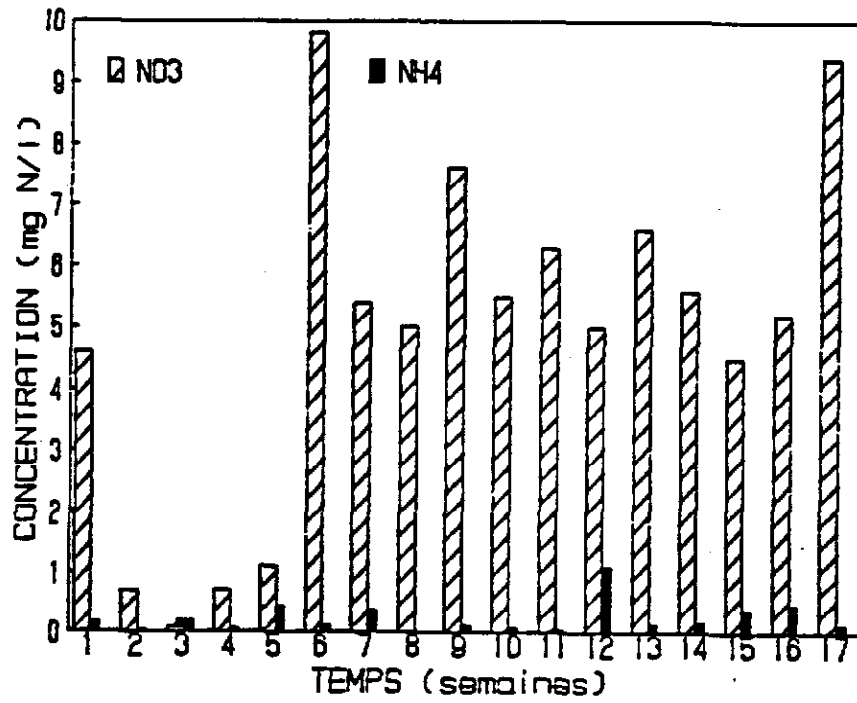


Figure 5: Comparaison des formes solubles d'azote à la station A1: échantillonnage hebdomadaire

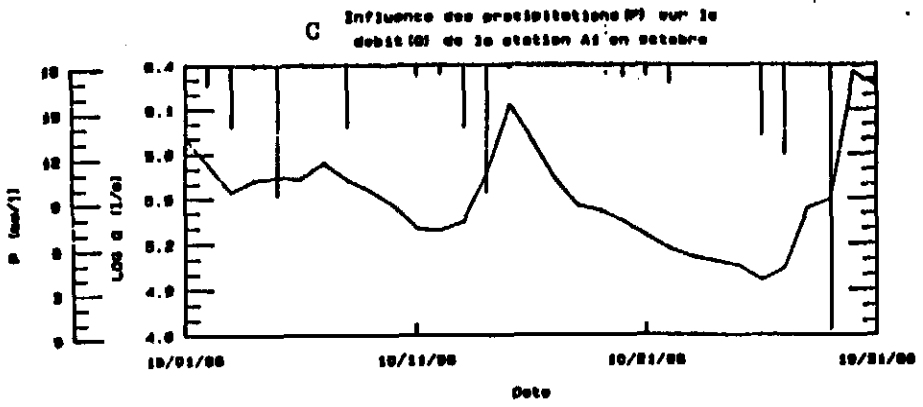
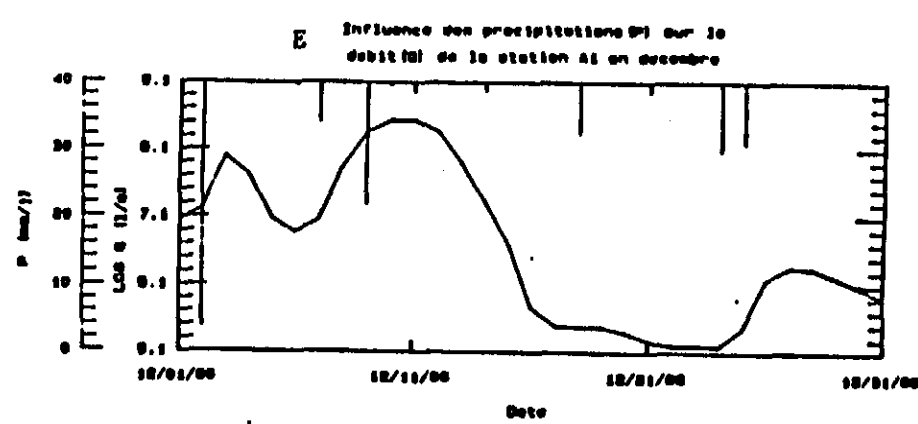
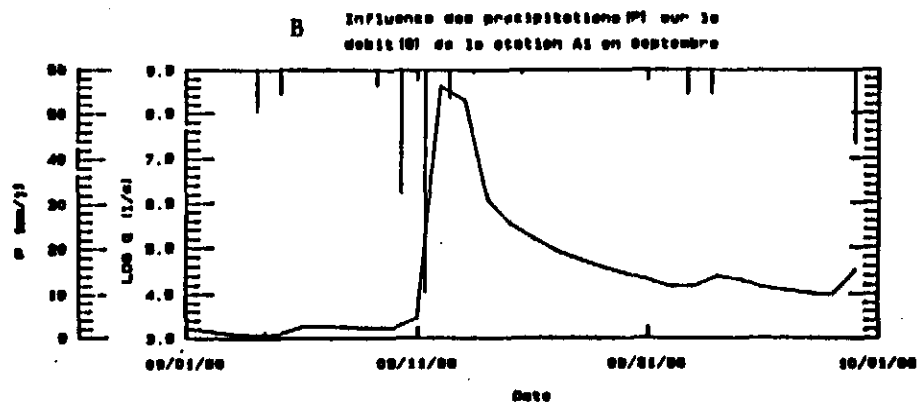
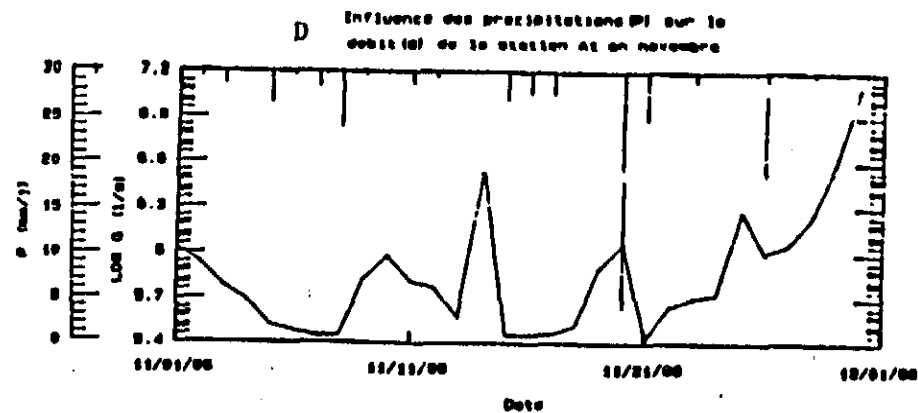
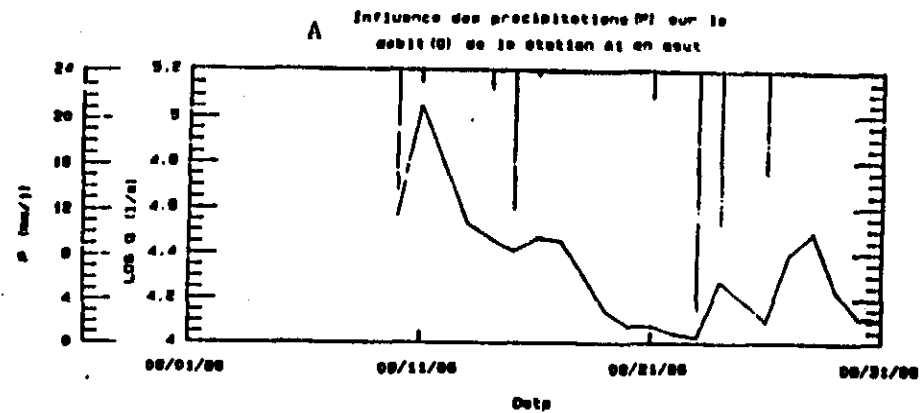


Figure 6: Influence des précipitations sur le débit de la station A1: échantillonnage hebdomadaire

Fig. 7: Influence du debit sur la concentration de nitrates a A1: E.H.*

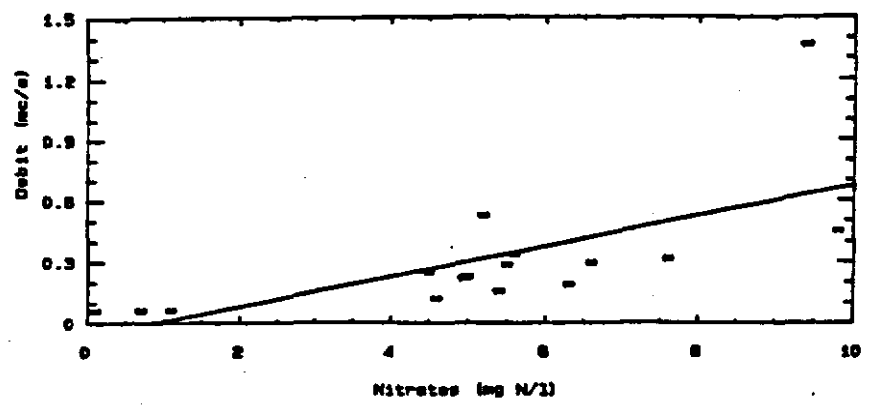
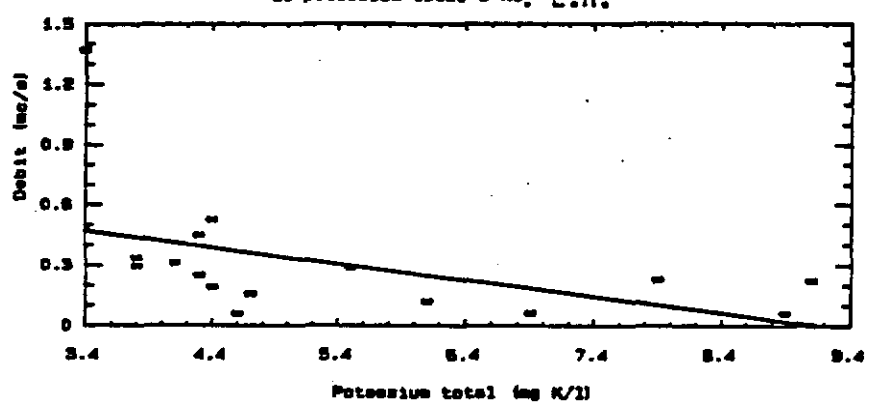


Fig. 8: Influence du debit sur la conc. de potassium total a A1: E.H.*



* E.H.: Echantillonnage hebdomadaire

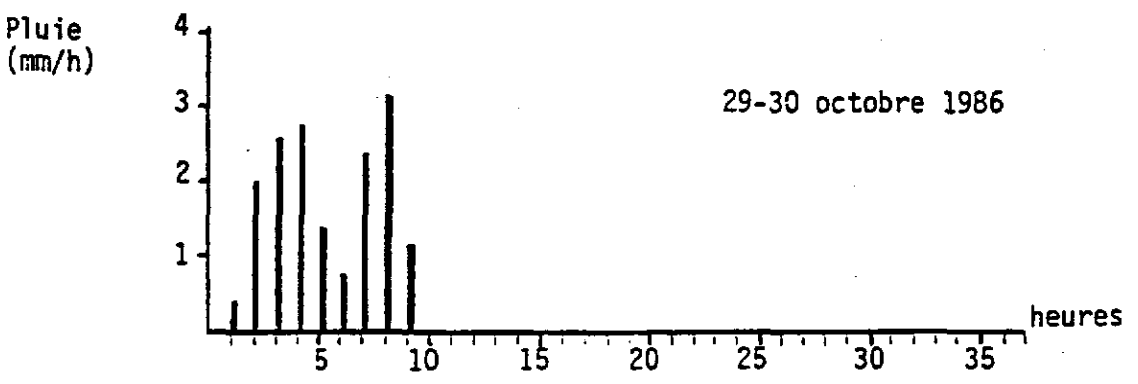
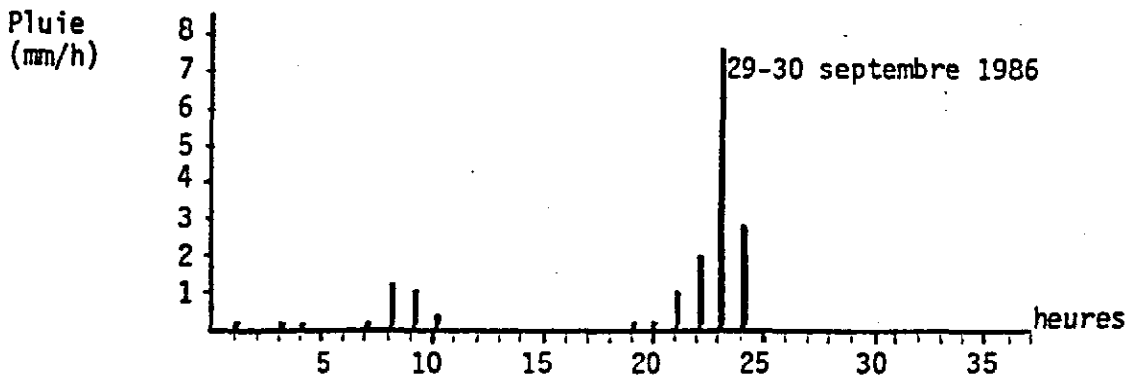
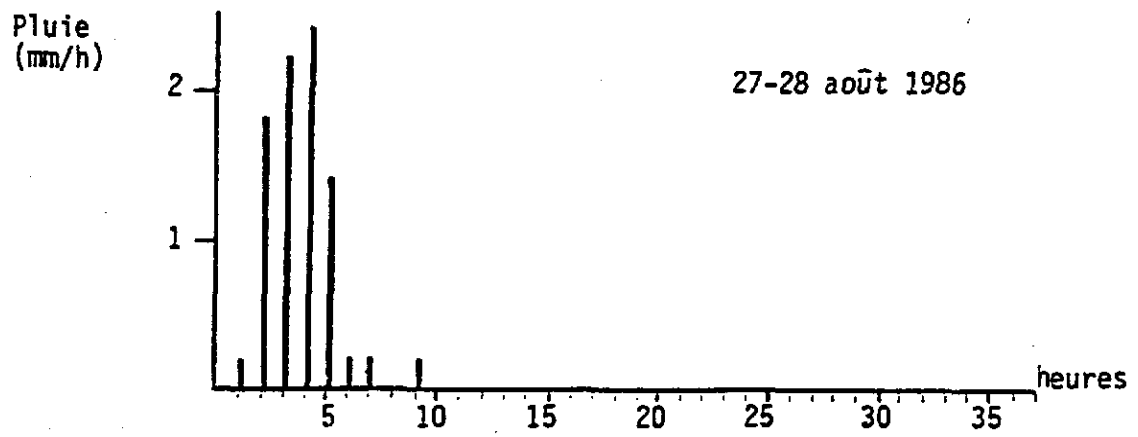


Fig. 9: Répartition des événements pluvieux dans le temps.

Note: L'heure zéro (0) équivaut au début de la pluie.

Fig. 10: Evolution temporelle de la concentration de nitrates a Ai: E.H.*

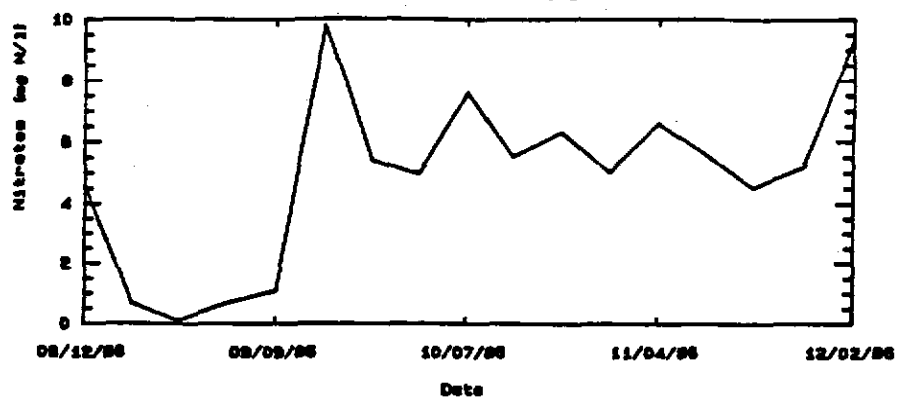
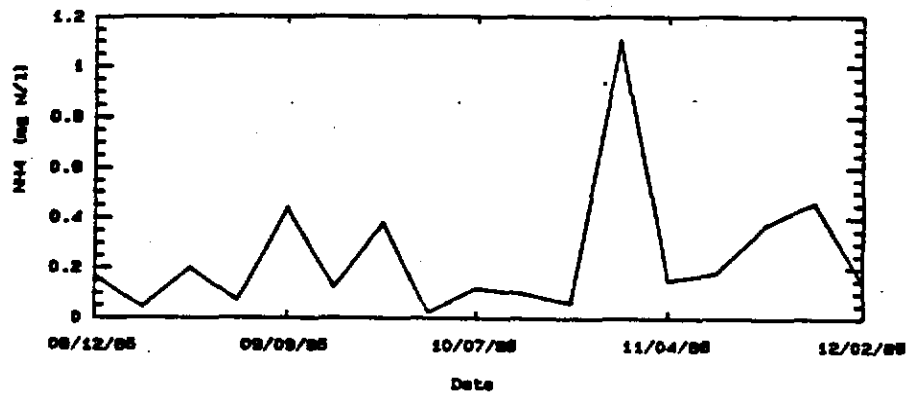


Fig. 11: Evolution temporelle de la concentration de NH4 a Ai: E.H.*



* E.H.: Echantillonnage hebdomadaire

Fig. 12

Comportement des nitrates a la station
A1 en temps de pluie

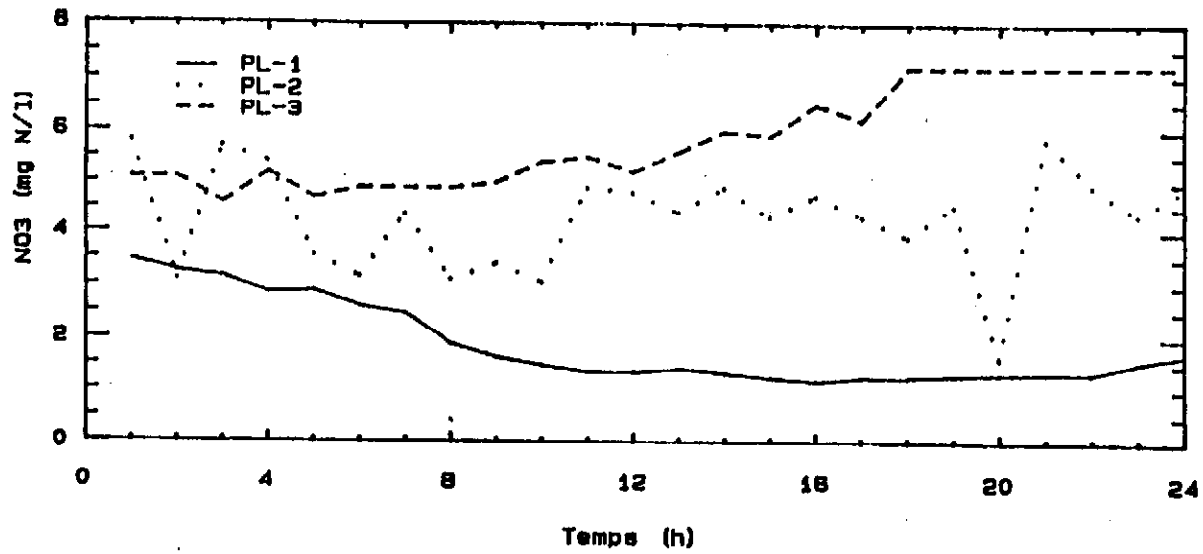
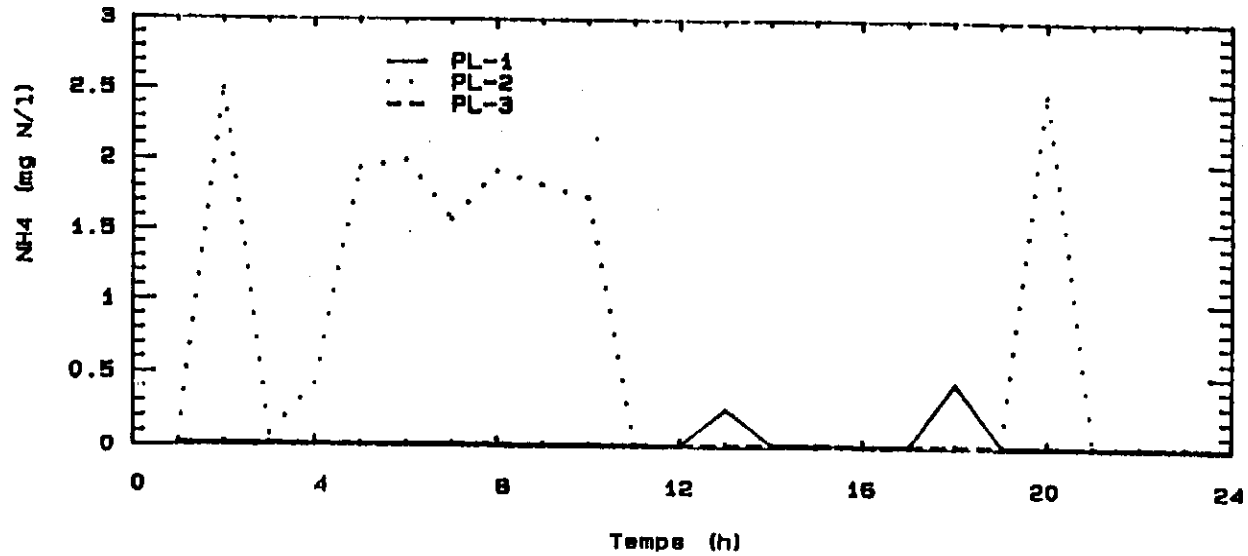


Fig. 13

Comportement de l'azote ammoniacal a la
station A1 en temps de pluie



Note: L'heure 1 équivaut au premier échantillon pendant les événements pluvieux.

Note: L'heure 1 équivaut au premier échantillon pendant les événements pluvieux.

Fig. 14

Comportement du phosphore dissous a la station A1 en temps de pluie

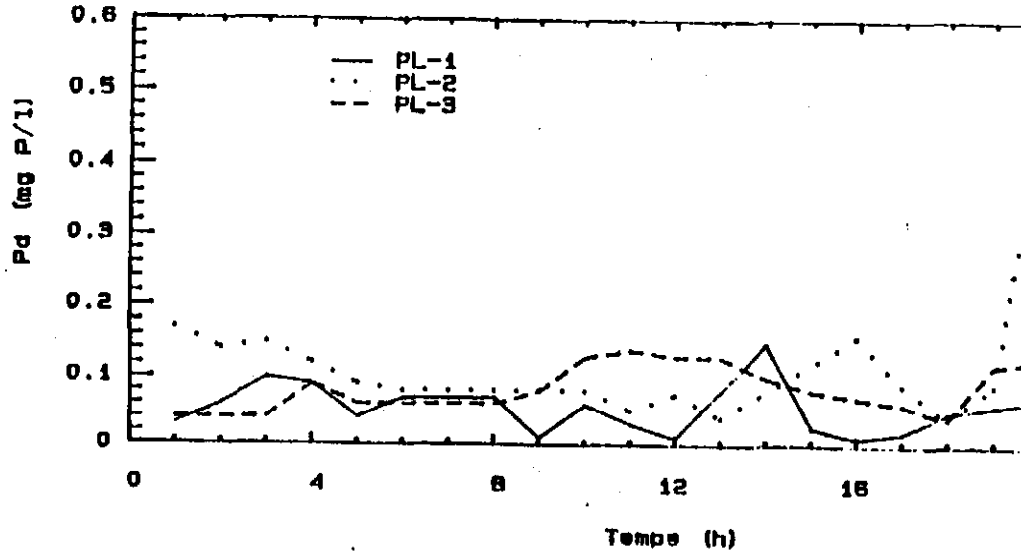


Fig. 15

Comportement du phosphore total a la station A1 en temps de pluie

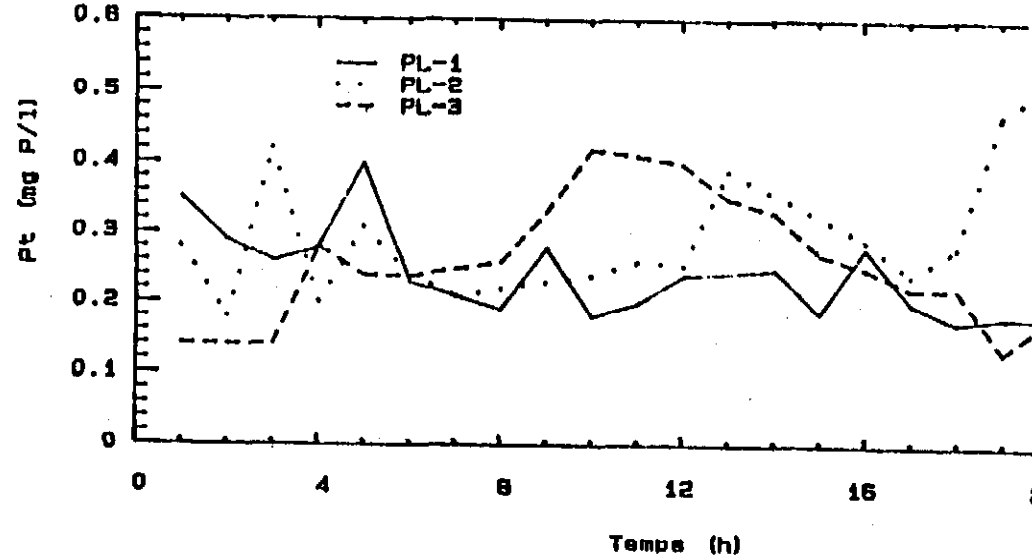
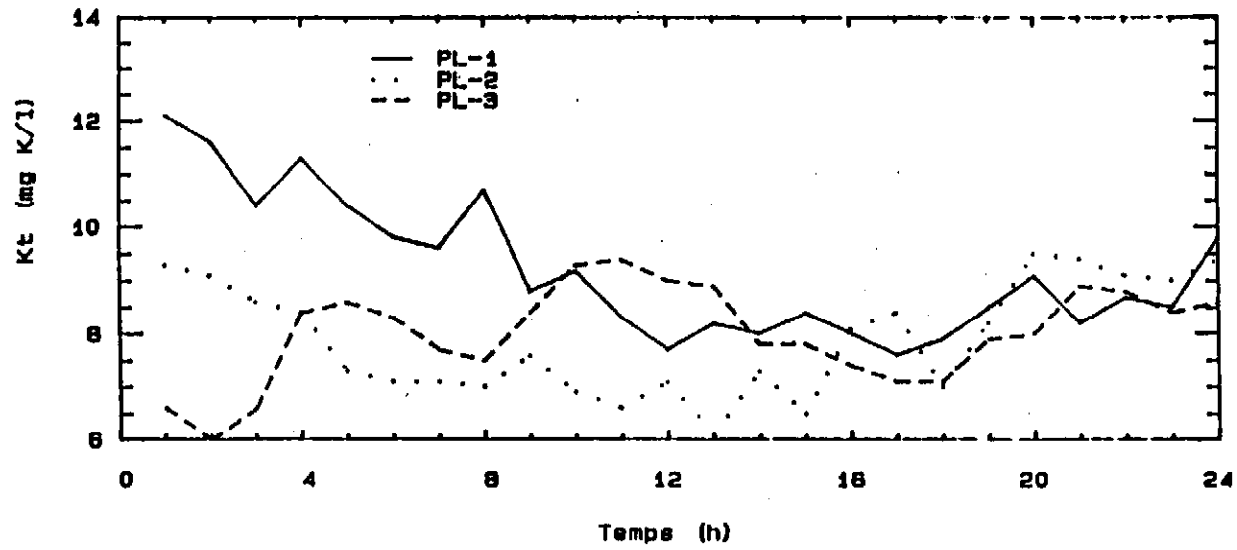


Fig. 16 Comportement du potassium total
à la station A1 en temps de pluie



Note: L'heure 1 équivaut au premier échantillon pendant les événements pluvieux.

Fig. 17: Evolution temporelle de la DBO et de l'oxygene diss. a A1; E.H.*
Automne 86

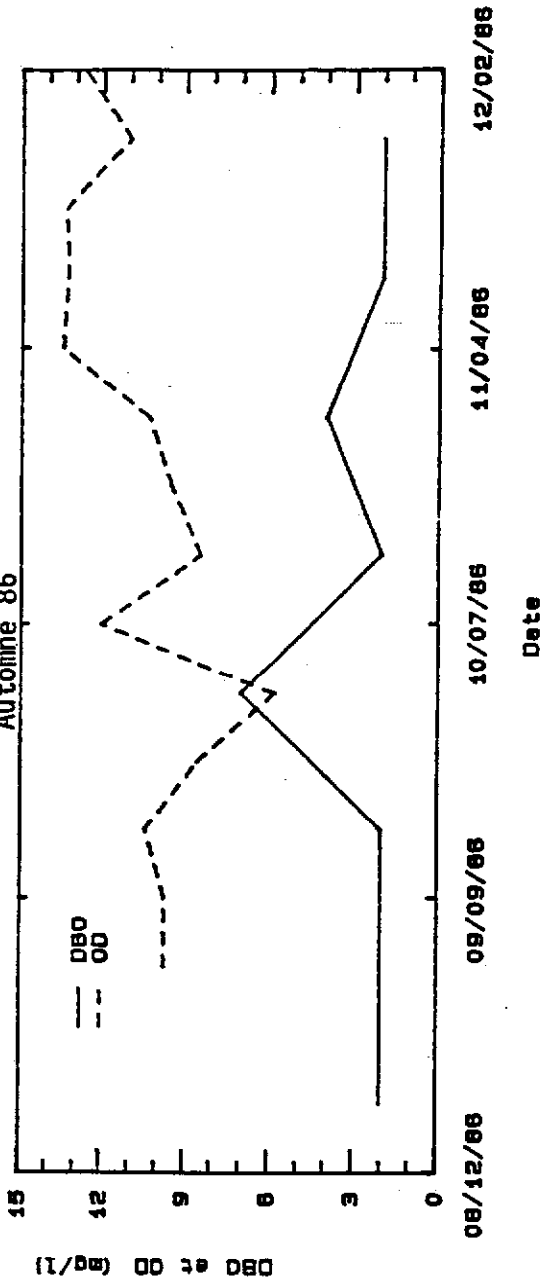
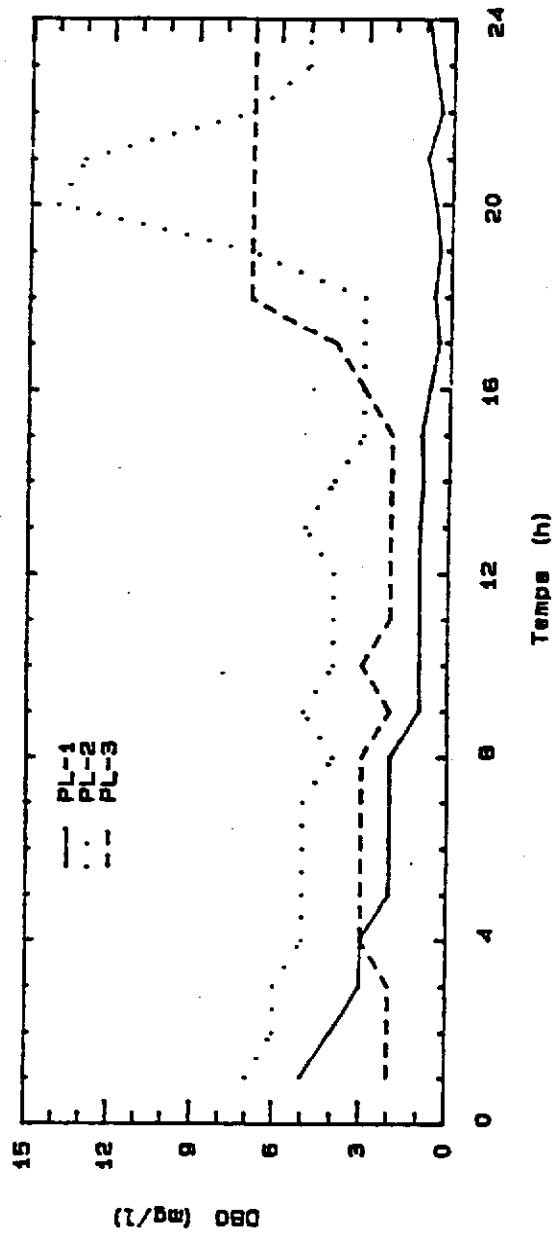


Fig. 18: Comportement de la DBO a la station A1 en temps de pluie



* E.H.: Echantillonnage hebdomadaire

Note: (fig.18) L'heure 1 équivaut au premier échantillon pendant les événements pluvieux.

Fig. 19: Comportement des MES à la station A1 en temps de pluie

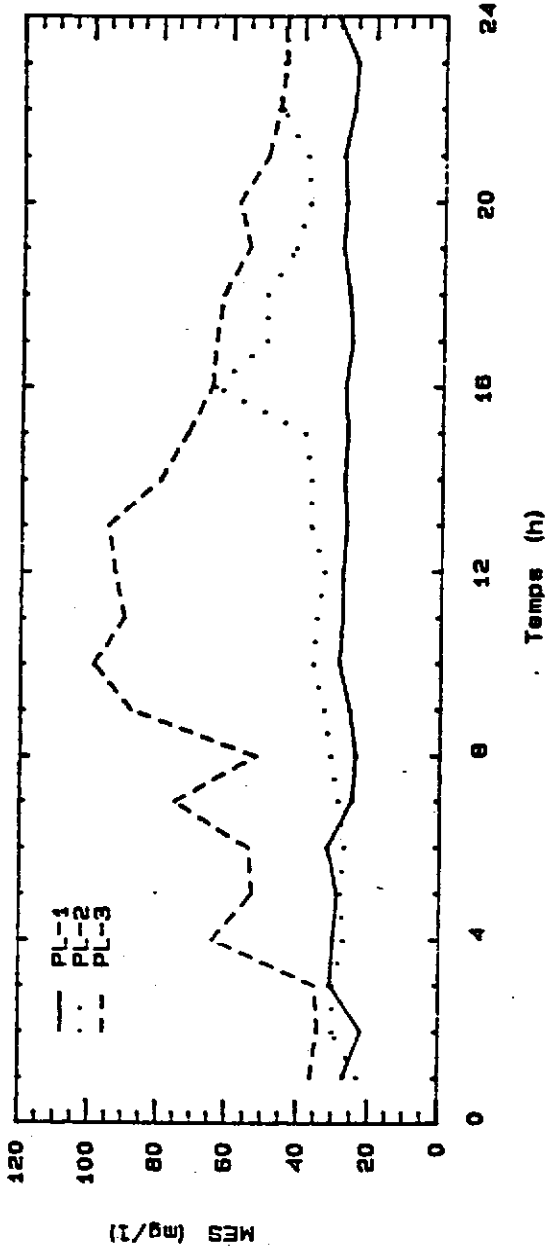
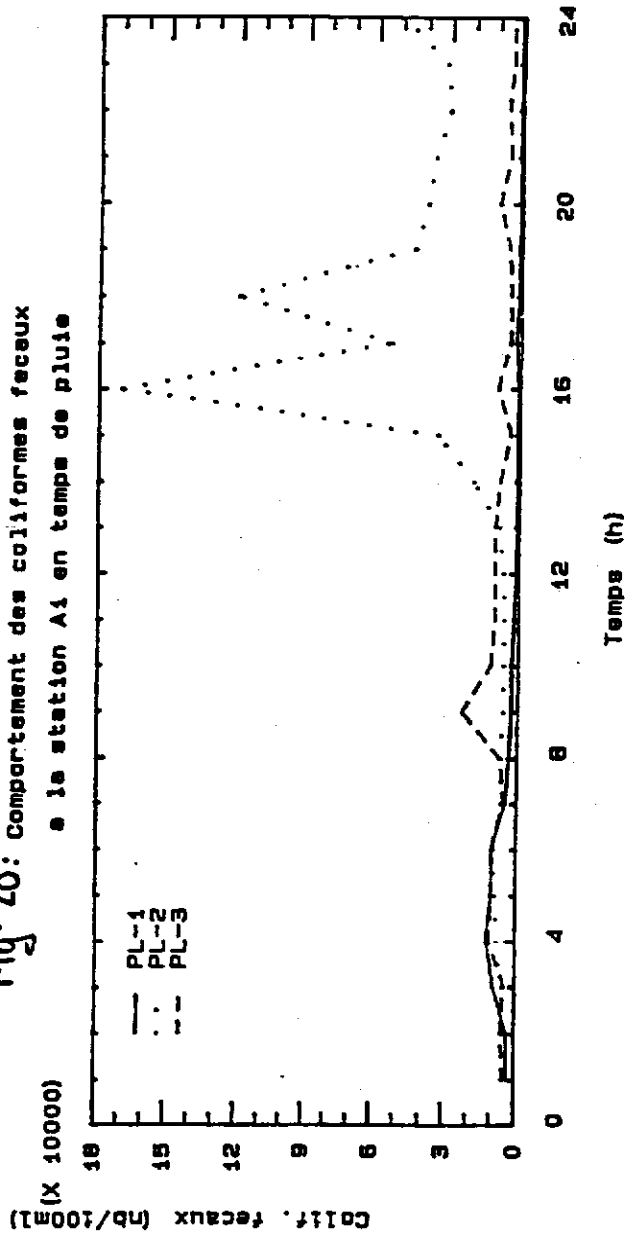


Fig. 20: Comportement des coliformes fécaux à la station A1 en temps de pluie



Note: L'heure 1 équivaut au premier échantillon pendant les événements pluvieux.

H. TABLEAUX

Tableau 1
Utilisation du sol dans le bassin du Ruisseau-des-Anges*

Cultures	Superficie (ha)	Proportion (%)
Herbages	563	17,7
Céréales	487	15,3
Maïs	700	22,0
Horticulture	460	14,5
Forêt	970	30,5
Total	3 180	100,0

* Données de 1985.

Tableau 2
Localisation des stations d'échantillonnage et
identification des équipements installés sur place

Nom de la station	Localisation	Équipements
A1	Ruisseau-des-Anges, au pont-route à son embouchure avec la rivière l'Achigan	Foxboro 0/10'
A2	Ruisseau Allard-Rochon, au pont-route à son embouchure avec le Ruisseau-des-Anges	Foxboro 0/5'
A3	Ruisseau Rochon-Gariépy à son embouchure avec le Ruisseau Allard-Rochon	

Tableau 3
Résumé du plan d'échantillonnage et d'analyse*

Échantillonnage	Station A1	Station A2	Station A3
Hebdomadaire	NO; NH ₄ Pd; Pt Kt; DBO; OD MES; coliformes fécaux		
Temps de pluie			
-pluie 1 (27-28/08)	NO; NH ₄ Pd; Pt Kt; DBO; MES Coliformes fécaux		
-pluie 2 (29-30/09)	NO; NH ₄ Pd; Pt Kt; DBO; MES Coliformes fécaux	NO; NH ₄ Pd; Pt MES	NO; NH ₄ Pd; Pt MES
-pluie 3 (29-30/10)	NO; NH ₄ Pd; Pt Kt; DBO; MES Coliformes fécaux	Pd; Pt MES	Pd; Pt MES

* NO: nitrites et nitrates; NH₄: azote ammoniacal; Pd: phosphore dissous; Pt: phosphore total; Kt: potassium total, DBO: demande biologique en oxygène après 5 jours; OD: oxygène dissous; MES: matières en suspension.

Tableau 4
Concentrations moyennes, minimales, maximales
de matières nutritives et pourcentages de
dépassement des critères de qualité à la station A1:
échantillonnage hebdomadaire

	Paramètres (mg N, P, K/l)				
	NO	NH ₄	Pd	Pt	Kt
Nombre d'échantillons	17	17	17	17	17
Moyenne*	6,80	0,23	0,06	0,12	4,62
Minimum	0,10	0,02	0,02	0,06	3,40
Maximum	9,80	1,10	0,34	0,50	9,10
Dépassement** (%)	2 328	1 050	***	140	***

* Moyenne pondérée calculée comme suit: $\frac{\sum c_i q_i}{Q_i}$ où c_i = concentration du paramètre pour la journée i et Q_i - débit moyen journalier de la station.

** Dépassement = $((\text{moyenne mesurée} - \text{critère}) / \text{critère}) \times 100$

*** Il n'existe pas de critère pour ces paramètres.

Tableau 5
Précipitations totales mensuelles et pourcentages
de la normale à la station météorologique de l'Assomption

Mois	Précipitations totales mesurées (mm)	Pourcentage de la normale *
Août	128,0	134
Septembre	136,0	156
Octobre	62,8	80
Novembre	75,4	91
Décembre	94,6	104

* Période de la normale: 1951-1980

Source: Ministère de l'Environnement du Québec. Service de la météorologie.

Tableau 6
Charges moyennes, minimales et maximales de
matières nutritives à la station A1:
échantillonnage hebdomadaire

	NO	Paramètres (Kg N, P, K/j.)*			Kt
		NH ₄	Pd	Pt	
Nombre d'échantillons	17	17	17	17	17
Moyenne	172 (54,23)	5,82 (1,83)	1,78 (0,56)	3,58 (1,13)	117 (36,84)
Minimum	0,52	0,21	0,16	0,54	23
Maximum	1 111	21,76	4,73	11,82	401

* Les chiffres entre parenthèses représentent les charges moyennes journalières par unité de surface (g N, P, K/ha, j.).

Tableau 7
Matrice des corrélations* liant les concentrations des matières
nutritives entre elles et le débit à la station A1
hebdomadaire

	NO ₃	NH ₄	Pd	Pt	Kt	Q
NO ₃	1,00 (17) 0,00					
NH ₄	-0,06 (17) 0,81	1,00 (17) 0,00				
Pd	0,09 (14) 0,74	0,71 (14) 0,00	1,00 (14) 0,00			
Pt	0,22 (14) 0,43	0,46 (14) 0,09	0,53 (14) 0,04	1,00 (14) 0,00		
Kt	-0,55 (17) 0,02	0,28 (17) 0,2637	0,49 (14) 0,07	0,51 (14) 0,06	1,00 (17) 0,00	
Q	0,67 (17) 0,00	-0,04 (17) 0,85	-0,27 (14) 0,33	-0,29 (14) 0,30	-0,47 (17) 0,05	1,00 (17) 0,00

* Coefficient (nombre de données) niveau de signification.

-Q: débit au moment de l'échantillonnage.

Tableau 9
Précipitation totale et débit moyen à chaque station
en temps de pluie

	Station A1	Station A2	Station A3
Événement pluvieux 1 (27-28/08)			
-précipitation totale (mm)	9,20	9,20	9,20
-débit moyen journalier (l/s)	85,0	1,8	*
Événement pluvieux 2 (29-30/09)			
-précipitation totale (mm)	17,3	17,3	17,3
-débit moyen journalier (l/s)	176,0	8,25	*
Événement pluvieux 3 (29-30/10)			
-précipitation totale (mm)	17,6	17,6	17,6
-débit moyen journalier (l/s)	408,5	56,5	*

* Données manquantes.

Tableau 10
Situation de la période d'échantillonnage
lors des événements pluvieux

	Pluie	Station A1	Plage (h) Station A2	Station A3
Événement pluvieux 1 (27-28/08)	1-7,9	3-26		
Événement pluvieux 2 (29-30/09)	1,3,4, 7-10,19-24	10-33	10-33	10-33
Événement pluvieux 3 (29-30/10)	1-9	4-27	4-27	4-27

Note: L'heure zéro (0) équivaut au début de la pluie.

Tableau 11
Moyenne, écart-type, valeurs minimales et maximales
des concentrations de matières nutritives
en temps de pluie

	\bar{X}	Station A1 S	min-max	\bar{X}	Station A2 S	min-max	\bar{X}	Station A3 S	min-max
Événement pluvieux 1 (27-28/08)*									
NO ₃	1,85	0,76	1,16 - 3,45						
NH ₄	0,05	0,10	0,02 - 0,44						
Pd	0,09	0,08	0,01 - 0,40						
Pt	0,22	0,06	0,14 - 0,40						
Kt	9,20	1,30	7,6 - 12,1						
Événement pluvieux 2 (29-30/09)									
NO ₃	4,29	1,03	1,6 - 5,85	5,65	0,55	4,0 - 6,3	6,67	1,47	3,3 - 8,4
NH ₄	0,70	0,96	0,02 - 2,5	0,02	0,00	0,02- 0,02	0,02	0,00	0,02- 0,02
Pd	0,13	0,10	0,04 - 0,44	0,01	0,01	0,01- 0,03	0,03	0,07	0,00- 0,38
Pt	0,44	0,29	0,18 - 1,35	0,16	0,09	0,06- 0,50	0,22	0,23	0,05- 0,98
Kt	7,92	1,07	6,1 - 9,5						
Événement pluvieux 3 (29-30/10)									
NO ₃	5,44	0,69	4,6 - 7,2						
NH ₄	0,02	0,00	0,02 - 0,02						
Pd	0,09	0,04	0,04 - 0,14	0,34	0,22	0,10- 0,80	0,68	0,33	0,13- 1,43
Pt	0,24	0,09	0,13 - 0,42	0,61	0,30	0,28- 1,30	1,19	0,53	0,42- 2,15
Kt	8,02	0,90	6,0 - 9,4						

* Toutes les valeurs sont rapportées en mg N, P, K/l.

Tableau 12
Rapports des concentrations moyennes de matières
nutritives en temps de pluie

Rapport	Événement pluvieux	Valeurs (pourcentage)		
		Station A1	Station A2	Station A3
NH ₄ /NO ₃	1	2,57		
	2	16,3	0,4	0,3
	3	0,4		
Pd/Pt	1	41,9		
	2	30,0	9,2	14,2
	3	38,1	55,7	56,9
Pd/(NO ₃ +NH ₄)	1	4,7		
	2	2,6	0,2	0,4
	3	1,7		

Tableau 13
Charges moyennes de matières nutritives
en temps de pluie

	Station	Charge (kg, N, P, K/j)				Kt
		NO ₃	NH ₄	Pd	Pt	
Événement pluvieux 1 (27-28/08)	A1	13,58	0,37	0,69	1,65	67,56
	A2	-	-	-	-	-
	A3	-	-	-	-	-
Événement pluvieux 2 (29-30/09)	A1	65,23	10,64	1,98	6,63	120,43
	A2	4,02	0,014	0,01	0,11	-
	A3	*	*	*	*	-
Événement pluvieux 3 (29-30/10)	A1	207,53	0,70	3,26	9,27	283,06
	A2	-	-	1,65	2,96	-
	A3	-	-	*	*	-

- Pas d'échantillonnage ou d'analyse
- * Données manquantes.

Tableau 14
Matrice des corrélations* liant les concentrations
des matières nutritives à la station A1
lors du premier événement pluvieux

	NO ₃	NH ₄	Pd	Pt	Kt
NO ₃	1,00 (24) 0,00				
NH ₄	-0,21 (24) 0,31	1,00 (24) 0,00			
Pd	0,15 (23) 0,49	0,05 (23) 0,81	1,00 (23) 0,00		
Pt	0,68 (23) 0,00	0,19 (23) 0,37	0,21 (23) 0,33	1,00 (23) 0,00	
Kt	0,90 (24) 0,00	-0,27 (24) 0,19	0,19 (23) 0,37	0,53 (23) 0,00	1,00 (24) 0,00

* Coefficient (nombre de données) niveau de signification.

Tableau 15
Matrice des corrélations liant les concentrations des matières nutritives à la station A1 lors du deuxième événement pluvieux

	NO ₃	NH ₄	Pd	Pt	Kt
NO ₃	1,00 (24) ,00				
NH ₄	-0,82 (24) 0,00	1,00 (24)			
Pd	-0,10 (20) 0,64	0,14 (20)	1,00 (20)		
Pt	0,09 (20) 0,70	-0,23 (20)	0,63 (20)	1,00 (20)	
Kt	0,18 (24) 0,39	-0,04 (24)	0,78 (20)	0,43 (20)	1,00 (24)

* Coefficient (nombre de données) niveau de signification.

Tableau 16
Matrice des corrélations* liant les concentrations
des matières nutritives à la station A1
à la station A1 lors du troisième événement pluvieux

	NO ₃	NH ₄	Pd	Pt	Kt
NO ₃	1,00 (24) 0,00				
NH ₄	0,00 (24) 1,00	1,00 (24) 0,00			
Pd	0,52 (24) 0,00	0,00 (24) 1,00	1,00 (24) 0,00		
Pt	-0,39 (24) 0,05	0,00 (24) 1,00	0,25 (24) 0,22	1,00 (24) 0,00	
Kt	0,15 (24) 0,47	0,00 (24) 1,00	0,80 (24) 0,00	0,56 (24) 0,00	1,00 (24) ,00

* Coefficient (nombre de données) niveau de signification.

Tableau 17
Matrice des corrélations* liant les concentrations
des matières nutritives à la Station A2 lors du
deuxième événement pluvieux

	NO ₃	NH ₄	Pd	Pt
NO ₃	1,00 (24) 0,00			
NH ₄	0,00 (24) 1,00	1,00 (24) 0,00		
Pd	-0,43 (24) 0,03	0,00 (24) 1,00	1,00 (24) 0,00	
Pt	-0,05 (24) 0,79	0,00 (24) 1,00	0,03 (24) 0,86	1,00 (24) 0,00

* Coefficient (nombre de données) niveau de signification.

Tableau 18
Matrice des corrélations* liant les concentrations
des matières nutritives à la Station A3
lors du deuxième événement pluvieux

	NO ₃	NH ₄	Pd	Pt
NO ₃	1,00 (24) 0,00			
NH ₄	0,00 (24) 1,00	1,00 (24) 0,00		
Pd	-0,48 (24) 0,04	0,00 (24) 1,00	1,00 (24) 0,00	
Pt	0,01 (24) 0,92	0,00 (24) 1,00	0,16 (24) 0,45	1,00 (24) 0,00

* Coefficient (nombre de données) niveau de signification.

Tableau 19
Matrice des corrélations* liant les concentrations des matières nutritives à la Station A2 lors du troisième événement pluvieux

	Pd	Pt
Pd	1,00 (24) 0,00	
Pt	0,91 (24) 0,00	1,00 (24) 0,00

* Coefficient (nombre de données) niveau de signification.

Tableau 20
Matrice des corrélations* liant les concentrations des matières nutritives à la Station A3 lors du troisième événement pluvieux

	Pd	Pt
Pd	1,00 (24) 0,00	
Pt	0,72 (24) 0,00	1,00 (24) 0,00

* Coefficient (nombre de données) niveau de signification.

Tableau 21
Concentrations moyennes, minimales, maximales
(DBO, OD) et pourcentages de dépassement des critères de
qualité à la Station A1: échantillonnage hebdomadaire

	Paramètres (mg/l)	
	DBO	OD
Nombre d'échantillons	8	14
Moyenne	2,87	10,58
Minimum	2,0	5,80
Maximum	7,0	13,5
Dépassement* (%)	-4	76

* Dépassement = ((moyenne mesurée - critère)/critère) X 100

Tableau 22
Moyenne, écart-type, valeurs minimales
et maximales des concentrations de
DBO à la station A1 en temps de pluie

	(27-28/08)	Événements pluvieux (29-30/09)	(29-30/10)
Nombre d'échantillons	24	24	24
Moyenne (mg/l)	1,48	5,5	3,83
Écart-type (mg/l)	1,20	2,7	2,14
Minimum (mg/l)	0,4	3,0	2,0
Maximum (mg/l)	5,0	14,0	7,0

Tableau 23
Concentrations moyennes, minimales, maximales
(MES; coliformes fécaux) et pourcentages de dépassement des critères
de qualité à la Station A1: échantillonnage hebdomadaire

	MES (mg/l)	Coliformes fécaux (nb/100 ml)
Nombre d'échantillons	17	17
Moyenne*	30,58	1 210
Minimum	12	490
Maximum	60	7 100
Dépassement** (%)	22	500

* Moyenne pondérée calculée comme suit: $\sum c_i Q_i / \sum Q_i$ où c_i = concentration du paramètre pour la journée i et Q_i = débit moyen journalier de la station.

** Dépassement = ((moyenne mesurée - critère)/critère) X 100

Tableau 24
Charges moyennes, minimales et maximales de MES
et de coliformes fécaux à la Station A1:
échantillonnage hebdomadaire

	MES (kg/j)	Coliformes fécaux (nb/j)
Nombre d'échantillons	17	17
Moyenne	775 (0,24)*	87X10 ¹⁰
Minimum	64	7X10 ¹⁰
Maximum	3 664	323X10 ¹⁰

* Charge moyenne journalière par unité de surface (kg MES/ha, j.).

Tableau 25
Moyenne, écart-type, valeurs minimales et
maximales des concentrations de MES et de coliformes féc
à chaque station en temps de pluie

	\bar{X}	Station A1 S	min-max	\bar{X}	Station A2 S	min-max
Événement pluvieux (27-28/08)						
MES (mg/l)	27	2	22-32			
Coliformes fécaux (nb/100 ml)	3 136	3 413	780-12 000			
Événement pluvieux (29-30/09)						
MES (mg/l)	37	9	23-64	32	15	18-77
Coliformes fécaux (nb/100 ml)	29 608	39 740	4 700-170 000			
Événement pluvieux (29-30/10)						
MES (mg/l)	63	20	34-99	38	17	13-84
Coliformes fécaux (nb/100 ml)	7 700	4 150	3 800-23 000			

Tableau 26
Charges moyennes de MES et de coliformes fécaux
à chaque station en temps de pluie

	Station	MES (Kg/j)	Coliformes fécaux (nb/j)
Événement pluvieux 1 (27-28/08)	1	207	23 X 10 ¹⁰
	2	-	-
	3	-	-
Événement pluvieux 2 (29-30/09)	1	586	45 X 10 ¹¹
	2	24	-
	3	*	-
Événement pluvieux 3	1	2 316	27 X 10 ¹¹
	2	193	-
	3	*	-

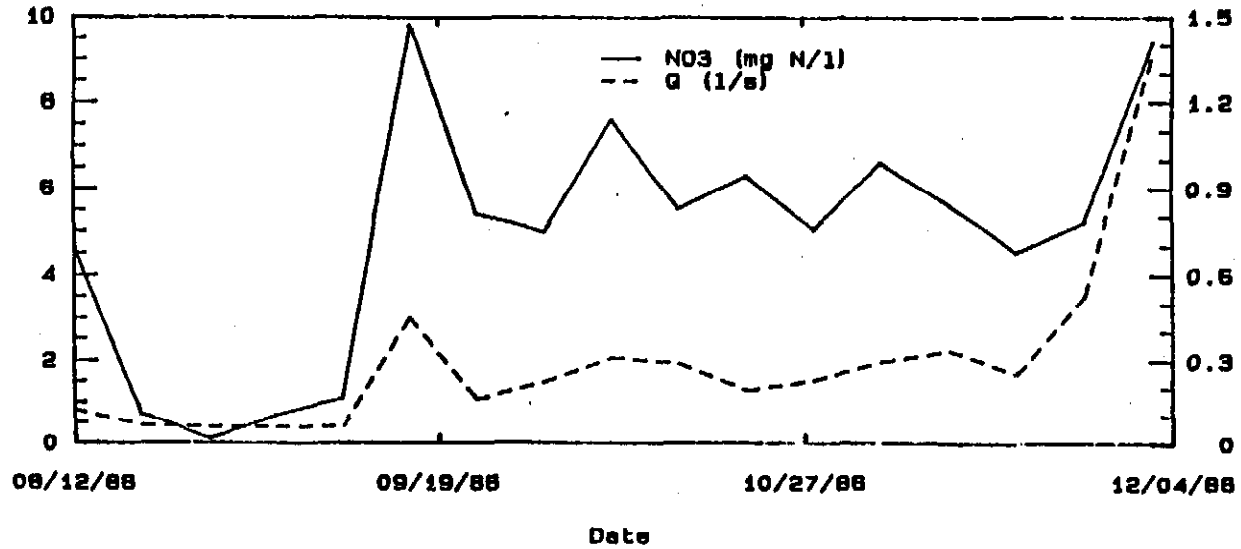
- Pas d'échantillonnage ou d'analyse
- * Données manquantes

I. ANNEXE

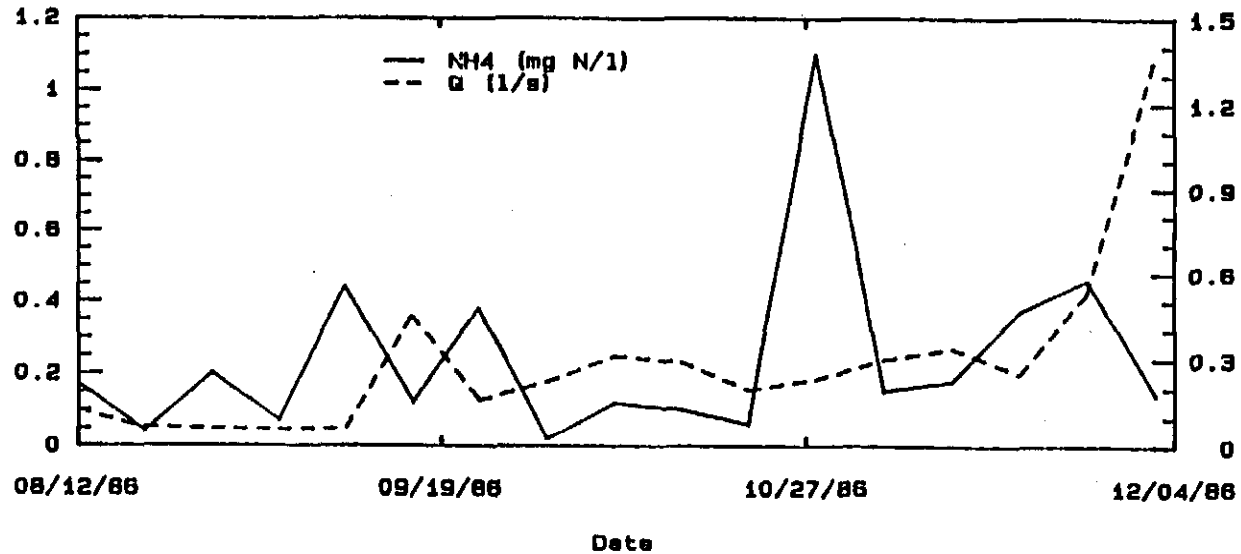
N.B.: Le débit est exprimé en mc/s au lieu de l/s,
tel qu'indiqué sur les figures.

* E.H.: Echantillonnage hebdomadaire

Evolution temporelle des nitrates et du debit a la station A1: E.H.*

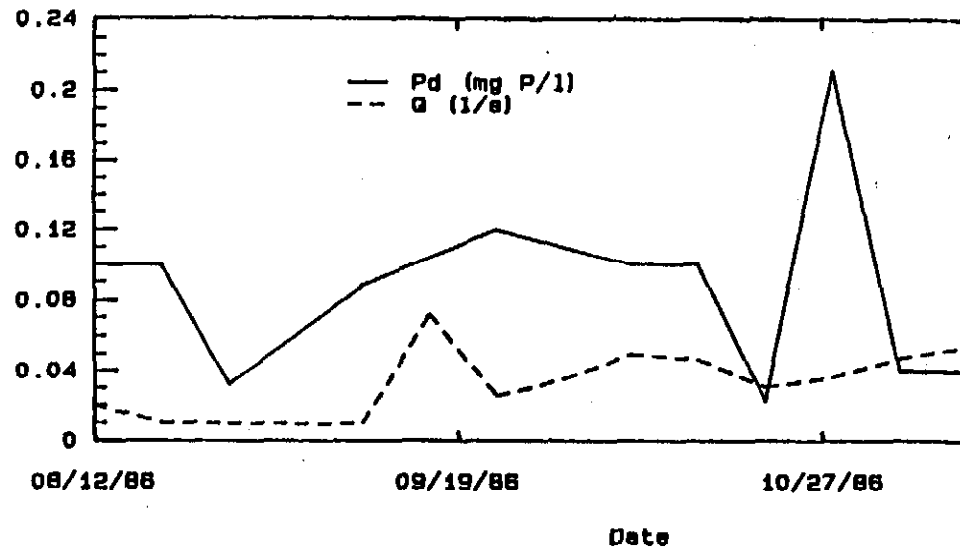


Evolution temporelle de l'azote amm. et du debit a la station A1: E.H.*

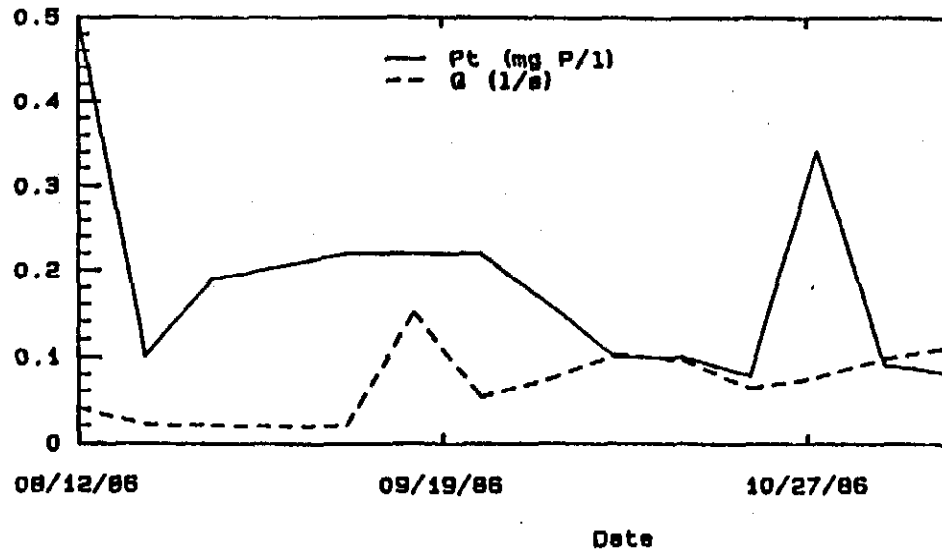


* E.H. : Echantillonnage hebdomadaire

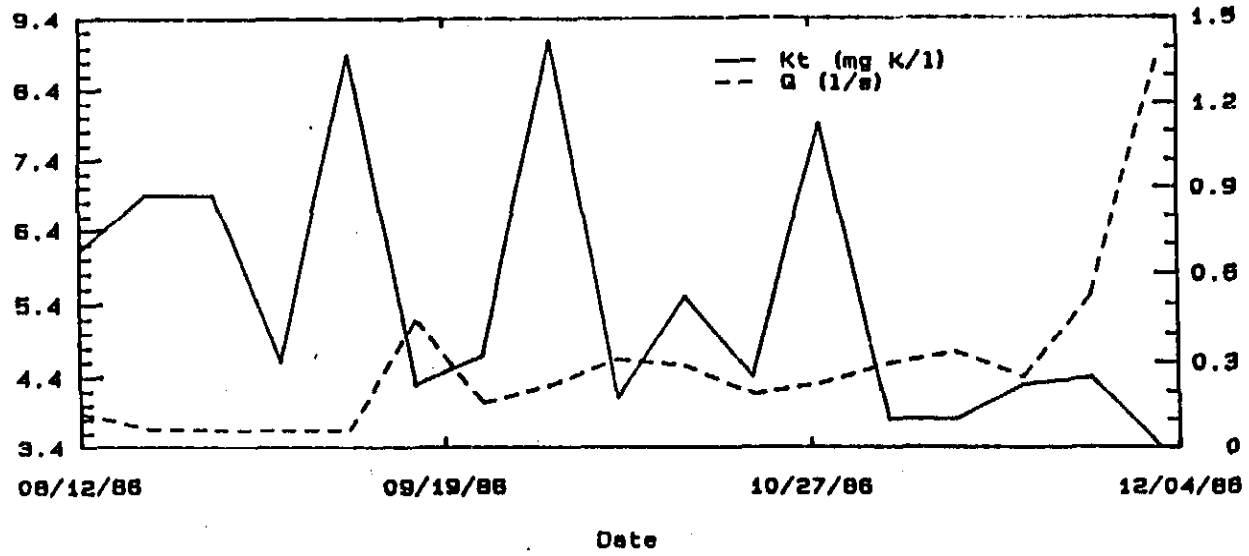
Evolution temporelle du phosphore diss.
et du debit a la station A1: E. H.*



Evolution temporelle du phosphore total
et du debit a la station A1: E.H.*



Evolution temporelle du potassium total
et du debit a la station A1: E.H.*



*E.H.: Echantillonnage hebdomadaire

