

De nombreux organismes ont apporté leur contribution à la présente étude :

- ADS,
- Aquascop,
- Compagnie Générale des Eaux, Centre Régional Alsace-Lorraine,
- Compagnie Générale des Eaux, Centre Régional du Sud-Ouest, laboratoire "pluvial",
- Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt (DDAF) de Moselle.
- Direction Régionale de l'Environnement (DIREN) de Lorraine,
- Laboratoire Départemental d'analyses de Metz,
- Météo France, Service Central d'Exploitation de la Météorologie,
- Moyeuivre-Grande (commune de),
- Omnium de Traitement et de Valorisation (OTV) Nord-Est,
- Syndicat Intercommunal d'Assainissement de la Vallée de l'Orne (SIAVO),
- Unimétal,
- Water Research Center (WRc),

Le présent rapport a été rédigé par la branche "Assainissement" d'Anjou-Recherche pour le compte de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse.

RESUME

La présente étude a pour but, par le biais d'une approche concrète sur un site défini (l'aval du bassin versant de l'Orne, affluent de la Moselle), d'apporter un nouvel éclairage sur l'impact des rejets urbains de temps de pluie sur la qualité d'un cours d'eau. **Dans** ce cadre, une méthodologie, **basée sur** la définition d'indicateurs d'effets (chronique, aigu, cumulatif) a été élaborée et validée.

Cette méthodologie comporte les étapes suivantes :

- mesures de terrain (système d'assainissement, rivière);
 - traitement statistique des données pluviométriques locales;
 - définition d'indicateurs pour les effets chronique et aigu;
 - construction, autour de deux logiciels, de modèles calés et validés sur les mesures de terrain
- utilisation de ces modèles pour la définition des impacts et des types d'aménagements à prévoir sur le système d'assainissement.

Les principales avancées méthodologiques ou résultats obtenus à l'issue de cette étude concernent:

- la définition d'une année synthétique de pluie permettant d'avoir une vision globale de la pollution émise annuellement par temps de pluie;
- la définition et la validation d'indicateurs d'objectifs pour les effets chronique et aigu;
- la bonne adéquation des outils de modélisation "réseau" et "rivière" au problème posé;
- la nécessaire complémentarité des approches basées sur les impacts et sur la réglementation pour la définition des types d'aménagements à prévoir sur le système d'assainissement;

Cependant, si des recherches complémentaires d'ordre fondamental doivent être entreprises afin d'améliorer les connaissances sur le thème des effets cumulatifs, les avancées et résultats obtenus à l'issue de cette étude permettent, d'ores et déjà, d'envisager une application de la méthodologie élaborée sur d'autres sites.

MOTS-CLES

Assainissement / Temps de pluie / Impact / Milieu naturel / Effet aigu / Effet chronique / Effet cumulatif / Analyse pluviométrique / Modélisation / Réglementation

SOMMAIRE

I - INTRODUCTION	P 9
1.1 - Contexte et objectif de l'étude	P 9
1.2 - Présentation de la démarche adoptée	P 9
1.3 - Présentation du site	P 11
1.4 - Intervenants	P 13
II - LES MESURES DE TERRAIN	P 15
II.1 - Généralités	P 15
II.2 - Les mesures hors événement pluvieux sur le milieu naturel	P 15
II.3 - Les mesures par temps de pluie sur le réseau d'assainissement	P 17
II.4 - Les mesures par temps de pluie sur le milieu naturel	P 21
II.5 - Les mesures pluviographiques	P 23
III - L'ANALYSE PLUVIOMETRIQUE	P 25
IV - LES MODELISATIONS "RESEAU" ET "RIVIERE"	P 29
IV.1 - Le rôle de la modélisation	P 29
IV.2 - Les logiciels utilisés	P 29
IV.3 - La construction des modèles	P 33
IV.4 - Le calage et la validation du modèle "réseau"	P 35
IV.5 - Le calage et la validation du modèle "rivière"	P 37
V - L'APPROCHE DE L'EFFET CHRONIQUE	P 41
V.1 - Objectifs	P 41
V.2 - Démarche	P 43
V.3 - Application de la démarche au cas de l'Orne et résultats	P 47
V.4 - Les types d'aménagements à prévoir sur le système d'assainissement	P 51
VI - L'APPROCHE DE L'EFFET AIGU	P 57
VI.1 - Objectifs	P 57
VI.2 - Démarche	P 57
VI.3 - Application de la démarche au cas de l'Orne et résultats	P 59
VII - L'APPROCHE DE L'EFFET ACCUMULATIF'	P 63
VII.1 - Présentation de la démarche prévue à l'origine	P 63
VII.2 - Utilisation des diatomées	P 65
VIII - ANALYSE DE LA DEMARCHE SUIVIE DANS LE CADRE DE LA PRESENTE ETUDE	P 71
IX - CONCLUSION	P 77
BIBLIOGRAPHIE	P 79
RAPPORTS ANNEXES	P 81

I - INTRODUCTION

1.1 - CONTEXTE ET OBJECTIF DE L'ETUDE

La présente étude a pour but, par le biais d'une approche concrète sur un site défini (l'aval du bassin versant de la rivière Orne, en Moselle), d'apporter un nouvel éclairage sur l'impact des rejets urbains de temps de pluie sur la qualité d'un cours d'eau, par la définition d'indicateurs d'effets, et de permettre à terme de déboucher sur la définition d'objectifs de protection du milieu.

En l'état actuel des connaissances, cette notion d'impact reste floue, tant sur le plan réglementaire que sur le plan méthodologique. L'objectif de cette étude est d'ailleurs, à partir du cas de l'Orne, de tenter de définir une méthodologie transposable à d'autres sites semblables, ou du moins d'en cerner les acquis et les limites. Cette méthodologie devrait permettre :

- d'évaluer si la partie concernée du cours d'eau est soumise à un impact qualitatif du fait des rejets urbains de temps de pluie ;
- si oui, de localiser et de définir les types d'aménagements à prévoir sur le système d'assainissement (réseaux + usines d'épuration) pour atténuer, voire supprimer cet impact.

L'évaluation de l'impact des rejets de temps de pluie impose de distinguer trois types d'effets, selon la nature des polluants véhiculés par les rejets, la durée de l'effet sur le milieu et le type d'événement pluvieux :

- l'effet chronique, correspondant au dépassement de seuils de qualité définis par temps sec en fonction des usages fixés ;
- l'effet aigu, où des événements exceptionnels peuvent provoquer la remise en cause des usages minimaux du cours d'eau (pour l'Orne, ces conséquences sont principalement des mortalités piscicoles) ;
- l'effet cumulatif, correspondant à une dégradation du substrat, de la faune et de la flore aquatique, empêchant le développement d'une vie équilibrée.

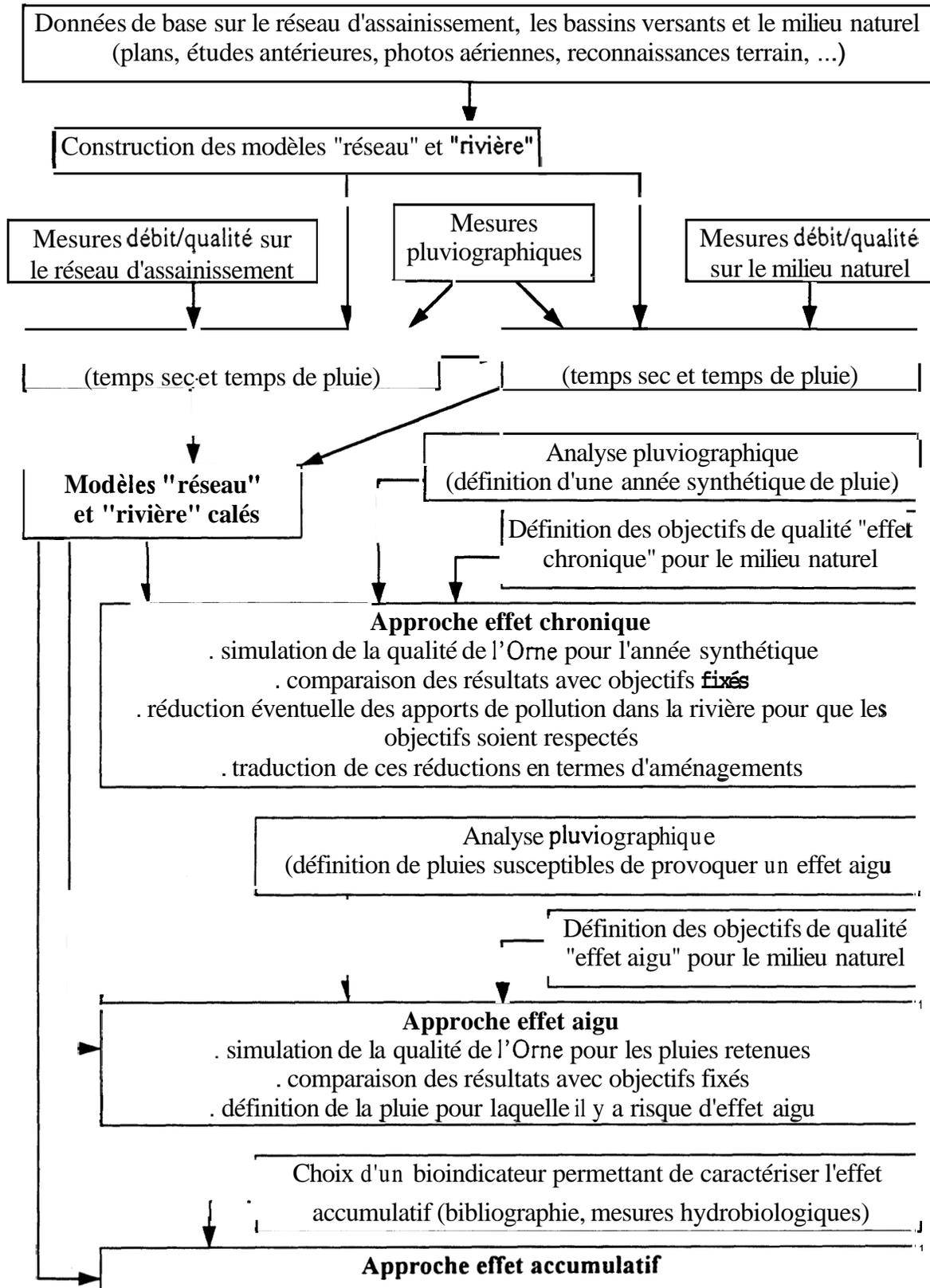
1.2 - PRESENTATION DE LA DEMARCHE ADOPTEE

Pour mener à bien une telle étude, il faut pouvoir :

- connaître, pour un très grand nombre de situations (en termes de pluviométrie, d'évolution du système d'assainissement et de régime hydrologique du cours d'eau), ce qui est rejeté dans le cours d'eau (en quantité et en qualité) et la qualité de celui-ci ;
- prendre en compte des seuils d'effet cohérents et adaptés à chacun des trois effets évoqués plus haut et donc disposer d'indicateurs.

Le premier point a été abordé par l'utilisation d'outils de modélisation complémentaires. Ces outils sont basés sur l'utilisation de deux logiciels : le premier qui simule les débits et les flux de pollution transitant par temps sec et par temps de pluie dans un réseau d'assainissement, donc en particulier ceux qui sont rejetés vers le milieu récepteur, et le second, qui simule la qualité d'un cours d'eau en prenant en compte les rejets qui s'y produisent.

Figure 1
Démarche adoptée pour l'étude



Des mesures sur le terrain sont nécessaires, afin de permettre le calage et la validation des modèles "réseau" et "rivière". Néanmoins, une fois calés et validés, les modèles permettent de simuler une infinité de scénarios, qu'il serait impensable, techniquement et financièrement, de reproduire par le biais de la mesure seule.

Pour le deuxième point, l'étude, qui comporte une importante partie bibliographique, permet de choisir les seuils d'effet les plus judicieux pour la rivière.

La démarche adoptée pour la présente étude est donc la suivante (*voir figure 1*) :

- mesures de terrain, sur le réseau d'assainissement et sur le milieu récepteur ;
- traitement statistique des données pluviométriques locales disponibles ;
- construction, autour de deux logiciels, de modèles "réseau" et "rivière" calés et validés sur les mesures de terrain
- utilisation de ces modèles et comparaison des résultats de simulation de nombreux scénarios aux seuils d'effet retenus pour chacune des trois approches correspondant aux effets chronique, aigu et accumulé (avec, pour l'effet chronique, la définition des actions à prévoir sur le système d'assainissement afin d'assurer le respect des objectifs).

1.3 - PRESENTATION DU SITE

L'Orne prend sa source au nord-est de Verdun et rejoint la Moselle à l'amont de Thionville, après un parcours de 100 km. Son bassin versant total couvre 1.300 km², pour 140.000 habitants.

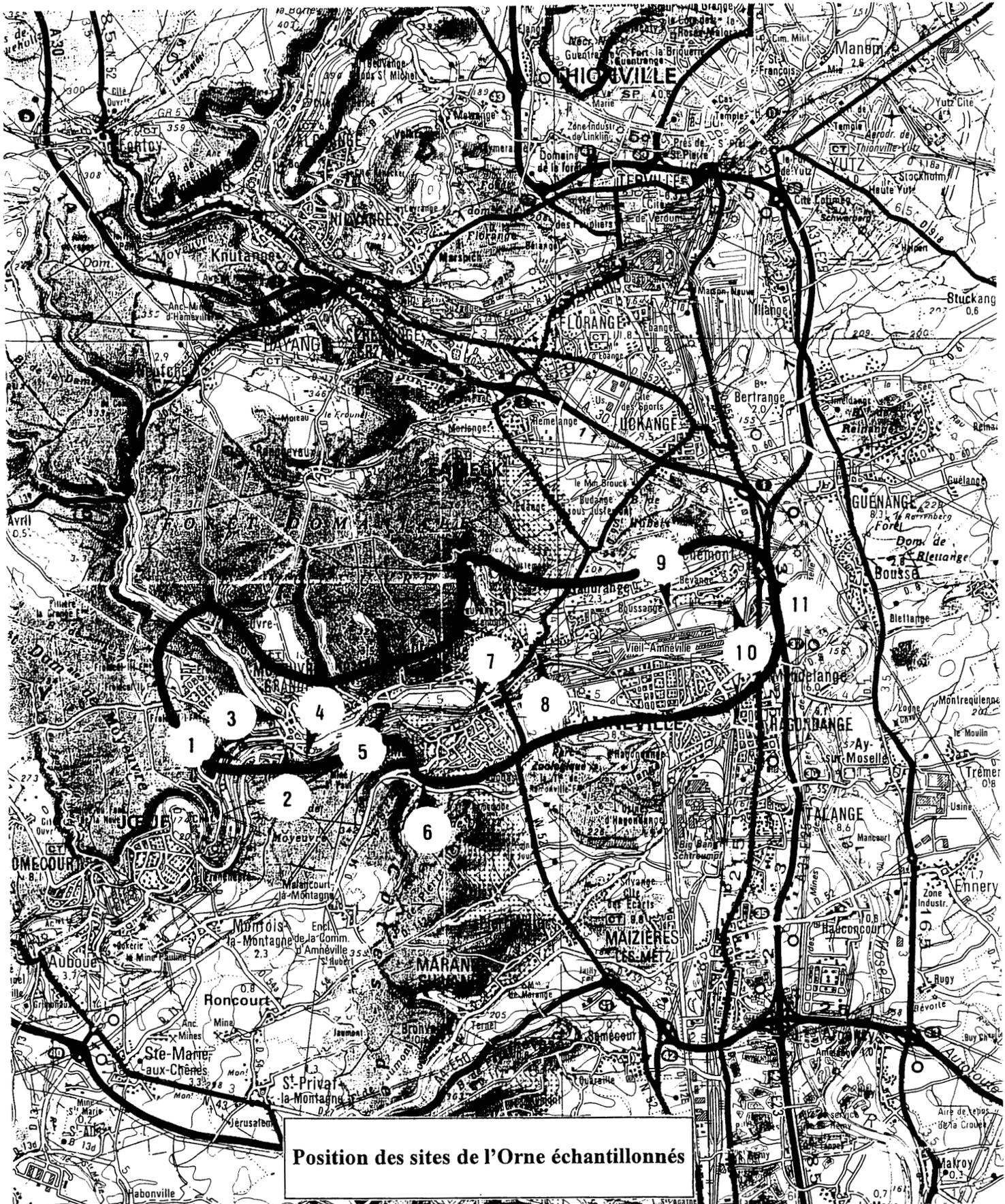
La zone d'étude retenue est la partie la plus urbanisée du bassin versant de l'Orne, située juste avant sa confluence avec la Moselle (*voir figure 2*). Cette zone concerne dix communes (Moyeuvre-Petite, Moyeuvre-Grande, Rosselange, Rombas, Clouange, Vitry-sur-Orne, Gandrange, Amnéville, Mondelange et Richemont) et 49.000 habitants.

L'assainissement est majoritairement de type unitaire. L'ossature primaire du réseau, ainsi que l'usine d'épuration appartiennent au SIAVO (Syndicat Intercommunal d'Assainissement de la Vallée de l'Orne). Les principaux rejets ou affluents pour l'Orne à l'intérieur de la zone d'étude sont le Conroy (Moyeuvre), le Rapt (Rombas) et le canal de rejet commun à l'usine Uniinéal et à l'usine d'épuration.

En se référant à la synthèse 1987-1992 des résultats de mesures du Réseau National de Bassin, la qualité générale de l'Orne varie de la classe "1B" à Joeuf (amont zone d'étude), à la classe "3" à Richemont (aval zone d'étude), pour un objectif fixé à la classe "2" (DBO₅ et NH₄⁺ étant les principaux paramètres déclassants).

Figure 2

Zone d'étude (extrait de carte IGN 1/100,000 avec localisation des 11 sites de mesures hors événement sur le milieu naturel)



Le tableau ci-dessous rappelle, pour quelques paramètres, les critères d'appréciation de la qualité générale de l'eau d'une rivière du bassin Rhin-Meuse, selon quatre classes de qualité :

Paramètre	Classe 1A excellente qualité	Classe 1B bonne qualité	Classe 2 qualité passable	Classe 3 qualité médiocre
O ₂ dissous (mg/l)	> 7	5 à 7	3 à 5	milieu aérobie en permanence
O ₂ dissous (% de saturation)	> 90 %	70 à 90 %	50 à 70 %	
DBO ₅ (mg/l)	< 3	3 à 5	5 à 10	10 à 25
DCO (mg/l)	< 20	20 à 25	25 à 40	40 à 80
NH ₄ ⁺ (mg/l)	< 0,1	0,1 à 0,5	0,5 à 2	2 à 8

L'Orne et certains de ses affluents reçoivent des eaux d'exhaure de mines, en quantité très importante. Il est néanmoins très difficile de quantifier ces alimentations artificielles, d'autant plus que les pompages sont progressivement arrêtés et que les exutoires naturels ne sont pas forcément connus précisément.

1.4 - INTERVENANTS

La Branche "Assainissement" d'Anjou-Recherche a pris en charge l'ensemble des missions de l'étude. Néanmoins, pour certaines d'entre-elles, elle s'est appuyée sur les compétences spécifiques d'organismes sous-traitants :

- Centre Régional de la Compagnie Générale des Eaux (mesures de terrain et analyses),
- Water Research Center (bibliographies pour seuils "effet aigu" et "effet cumulatif"),
- Météo France (analyse statistique de la pluviométrie locale),
- Aquascop (mesures hydrobiologiques),
- ADS (mesures en réseau d'assainissement).

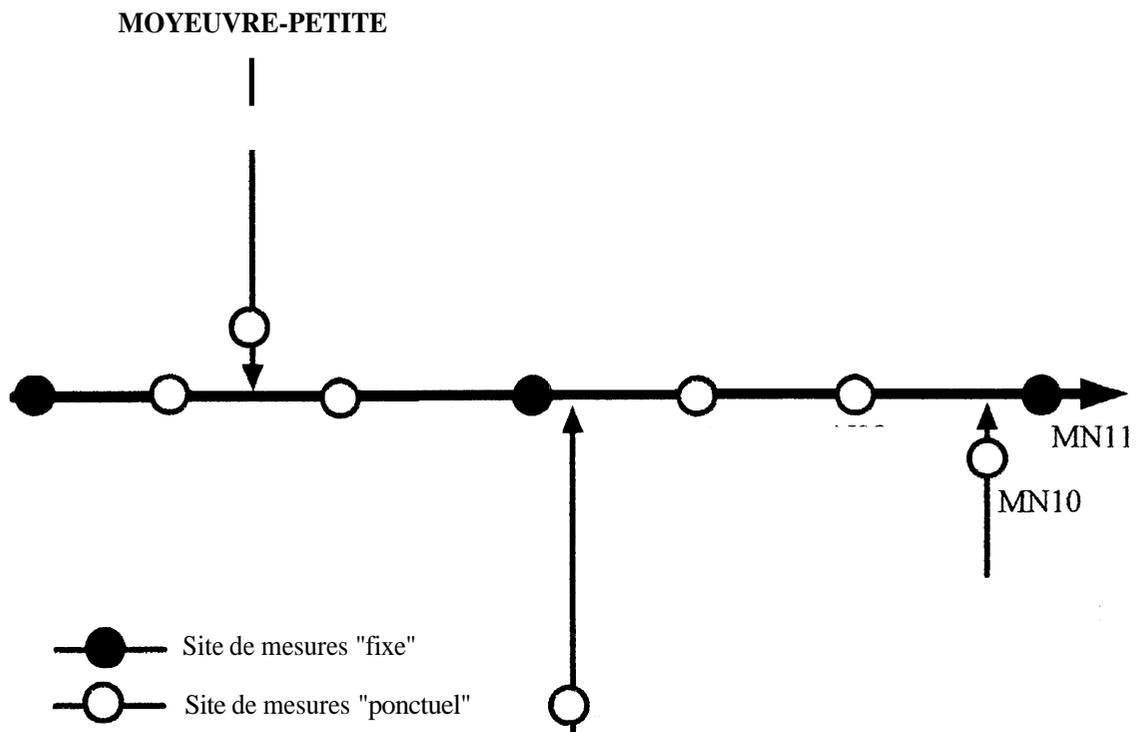
Figure 3

Situation des 11 sites de mesures hors événement sur le milieu naturel

SITE	COURS D'EAU / REJET	SITUATION
MN01	Orne	barrage Unimétal à l'amont de Moyeuvre-Grande
MN02	Orne	Dont de Moyeuvre-Grande
MN03	Conroy	amont de la partie couverte du Conroy dans sa traversée de Moyeuvre-Grande
MN04	Conroy	débouché du Conroy dans l'Orne
MN05	Orne	pont de Jamailles à Rosselange
MN06	Rapt	amont de la partie couverte du Rapt dans sa traversée de Rombas
MN07	Orne	amont immédiat du débouché du Rapt dans l'Orne, en rive droite de celle-ci
MN08	Orne	pont de Vitry-sur-Orne, en rive gauche
MN09	Orne	passerelle détruite à Boussange, en rive gauche
MN10	Canal de rejet usine d'épuration + Unimétal	débouché du canal de rejet dans l'Orne, en rive droite de celle-ci
MN11	Orne	Dont de l'autoroute à Richemont. en rive droite

Figure 4

Synoptique des 11 sites de mesures hors événement sur le milieu naturel



II - LES MESURES DE TERRAIN

(se reporter aux rapports des modules M et AP)

11.1 - GENERALITES

On peut distinguer deux types de mesures, selon le rôle qu'elles jouent au sein de l'étude :

- celles qui permettent d'apprécier la qualité moyenne de l'Orne et de ses principaux affluents : ce sont les mesures hors événement pluvieux sur le milieu naturel (onze sites) ;
- celles qui sont utilisées pour le calage et la validation des modèles bâtis : ce sont les mesures par temps de pluie, sur le réseau (huit sites) et sur le milieu naturel (trois sites), ainsi que les mesures pluviographiques (deux sites).

Les chapitres suivants détaillent, pour chaque type de mesures, les sites choisis, les matériels mis en place, les protocoles retenus et les paramètres analysés, ainsi que les principaux résultats.

L'ensemble des analyses a été effectué selon les normes en vigueur, par

- le laboratoire départemental de Metz (hydrocarbures),
- le laboratoire "pluvial" de la CGE à Toulouse (granulométrie des sédiments),
- le laboratoire CRISTAL de la CGE à Florange (toutes les autres analyses).

11.2 - LES MESURES HORS EVENEMENT PLUVIEUX SUR LE MILIEU NATUREL

Mesures physico-chimiques

Ces mesures ont pour but d'établir un suivi régulier sur une année (juin 94 à mai 95) de la qualité de l'Orne et de certains de ses affluents à l'intérieur de la zone d'étude, afin de pouvoir par la suite caler et valider le modèle "rivière" par temps sec.

Outre la température, le pH et l'oxygène dissous (mesurés sur le terrain à l'aide d'appareils portables), les paramètres analysés sur l'eau sont : les matières en suspension (MES), les matières volatiles en suspension (MVS), la demande biochimique en oxygène à cinq jours (DBO_5), la demande chimique en oxygène (DCO), l'ammonium ($N-NH_4$), l'azote Kjeldhal (NTK), les composés oxygénés de l'azote ($N-NO_2$, $N-NO_3$), le carbone organique total (COT) et le carbone organique dissous (COD).

Les paramètres analysés sur sédiments sont : les matières sèches (MS), les MVS, le plomb (Pb), le zinc (Zn) et le cadmium (Cd). Des analyses de granulométrie (répartition en masse par classes, répartition de la matière organique et des métaux dans chacune de ces classes) et de vitesses de chute ont également été réalisées sur les sédiments.

Figure 5
 Profil en long de la qualité de l'Orne hors événement - [DBO₅] en mg/l

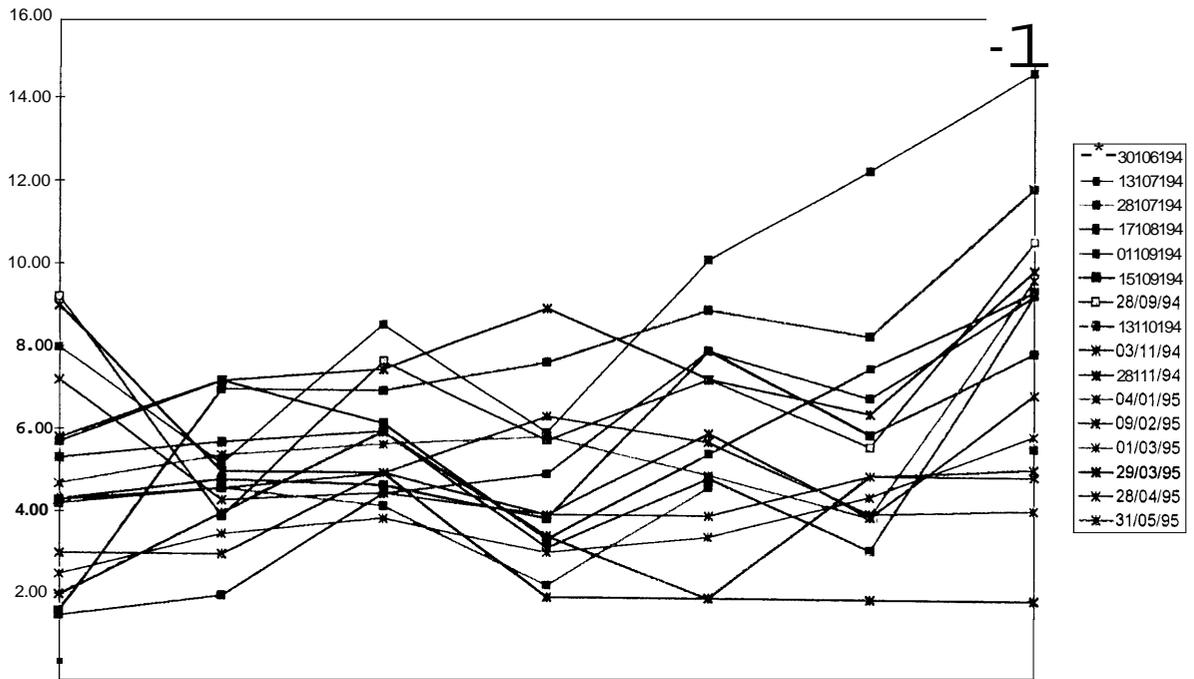
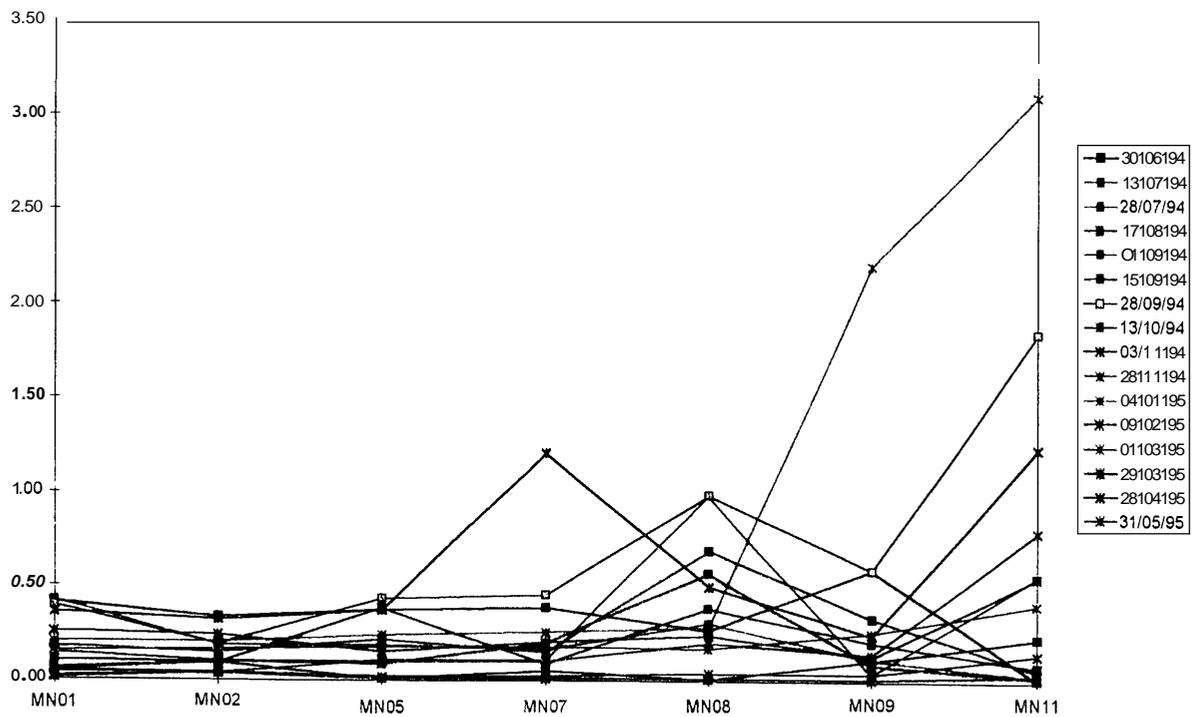


Figure 6
 Profil en long de la qualité de l'Orne hors événement - [NH₄⁺] en mg/l



Le rythme des mesures est bimensuel de juin à octobre 94 (période considérée comme sensible pour le milieu), puis mensuel ensuite (sauf pour les sédiments, pour lesquels les prélèvements sont toujours mensuels). Onze sites de mesures, numérotés MN01 à MN11, ont été choisis (*voir figures 3 et 4*). Il est à noter que trois de ces sites (MN01, MN07 et MN11) font l'objet de mesures d'événements, qui nécessitent des matériels de mesures en continu.

Les résultats obtenus sur eau, et notamment les profils en long établis sur l'Orne pour chaque paramètre et pour les seize campagnes, sont homogènes et cohérents avec ce que l'on pouvait attendre. Ainsi, l'impact des principaux rejets permanents ou affluents (le Conroy, le Rapt, les ruisseaux de Vitry et de Gandrange, le canal de rejet Unimétal) est bien visible. Les paramètres potentiellement déclassants pour la qualité de l'Orne sont la DBO₅ et NH₄⁺ (*voir figures 5 et 6*), surtout à l'aval du canal de rejet Uniinétal.

En ce qui concerne les sédiments, les résultats sont homogènes. La répartition granulométrique (en masse) montre globalement une nette prédominance des sables et graviers (> 200 µm). La matière organique et les métaux lourds sont préférentiellement liés aux fines particules (< 100 µm).

Mesures hydrobiologiques

A l'origine, ces mesures devaient concerner le suivi mensuel du benthos (sur les onze sites et aux dates des mesures ponctuelles sur eau et sédiments) et la détermination à l'espèce des macroinvertébrés. Le but était de définir les espèces les plus représentatives, puis de tenter de trouver les relations entre leur dénombrement et la variation de qualité de leur habitat (les sédiments), afin de mettre en évidence l'impact de rejets intermittents dans le cadre de l'approche de l'effet accuinulatif.

Or, l'absence quasi-systématique de sédiments dans la rivière a rapidement condamné cette démarche. Il a donc été décidé de changer d'axe de recherche et de s'intéresser aux algues, dont les diatomées, non pas en tant qu'indicateur de la qualité moyenne du cours d'eau (domaine où la connaissance est déjà bonne), mais en tant que témoin de l'évolution de cette qualité, notamment au niveau de l'impact de rejets de temps de pluie.

Des supports artificiels ont été installés à proximité immédiate des onze sites "milieu naturel", afin d'y prélever mensuellement les algues, dénombrées ensuite en laboratoire, jusqu'au niveau taxonomique le plus fin dans les conditions classiques de dénombrement.

Les résultats des dénombrements sont relativement homogènes, bien qu'on note des différences entre les prélèvements effectués avant et après les crues de janvier 1995

11.3 - LES MESURES PAR TEMPS DE PLUIE SUR LE RESEAU D'ASSAINISSEMENT

L'objectif **fixé** est de mesurer cinq pluies significatives durant la période allant de septembre 94 à janvier 95. Ces mesures doivent permettre de connaître, en un certain nombre de points des réseaux d'assainissement urbains de la zone d'étude (réseau du SIAVO et réseaux communaux), les débits et les flux de pollution transitant par temps de pluie en ces points, lors de pluies réelles pour lesquelles la qualité de l'Orne aura également été mesurée.

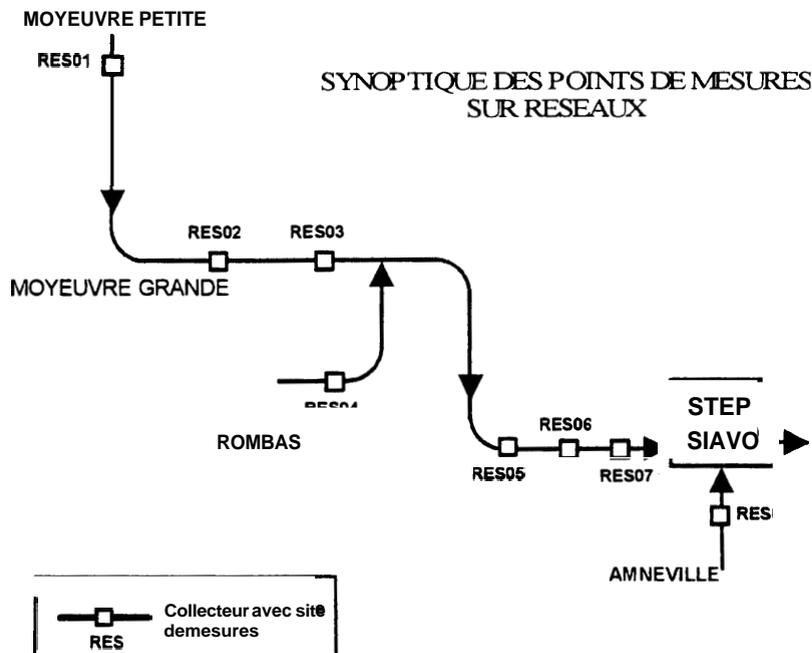
Figure 7

Situation des 8 sites de mesures d'événements sur le réseau d'assainissement

SITE	LIEU	SITUATION
RES01	Moyeuvre-Grande	collecteur SIAVO (branche Moyeuvre-Petite), en bordure de la D9A, au niveau du stade
RES02	Rosselange	collecteur principal SIAVO, en bordure de la place du marché
RES03	Rosselange et Clouange	collecteur principal SIAVO, en bordure de la D9 entre Rosselange et Clouange
RES04	Rombas	collecteur SLAVO (branche Rombas), à l'amont du siphon
RES05	Enceinte Unimétal	collecteur principal SIAVO, à l'aval du siphon de Vitry, au niveau du parc à ferrailles
RES06	Enceinte Unimétal	collecteur principal SIAVO, à l'aval de l'arrivée du siphon de Gandrange
RES07	Enceinte Unimétal	collecteur principal SIAVO, à l'aval de l'arrivée du siphon de Boussange
RES08	Enceinte Unimétal	collecteur SIAVO (branche Amnéville), sous le gazoduc

Figure 8

Synoptique des 8 sites de mesures d'événements sur le réseau d'assainissement



En fait, ce sont les débits, les volumes et les charges de pollution rejetés par temps de pluie dans le milieu naturel que l'on souhaite connaître. Mais, dans la pratique, il n'est économiquement pas possible de pouvoir équiper tous les rejets d'un point de mesures. C'est pourquoi l'on s'en tient à des mesures en des sites significatifs et l'on estimera quantitativement et qualitativement les rejets principaux à l'aide d'un logiciel de simulation, qui sera calé et validé sur les mesures réalisées.

Huit sites de mesures, numérotés RES01 à RES08, ont été retenus (*voir figures 7 et 8*)

Le caractère aléatoire et irrégulier des événements pluvieux suppose la mise en place d'un équipement fixe et autoalimenté. Le matériel installé, de septembre 1994 à janvier 1995, en chacun des huit sites se compose :

- d'un préleveur automatique programmable d'échantillons fractionnés d'eau (24 x 1 litre) fonctionnant sur batterie rechargeable et pouvant recevoir un signal pour déclencher et arrêter les prélèvements ;
- d'un arceau métallique épousant le diamètre intérieur de la conduite et supportant un capteur de hauteur à ultrasons à sondes multiples, un capteur de hauteur piézorésistif (en cas de mise en charge du collecteur) et un capteur de vitesse à effet Doppler V3 ;
- d'un boîtier d'acquisition relié aux trois capteurs cités plus haut, dont il enregistre les mesures. Il est également couplé au préleveur.

Le logiciel permet de recueillir et de traiter les mesures réalisées sur le réseau d'assainissement. Le logiciel offre également la possibilité, par l'intermédiaire du boîtier d'acquisition, de procéder au déclenchement automatique de l'échantillonneur en fonction des conditions hydrauliques dans le collecteur.

Pour chaque site on détermine un débit "de temps de pluie" et donc une hauteur d'eau "de temps de pluie", qui doit être légèrement supérieure à la plus grande hauteur mesurée par temps sec. Une fois cette hauteur d'eau atteinte, le préleveur est activé et préleve des échantillons de 500 ml toutes les cinq minutes, jusqu'à ce que le niveau repasse sous cette valeur. Un flacon d'un litre représente donc dix minutes d'écoulement dans le réseau.

Sur les cinq événements retenus, quatre sont étudiés par l'analyse d'un échantillon moyen en chacun des huit sites "réseau", afin d'avoir une estimation de la pollution moyenne transitant dans le réseau d'assainissement pendant l'événement pluvieux retenu. En revanche, la cinquième pluie, dite "pluie fractionnée", est étudiée plus finement, afin de construire un pollutogramme à un pas de temps de dix minutes.

La démarche adoptée pour le choix d'une pluie est présentée sous forme de schémas (*voir figure 9*).

Les paramètres analysés sur les échantillons prélevés sont : les matières en suspension (MES), les matières volatiles en suspension (MVS), la demande biochimique en oxygène à cinq jours, sur eau brute (DBO₅eb) et sur eau filtrée (DBO₅ef), la demande chimique en oxygène, sur eau brute (DCOeb) et sur eau filtrée (DCOef), l'ammonium (N-NH₄), l'azote Kjeldhal, sur eau brute (NTKeb) et sur eau filtrée (NTKef), le zinc, sur sédiment (Znsed) à partir des MES et sur eau filtrée (Znef), le plomb, sur sédiment (Pbsed) à partir des MES et sur eau filtrée (Pbef), le cadmium, sur sédiment (Cdsed) à partir des MES et sur eau filtrée (Cdef), les hydrocarbures (indice CH₂), le carbone organique total (COT) et le carbone organique dissous (COD).

Figure 9

Démarche adoptée pour sélectionner une pluie (actions sur le réseau)

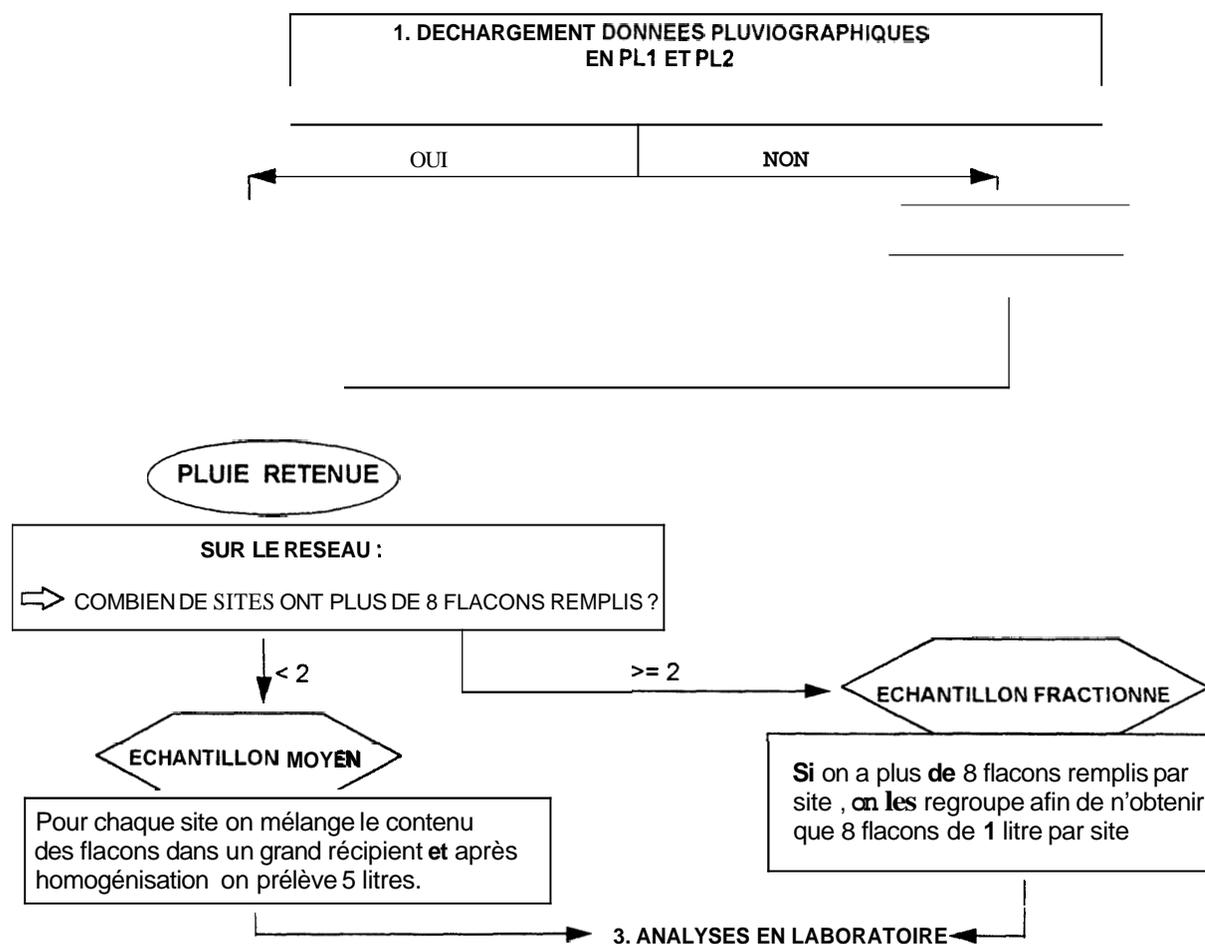


Figure 10

Concentrations minimum et **maximum** mesurées sur le réseau par **temps** de pluie

	[MES] (mg/l)	[DBO ₅] (mg/l)	[DCO] (mg/l)	[NTK] (mg/l)
Minimum	153	97	290	10
Maximum	1.438	1.350	2.182	75

	Plomb (mg/kg de MS)	Zinc (mg/kg de MS)	Cadmium (mg/kg de MS)
Minimum	81	258	1,7
Maximum	304	37.500	34

L'ensemble des résultats de mesures, pour les cinq pluies et les huit sites, est présenté dans le rapport de module M. Les fourchettes de concentrations obtenues pour les principaux paramètres sont présentées ici (*voir figure 10*).

Par ailleurs, on peut noter que :

- les mesures d'hydrocarbures (indice CH₂) sont inférieures ou égales au seuil de détection ;
- la fraction de DBO₅ décantable est d'environ 70 % ;
- le rapport [N-NH₄]/[NTK] est globalement compris entre 0,70 et 0,85.

Ces deux derniers points montrent bien le caractère unitaire des réseaux du SIAVO

11.4 - LES MESURES PAR TEMPS DE PLUIE SUR LE MILTEU NATUREL

Les mesures en continu sur le milieu naturel ont pour but d'apprécier l'évolution de la qualité de l'Orne pendant et après les épisodes pluvieux retenus pour analyses, afin de permettre le calage et la validation du modèle "rivière". Les sites retenus doivent présenter une répartition homogène le long de la rivière afin de décrire au mieux l'évolution des paramètres physico-chimiques suivis :

- MN01 : ce point est situé à l'amont de la zone d'étude. Il constitue par conséquent le point de référence de la qualité de la rivière, globalisant les données de toute la partie amont du cours d'eau non incluse dans le périmètre d'étude.
- MN11 : ce point est situé à l'extrémité aval de la zone d'étude.
- MN07 : ce point est situé à mi-distance entre MN01 et MN11, juste avant le débouché du ruisseau du Rapt dans l'Orne.

Le matériel mis en place sur ces trois sites de mesures en continu est le suivant

- un préleveur automatique programmable d'échantillons fractionnés d'eau (24 x 1 litre) ;
- un appareil de mesure en continu de la température, du pH et de la teneur en oxygène dissous de l'eau de la rivière.

Contrairement aux préleveurs installés sur le réseau, le déclenchement et l'arrêt des préleveurs sur rivière ne peuvent être asservis facilement à la mesure de débit ou de hauteur d'eau. L'eau de la rivière est donc prélevée automatiquement, selon un pas de temps précis. Le pas de temps de prélèvement retenu est d'un litre toutes les quatre heures, ce qui laisse une autonomie de quatre jours, compatible avec la capacité de la batterie de l'appareil. Ce pas de temps doit être suffisamment court pour permettre de décrire correctement l'évolution de la qualité du milieu naturel, mais également suffisamment long pour que les contraintes de maintenance ne soient pas trop fortes.

La tournée des points de mesures "réseau" étant faite et la pluie retenue, il faut alors récupérer les prélèvements effectués sur la rivière qui ont la meilleure chance de représenter l'évolution de la qualité de l'eau pendant et après la pluie.

Figure 11

Démarche adoptée pour sélectionner les échantillons sur le milieu naturel après une pluie

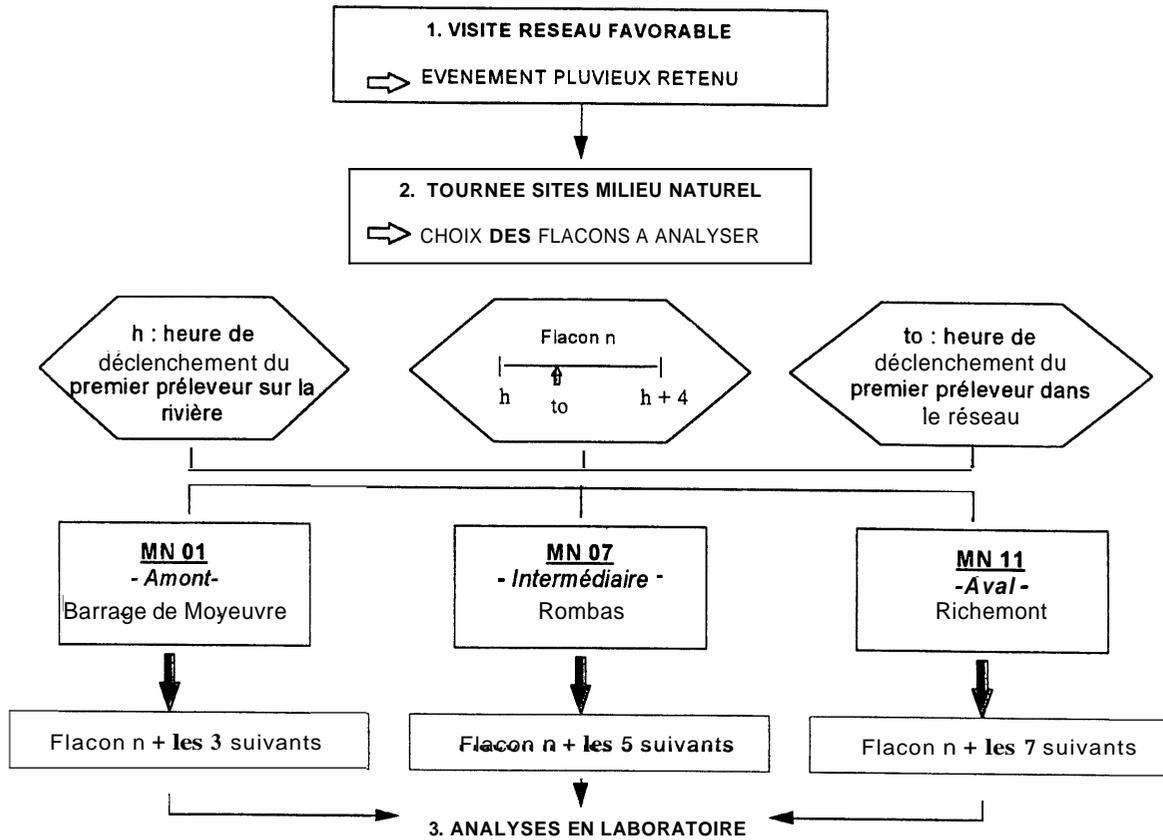
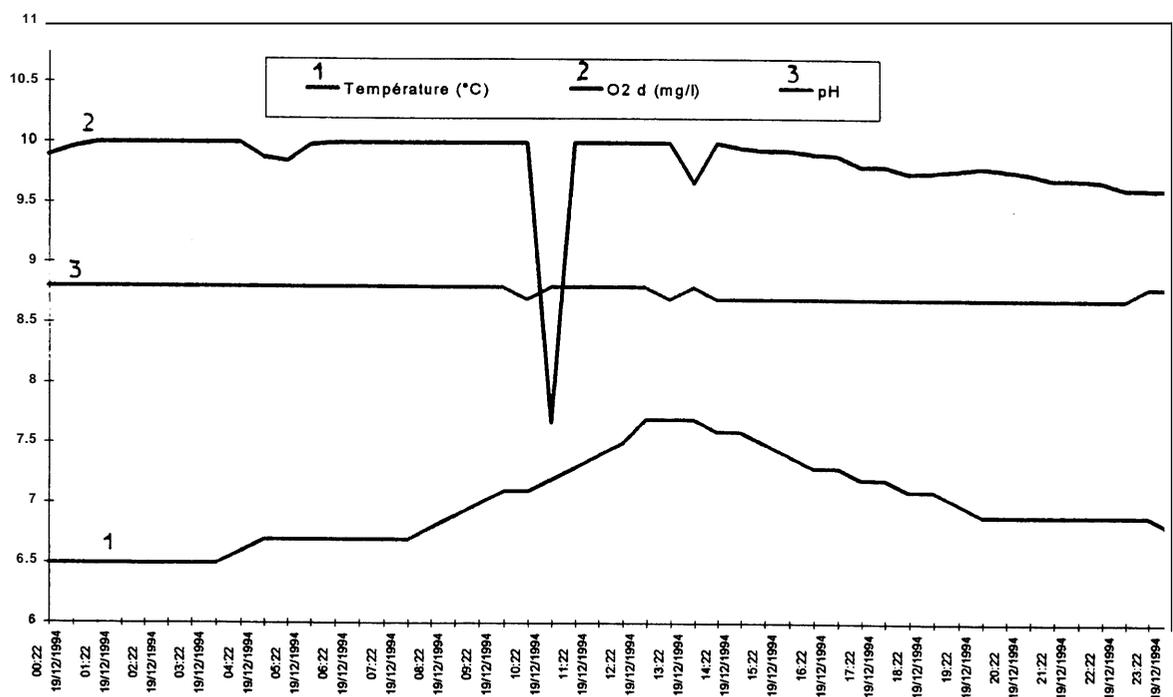


Figure 12

Exemple de mesures en continu sur l'Orne - Pluie du 19/12/94, MN11



Il faut donc pouvoir repérer les flacons correspondant à ce critère, sur les trois préleveurs "rivière". Pour cela, lors de la tournée des points de mesures "réseau", on note l'heure "to" à laquelle s'est produit le premier prélèvement sur le réseau, tous préleveurs confondus. Quelque soit le premier préleveur "rivière" visité (ils fonctionnent sur le même rythme), on décide que le premier flacon "n" retenu pour analyses est celui dont l'intervalle de temps représentatif du prélèvement $[h, h+4]$ encadre l'heure "to".

On décide par ailleurs que l'on décrit les apports du bassin versant amont de l'Orne, en MN01, par 4 flacons (n à n+3).

D'après les vitesses moyennes minimum (0,1 m/s) et maximum (0,6 m/s) données par une étude réalisée par l'agence de l'eau sur l'Orne, on estime que le flot met entre six et trente heures pour parcourir les douze kilomètres séparant MN01 de MN11.

En prélevant 6 flacons (n à n+5) en MN07 et 8 flacons (n à n+7) en MN11, soit respectivement 24 et 32 heures, on espère donc prendre en compte correctement la propagation de la pollution le long de la rivière.

Le schéma présenté (*voir figure 11*) définit la marche à suivre pour choisir les flacons à retenir pour analyse.

Les résultats d'analyses obtenus sur eau de rivière par temps de pluie sont présentés dans le rapport de module M. Un exemple représentatif de ces mesures est présenté ici (*voir figure 12*).

II.5 - LES MESURES PLUVIOGRAPHIQUES

Les mesures pluviographiques ont pour but de connaître la pluviométrie de la zone d'étude à un pas de temps très précis (la minute), afin de pouvoir prendre en compte les pluies réelles mesurées dans la modélisation quantitative et qualitative des réseaux d'assainissement et de la rivière Orne.

Deux sites ont été retenus, numérotés PL1 et PL2 :

- PL1 se situe à Moyeuve-Grande, en amont de la zone d'étude, là où la vallée de l'Orne est encore quelque peu encaissée ;
- PL2 est l'usine d'épuration du **SIAVO** à Richemont, située dans la zone où l'Orne se trouve dans la plaine de la Moselle.

Le matériel mis en place sur chaque site est le suivant :

- un pluviographe à basculements d'augets tous les 0,2 millimètre de pluie ;
- une centrale d'acquisition des données alimentée par piles et qui, reliée aux bornes du pluviographe, enregistre les basculements d'augets sous la forme d'un contact sec. La centrale est déchargée sur un ordinateur portable équipé du logiciel adéquat.

Les tableaux présentés (*voir figure 13*) récapitulent les caractéristiques des cinq pluies ayant fait l'objet d'analyses sur le réseau d'assainissement et sur la rivière.

Figure 13

Caractéristiques des 5 pluies réelles ayant fait l'objet d'analyses sur le réseau et la rivière

PLUVIOGRAPHE DE MOYEUVRE					
Date de la pluie	14/09/1994	24/09/1994	15/11/1994	19/12/1994	22/01/1996
Heure de démarrage	04:45	16:40	DYSFONCTIONNEMENT	00:05	00:05
Heure de fin	10:15	21:15		05:45	23:45
Durée de la pluie	330 mn soit 5H30	275 mn soit 4H35		340 mn soit 5H40	1420 mn soit 23H40
Hauteur totale précipitée (mm)	9	14		2.4	67
Intensité maximale (mm/h)	7.2	33.6		9.6	26.4
Nbre jour de temps sec	1	2		2	0.5

PLUVIOGRAPHE DE RICHEMONT					
Date de la pluie	14/09/1994	24/09/1994	15/11/1994	19/12/1994	22/01/1996
Heure de démarrage	05:00	17:55	06:00	01:45	00:15
Heure de fin	10:35	23:55	11:05	02:25	23:45
Durée de la pluie	335 mn soit 5H35	360 mn soit 6H00	305 mn soit 5H05	40 mn	1410 mn soit 23H30
Hauteur totale précipitée (mm)	9	14.6	8.6	1.2	67.4
Intensité maximale (mm/h)	4.8	26.4	9.6	4.8	38.4
Nbre jour de temps sec	1	2	2	2	0.5

Figure 14

Paramètres descriptifs des variables h et d pour les 9 classes définies pour la période totale

Classe	nb	var.	min.	max.	moy.	sig.	q50	q20	q40	q60	q80
1	109	d	134.0	541.0	261.4	88.1	240.0	183.0	213.0	265.0	334.0
		h	2.0	5.1	3.0	0.8	2.7	2.2	2.5	3.0	3.8
2	32	d	8.0	576.0	291.4	145.6	294.0	199.6	248.2	307.6	446.0
		h	7.2	16.8	10.7	2.7	10.4	8.1	9.1	10.6	13.2
3	48	d	249.0	733.0	458.7	126.0	450.5	342.4	416.2	500.4	561.0
		h	3.2	8.5	5.2	1.2	5.0	4.2	4.8	5.4	6.2
4	15	d	745.0	1741.0	1298.3	333.3	1346.0	926.4	1165.8	1562.8	1610.4
		h	5.0	14.2	10.4	2.4	9.9	8.5	9.3	11.3	12.8
5	1	d	1329.0	1329.0	1329.0	.	-	-	-	-	-
		h	46.9	46.9	46.9		-	-	-	-	-
6	146	d	7.0	170.0	74.8	41.7	70.0	31.4	53.0	87.2	119.0
		h	2.0	4.3	2.7	0.6	2.5	2.1	2.3	2.7	3.4
7	45	d	10.0	203.0	89.0	50.9	90.0	39.2	64.4	103.0	141.4
		h	4.7	8.8	6.4	1.2	6.2	5.2	5.8	6.4	7.5
8	28	d	578.0	1331.0	851.6	228.8	789.0	659.6	708.6	837.8	1130.6
		h	2.0	6.2	3.3	1.1	2.8	2.4	2.7	3.2	4.3
9	4	d	587.0	1150.0	917.5	207.0	.	-	-	-	-
		h	19.4	23.4	22.1	1.6	-	-	-	-	-

III - L'ANALYSE PLUVIOMETRIQUE

(se reporter au rapport du module AS)

La méthode d'analyse des pluies mise au point permet de fournir les données d'entrée pour l'évaluation de l'impact de la pollution générée par le ruissellement urbain sur le milieu récepteur, en termes d'effets aigus, chroniques, et accumulatifs. L'objectif du traitement statistique des données pluviométriques est de mettre en évidence l'événement pluvieux ou la succession d'événements pluvieux susceptibles de provoquer ces types d'effets.

Traitement des événements pluvieux

Un événement pluvieux a été défini comme étant la somme des épisodes dont le cumul est supérieur à 2 mm (hauteur choisie comme étant la hauteur minimale provoquant un écoulement de temps de pluie significatif) et dont la fin est fixée par une interruption des précipitations d'au moins trente minutes (durée correspondant approximativement au temps de concentration des sous-bassins versants étudiés). L'épisode est l'intervalle de temps, d'intensité pluvieuse constante, qui constitue la donnée de base des enregistrements pluviographiques.

La période d'observation a été déterminée en fonction de la qualité des données disponibles sur le pluviographe de Metz-Frescaty (enregistrements chronologiques continus sur une période ne présentant pas ou peu d'épisodes manquants). Six années ont ainsi été retenues (1982-1987).

L'inventaire des événements pluvieux a été réalisé sur trois périodes : la période totale (année entière), la période critique (mai à septembre inclus) et la période normale (octobre à avril inclus). Cette distinction est importante car c'est à cette époque de l'année que ce type de rivière est le plus sensible à une éventuelle pollution.

Sur l'ensemble de la période d'observation, 428 événements ont été recensés (dont 218 en période normale et 210 en période critique) et caractérisés (hauteur, durée, intensité, durées de temps sec associées...).

La deuxième étape a consisté à regrouper les événements pluvieux recensés précédemment, sur la valeur du couple (h,d), de manière à obtenir des classes de pluies, compactes et bien différenciées. Le traitement a été effectué par classification automatique hiérarchique ascendante. Cette procédure a permis de mettre en évidence neuf classes pour la période totale (*voir figure 14*) et sept classes pour chacune des deux autres périodes.

La confrontation entre les classes définies et les cinq pluies réelles analysées (pouvant comprendre chacune plusieurs événements au sens de la définition donnée plus haut) montre que celles-ci sont tout à fait représentatives de la période de l'année où elles sont survenues (appartenance aux classes les mieux représentées).

Traitement du temps sec

Concernant le traitement des périodes de temps sec précédant les événements, deux notions ont été distinguées : la durée de temps sec au sens strict (précédant immédiatement l'événement pluvieux) et la durée de temps sec au sens large, qui inclue également la durée des épisodes pluvieux n'entrant pas dans la définition d'un événement.

L'objectif est d'observer la répartition des durées de temps sec précédant un événement pluvieux, pour les différentes classes mises en évidence précédemment, afin de voir s'il existe un lien entre cette distribution et la classe à laquelle il appartient. Il apparaît que la répartition n'est pas aléatoire pour toutes les classes, puisque certaines d'entre elles présentent des durées de temps sec les précédant qui sont significativement différentes de celles déterminées sur la totalité de l'échantillon.

Détermination de l'année synthétique

L'objectif est d'obtenir une succession d'événements pluvieux et de périodes de temps sec associées, afin de disposer de données permettant d'estimer, à l'échelle annuelle, les pollutions rejetées dans le milieu récepteur et traduisant des effets chroniques et/ou cumulatifs.

L'année synthétique retenue se compose de **76** événements pluvieux (*voir figure 15*). Il s'agit de pluies d'intensité moyenne ayant provoqué un ruissellement. Le traitement statistique réalisé entraîne un lissage de l'échantillon utilisé et donc, l'exclusion d'événements de fréquence rare.

L'obtention de cette année synthétique est un acquis particulièrement important. En effet, il est maintenant possible de procéder, dans des délais acceptables, à la simulation des phénomènes à l'aide de modèles complets. Cette approche n'était réalisée jusqu'à présent qu'avec des modèles simplifiés, du fait de la nécessité d'utiliser, non pas une année synthétique de pluie, mais plusieurs années de mesures réelles (approche danoise).

Détermination d'événements susceptibles de provoquer un effet aigu

Ces pluies sont celles qui, indépendamment de l'état de fragilité du milieu naturel, risquent de provoquer sur celui-ci un effet de choc (apports soudains et importants de pollution engendrant une baisse très importante de l'oxygène dissous). Le principal impact de cet effet de choc, dans le cas de l'Orne, est la mortalité piscicole. Les pluies a priori intéressantes sont celles qui ont une hauteur précipitée et une période de temps sec qui les précède importantes. Néanmoins, les pluies présentant de fortes intensités maximum sur cinq minutes (I_{max5}) sont également intéressantes.

Sur la base de la liste des 428 événements pluvieux réels constatés de 1982 à 1987, deux pluies ont été retenues (16/12/82 et 23/08/83), pour lesquelles Météo France a pu fournir une description permettant de les reconstituer sous la forme de hyétogrammes "double-triangle" et au pas de temps 5 minutes. Quatre pluies synthétiques ont été ajoutées à ces deux pluies réelles, de périodes de retour dix ans, cinq ans, deux ans et un an, calculées selon des paramètres propres à la station de mesures météorologiques de Metz-Frescaty.

Cela donne au total six pluies (*voir figure 16*), qu'il conviendra d'associer à des situations de fragilité extrême du milieu naturel (étiage, température de l'eau élevée, ...).

Figure 17

Exemple de schématisation d'un réseau d'assainissement avec le logiciel de modélisation "réseau"

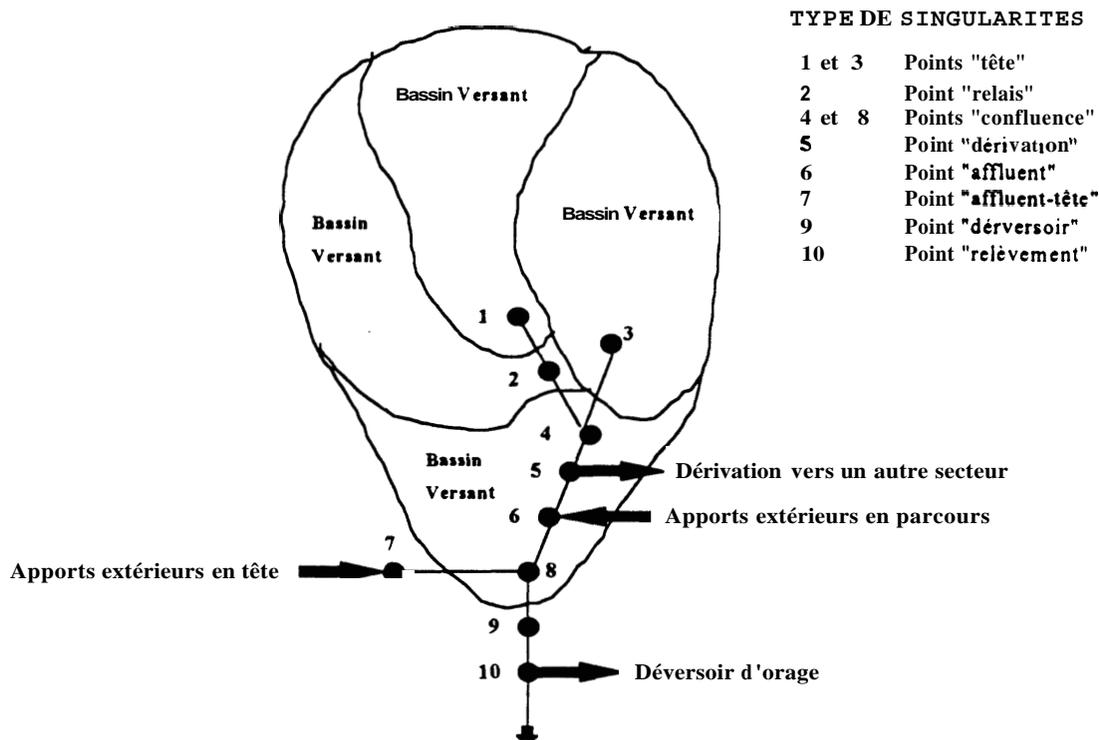


Figure 18

Principales caractéristiques de la modélisation "réseau"

	BVA	BVB	BVC	BVD	TOTAL
Surface totale modélisée (ha)	242.2	270.4	252.3	263.2	1028.1
dont surface imperméabilisée (ha)	70.8	94.1	63.6	86.3	314.8
Nbre de noeuds modélisés	64	52	72	50	238
Nbre sous-bassins modélisés	27	32	25	19	103
Surface moyenne des sous-bassins modélisés (ha)	8.9	8.5	10.1	13.9	10.35
Densité population (hab/ha)	42	42	42	42	42
Coefficient de ruissellement moyen	0.27	0.35	0.26	0.32	0.3
Longueur totale réseau modélisé (m)	12833 + 12810	11933 + 14840	12011 + 12890	9528 + 11060	46305 + 51600
dont réseau unitaire (m)	12833 + 12510	11933 + 14540	12011 + 9690	9528 + 10510	46305 + 47250
dont réseau séparatif (m)	300	300	3200	550	4350
Diamètre conduites modélisées (mm)	150 à 1500	250 à 1600	200 à 1500	250 à 1800	150 à 1800

IV - LES MODELISATIONS "RESEAU" ET "RIVIERE"

(se reporter nu rapport du module AS)

IV.1- LE ROLE DE LA MODELISATION

Les modélisations du réseau d'assainissement et du tronçon de rivière considéré permettent de simuler des situations actuelles avec une précision satisfaisante. En outre, l'utilisation des logiciels de simulation offre la possibilité d'étudier de nouvelles configurations comme par exemple l'amélioration de la collecte ou du traitement des eaux urbaines résiduaires.

Ainsi, en réduisant les rejets par temps de pluie dans le milieu naturel, l'utilisateur peut apprécier l'impact de ces modifications sur la qualité du milieu récepteur. La modélisation est donc un outil efficace d'aide à la décision.

IV.2 - LES LOGICIELS UTILISES

Le logiciel de modélisation des réseaux

Ce logiciel a été mis au point conjointement par la Coinpagnie Générale des Eaux et l'Agence de l'Eau Seine-Normandie pour le compte de ces deux organismes et du Syndicat des Eaux d'Ile de France, afin de quantifier les rejets urbains par temps de pluie en fonction des caractéristiques de l'événement pluvieux, du bassin versant étudié et du réseau d'assainissement considéré.

Les principaux phénomènes simulés sont les suivants

- Calcul de l'évolution temporelle des dépôts entre deux pluies consécutives, sur le sol, en fonction des caractéristiques d'occupation des sols et dans les conduites d'assainissement, en fonction des Caractéristiques de ces conduites et du flot de temps sec éventuel y transitant.
- Calcul des apports en débits et flux de pollution des sous-bassins élémentaires à partir des caractéristiques de la pluie choisie et des caractéristiques des sous-bassins élémentaires.
- En chaque noeud du réseau, bilan des débits et des flux de pollution entrants et sortants en fonction des caractéristiques de chacun des noeuds (déversoir, dérivation..) et des apports éventuels de temps sec.
- Propagation des débits et des flux de pollution en tenant compte des caractéristiques des conduites, ainsi que des dépôts ou de la remise en suspension éventuelle des sédiments présents au fond de la conduite.

Les paramètres actuellement simulés sont : les **MES**, la **DBO₅**, la **DCO**, le **NTK**.

Ce logiciel est de type conceptuel, applicable à n'importe quel type de bassin versant urbain.

Figure 19
Modélisation "rivière" - Synoptique 1/3 (modélisation préliminaire)

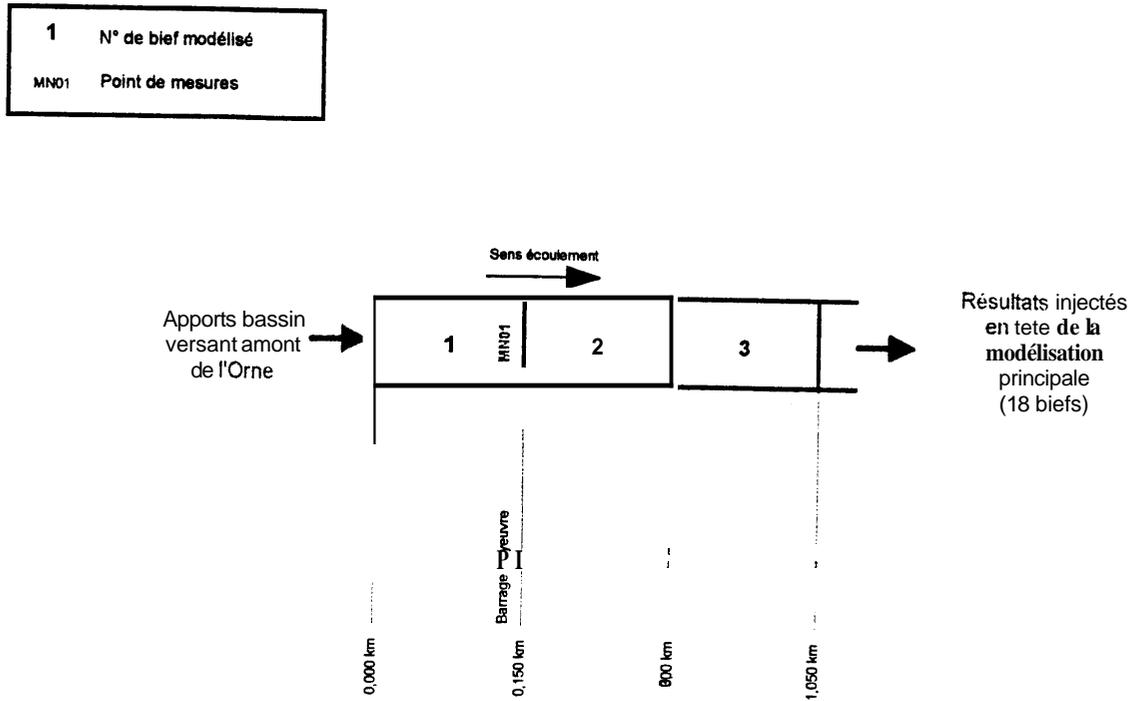
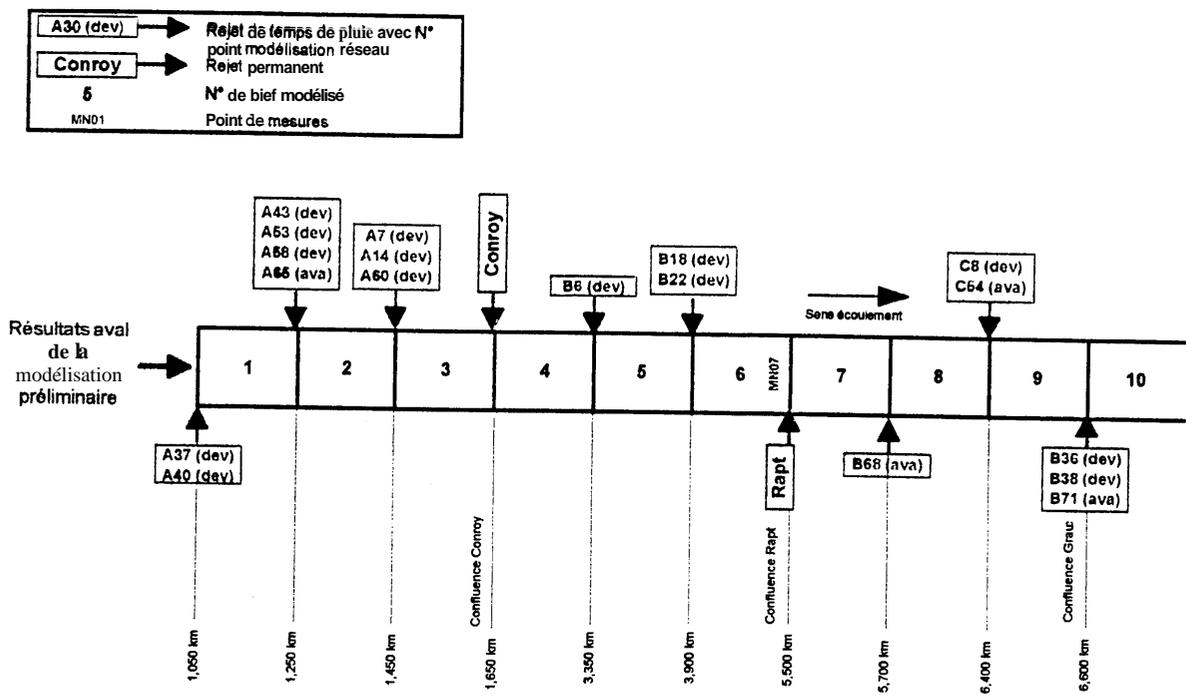


Figure 20
Modélisation "rivière" - Synoptique 2/3 (modélisation principale)



Sa mise en oeuvre suppose la schématisation préalable du réseau d'assainissement, ainsi que le découpage de la zone d'étude en bassins versants de caractéristiques homogènes.

La schématisation aboutit à une arborescence de tronçons homogènes (même diamètre, même pente, même rugosité) reliés entre eux par des points singuliers ou noeuds.

Ce logiciel dispose d'une bibliothèque de points singuliers dont les caractéristiques sont à définir au cas par cas (*voir figure 17*).

A chaque point singulier ainsi défini correspond une zone de collecte aux caractéristiques homogènes (géographie du bassin, occupation du sol, apports d'eaux usées ou d'eaux parasites).

Le logiciel de modélisation des rivières

Il s'agit d'un logiciel qui simule la propagation et la dégradation de la pollution d'origine domestique dans les rivières, et qui utilise les résultats de FLUPOL comme données d'entrée. A ce titre, il permet d'évaluer l'impact des rejets à la rivière ainsi que l'efficacité des ouvrages de dépollution vis-à-vis de la qualité des eaux de celle-ci.

C'est donc un outil spécifique d'étude d'impact qui est propriété tripartite de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie, du Syndicat des Eaux d'Ile-de-France et de la Compagnie Générale des Eaux.

Les cours d'eau étudiés doivent remplir les conditions suivantes :

- lit régulier (proche de la section rectangulaire, profondeur faible vis-à-vis de la largeur) ;
- débit régulier (considéré comme constant).

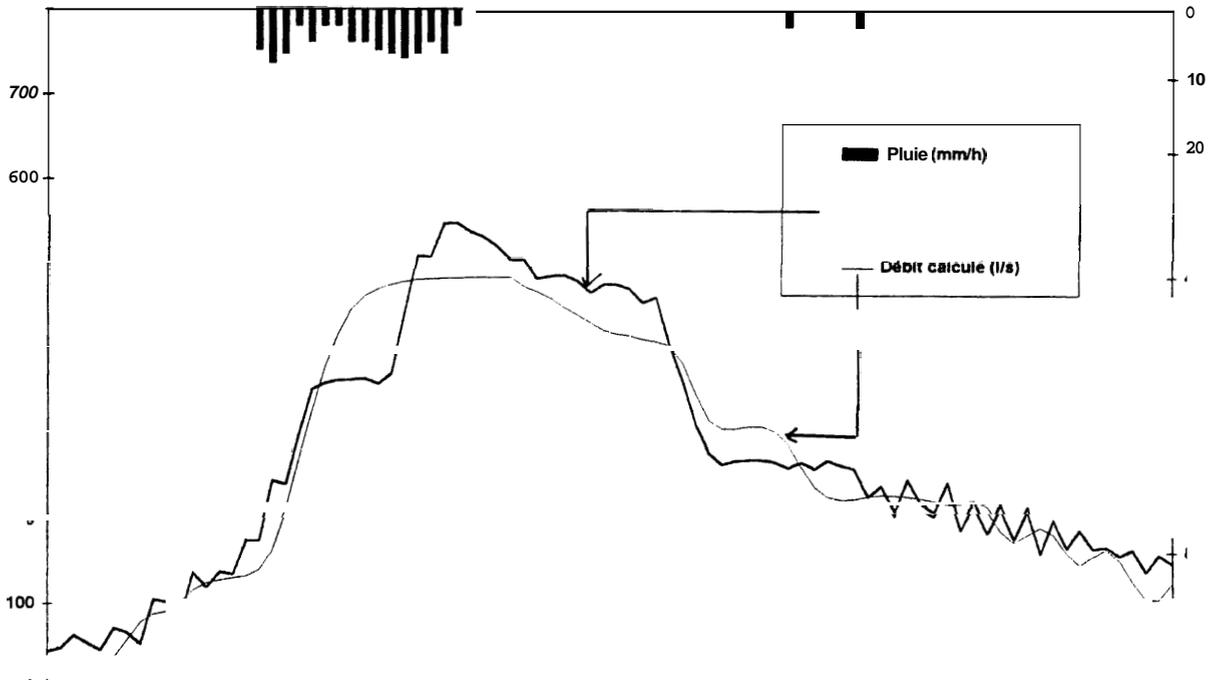
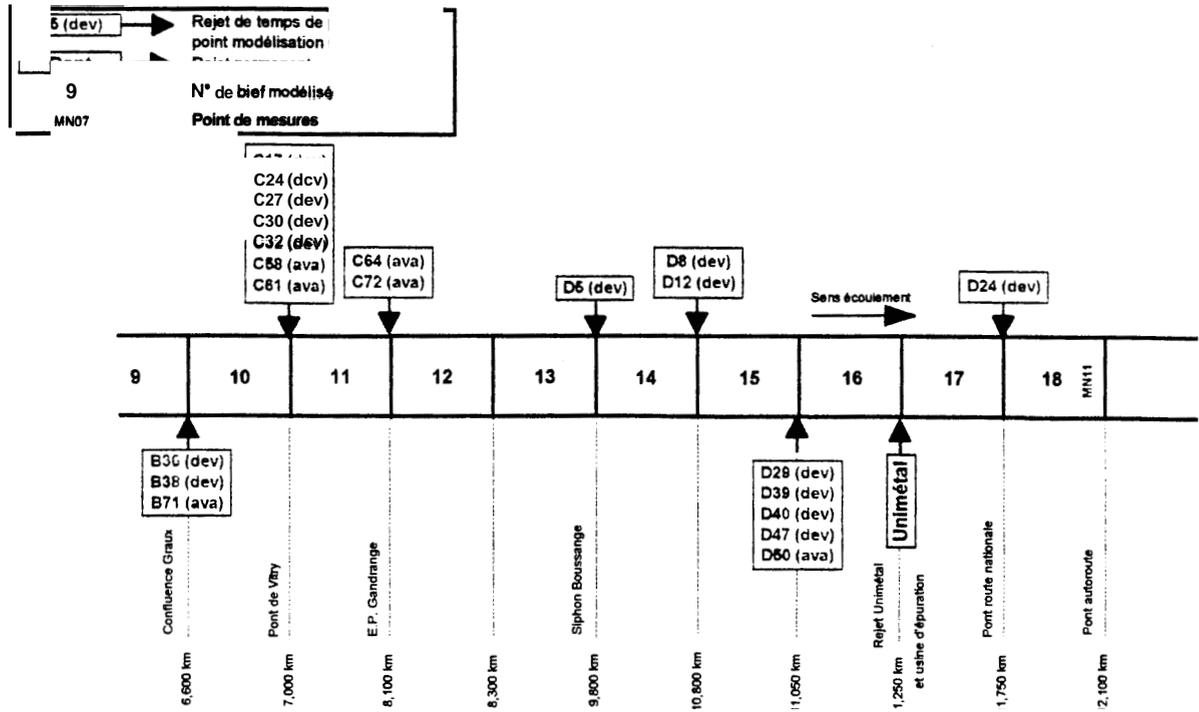
Le logiciel peut prendre en compte les affluents, les barrages et les îles. Les paramètres calculés qui caractérisent les rejets polluants sont : la DBO₅, l'azote ammoniacal NH₄⁺, les nitrates NO₃⁻, l'oxygène dissous O₂ et les MES.

Ces composés dissous ou en suspension dans la rivière vont subir plusieurs phénomènes physiques qui vont en modifier la quantité et la répartition :

- Plusieurs réactions physiques ou biochimiques vont aboutir à une variation de la quantité de polluants ou d'oxygène véhiculée par le milieu : décantation, aération et dégradation-transformation.
- Les particules vont également se déplacer à l'intérieur du milieu étudié :
 - . elles seront entraînées par l'écoulement général, c'est l'advection ou phénomène de transport,
 - . elles vont se répandre dans le milieu en raison de l'agitation qui y règne, c'est la dispersion,
 - . elles ont naturellement tendance à diffuser dans le milieu, des zones à fortes concentrations vers les zones où elles sont plus rares, c'est la diffusion moléculaire négligeable ici devant les autres facteurs.

Pour sa mise en oeuvre, la rivière est segmentée en biefs de géométrie et de condition d'écoulement homogènes, les affluents et bras autour des îles étant des biefs.

Figure 21
Modélisation "rivière" - Synoptique 3/3 (modélisation principale)



A l'intérieur de chaque bief, la discrétisation transversale aboutit à considérer quatre "tubes" d'égale largeur : rive gauche, central gauche, central droite et rive droite, pour lesquels on calculera des valeurs moyennes.

IV.3 - LA CONSTRUCTION DES MODELES

Le modèle "réseau"

La description du réseau et des bassins versants s'est faite à partir de plans du SJAVO, de cartes IGN, de photos aériennes et de visites sur le terrain avec le personnel d'exploitation de la Compagnie Générale des Eaux.

Au total, 238 noeuds et 103 bassins versants élémentaires ont été intégrés dans le modèle. Pour les besoins de la modélisation, les 103 bassins versants élémentaires ont été regroupés en 4 grands bassins versants BVA, BVB, BVC, BVD (*voir figure 18*).

Enfin, l'étude diagnostic des réseaux d'assainissement du SJAVO (Sétude, 1989), les données du recensement de population (INSEE, 1990) ainsi que la consommation d'eau potable (Compagnie générale des Eaux, 1994) ont également été utilisées pour compléter le bâti du modèle. L'étude diagnostic renseigne en particulier sur les valeurs de débits de temps sec, les coefficients de pointe journalière et sur la quantité d'eaux parasites.

Le modèle "rivière"

La partie de l'Orne faisant l'objet de la modélisation est comprise entre MN01 (barrage de Moyeuve-Grande) et MN11 (pont de l'autoroute à Richemont) La distance entre ces deux points est d'environ douze kilomètres.

Les grands types de données nécessaires pour bâtir le modèle "rivière" sont :

- Les conditions amont (concentrations, débit, fraction de DBO₅ décantable, vitesses de chute des particules décantables).
- Les caractéristiques physiques du cours d'eau, par biefs homogènes (longueur, largeur, hauteur d'eau).
- Les singularités du cours d'eau (ramification, barrage, affluent ou rejet).
- Les caractéristiques hydrauliques (gradient de vitesse, diffusivité longitudinale, transversale).
- Les caractéristiques physico-chimiques et biochimiques (coefficients de biodégradation, de réaération, de nitrification et de disparition de l'ammonium).

Les conditions amont sont en grande partie données par les résultats de mesures de qualité de l'Orne au point "zéro" (MN01), ainsi que par les mesures de débit de l'Orne fournies par la DIREN (même si celles-ci sont effectuées à Rosselange).

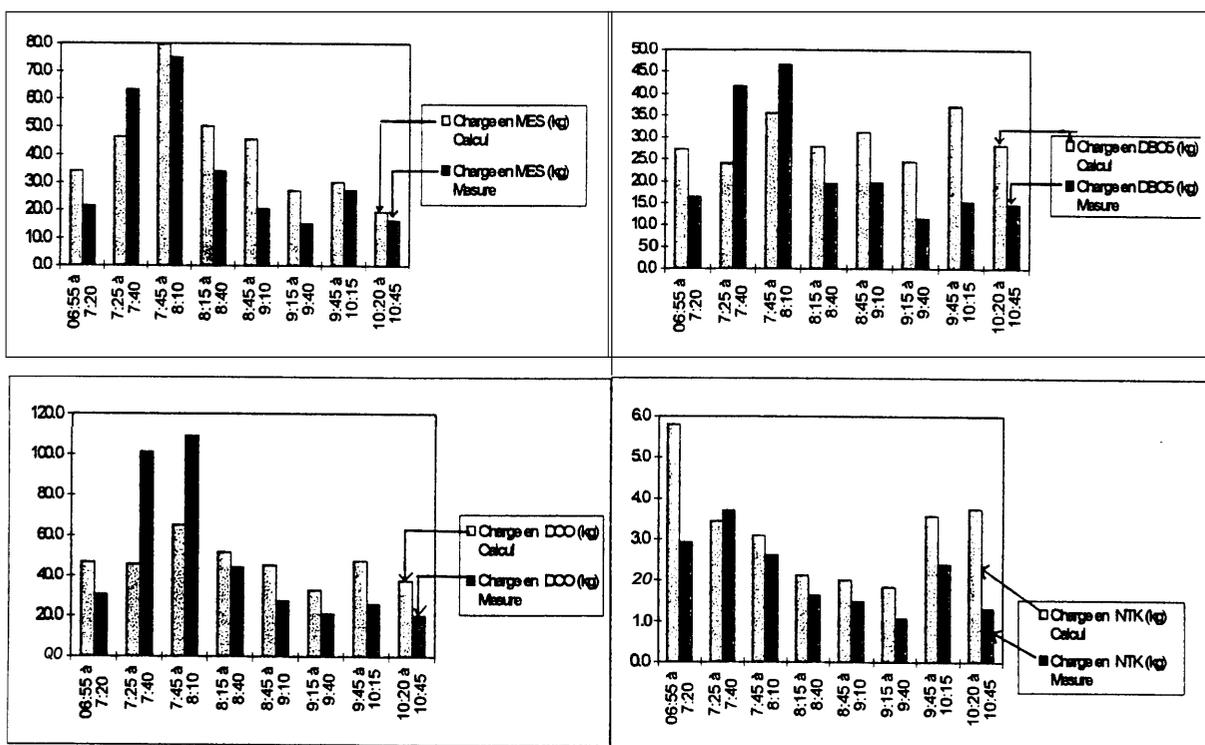
Figure 23

Calage-validation pollution du logiciel de modélisation "réseau"
Volumés et concentrations - RES06

RES06		EVENEMENT PLUVIEUX CONSIDERE			
		14/09/1994	24/09/1994	15/11/1994	19/12/1994
Volume transite (m3)	mesure	3 394.5	6 161.9	8 610.9	1 095.2
	calculé	3 779.1	6 870.5	8 198.6	1 053.2
Concentration en MES (mg/l)	mesurée	240.0	420.0	258.1	750.0
	calculée	247.0	452.0	221.5	740.0
Concentration en DB05 (mg/l)	mesurée	210.0	400.0	177.9	280.0
	calculée	194.0	340.0	195.1	304.0
Concentration en DCO (mg/l)	mesurée	340.0	614.0	368.5	1 035.0
	calculée	335.0	647.0	293.5	866.0
Concentration en NTK (mg/l)	mesurée	14.0	23.0	16.9	74.0
	calculée	18.0	47.0	16.7	63.0

Figure 24

Calage-validation pollution du logiciel de modélisation "réseau"
Pluie du 15/11/94 (pollutogrammes) - RES02



Les caractéristiques physiques du cours d'eau sont issues de reconnaissances de terrain, couplées à l'observation de photos aériennes et à l'étude de plans et des profils en long de la rivière Orne. Il en va de même pour les positions des singularités du cours d'eau, celles-ci sont, pour la partie de l'Orne faisant l'objet de la modélisation :

- le barrage de Moyeuve-Grande (en effet, les mesures de qualité étant effectuées en amont du barrage, il faut donc modéliser celui-ci) ;
- les arrivées du Conroy, du Rapt et du canal de rejet Unimétal, qui seront d'ailleurs traitées, pour la modélisation, comme des rejets permanents et non comme des affluents ;
- les différents rejets temporaires correspondants aux points de déversement du modèle "réseau" (déversoirs d'orage, exutoires de réseaux séparatifs d'eaux pluviales, trop pleins de postes de relèvement).

Il est à noter que le barrage de Rombas a été détruit durant l'hiver 94-95 et remplacé par deux seuils fixes en enrochement. Néanmoins, la modélisation n'intègre aucune des deux configurations, car le barrage fonctionnait en sous-verse et son effet de réoxygénation est donc très limité dans l'espace, même si des mesures ponctuelles ont montré une augmentation d'environ 2 mg/l en oxygène dissous entre l'amont et l'aval immédiat du barrage.

De plus, les seuils n'ont visiblement pas d'effet de réoxygénation important. En revanche, la modélisation peut tenir compte de cette modification de la ligne d'eau de l'Orne par le biais des hauteurs de biefs.

Enfin, les caractéristiques hydrauliques, physico-chimiques et biochimiques sont déterminées à partir des différents résultats de mesures de terrain et de la bibliographie menée sur le sujet.

Un modèle de 21 biefs a été construit, pour un linéaire de rivière modélisé de 12.100 mètres (*voir figures 19, 20 et 21*).

IV.4 - LE CALAGE ET LA VALIDATION DU MODELE "RESEAU"

Le principe de base du calage est d'obtenir la meilleure correspondance possible entre les résultats de simulation et les valeurs mesurées pour une pluie donnée. Le calage s'effectue uniquement sur les paramètres externes du modèle (essentiellement coefficients de ruissellement et masses de dépôt au sol).

La validation, quant à elle, consiste à vérifier l'adéquation mesures/calculs sur des pluies différentes de celle utilisée pour le calage, sans modification des paramètres préalablement **calés**.

Le calage et la validation en hydraulique (débits, volumes) sont globalement bons, voire excellents (*voir figure 22*), la grande majorité des pics de débit dans les conduites étant respectée.

Le calage et la validation en pollution sont également satisfaisants, comme le montre le tableau présenté (*voir figure 23*). Les MES sont dans l'ensemble bien simulées. La DBO₅ et la DCO sont également, même si le calcul sous-estime parfois la mesure, comme le montre le pollutogramme pour la pluie du 15/11/94 (*voir figure 24*). Enfin, les valeurs de NTK sont en général surévaluées, mais les ordres de grandeur sont respectés de façon très satisfaisante.

Figure 25

ORNE - Logiciel de modélisation "rivière" - Calage temps sec (2,5 m³/s)
DBO5

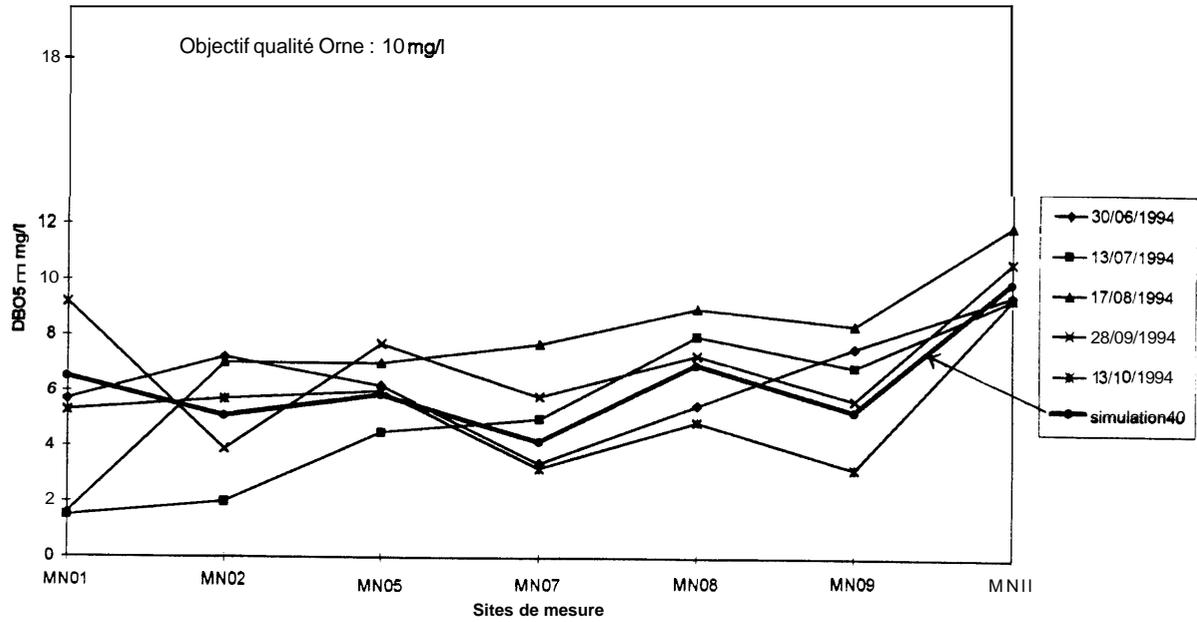
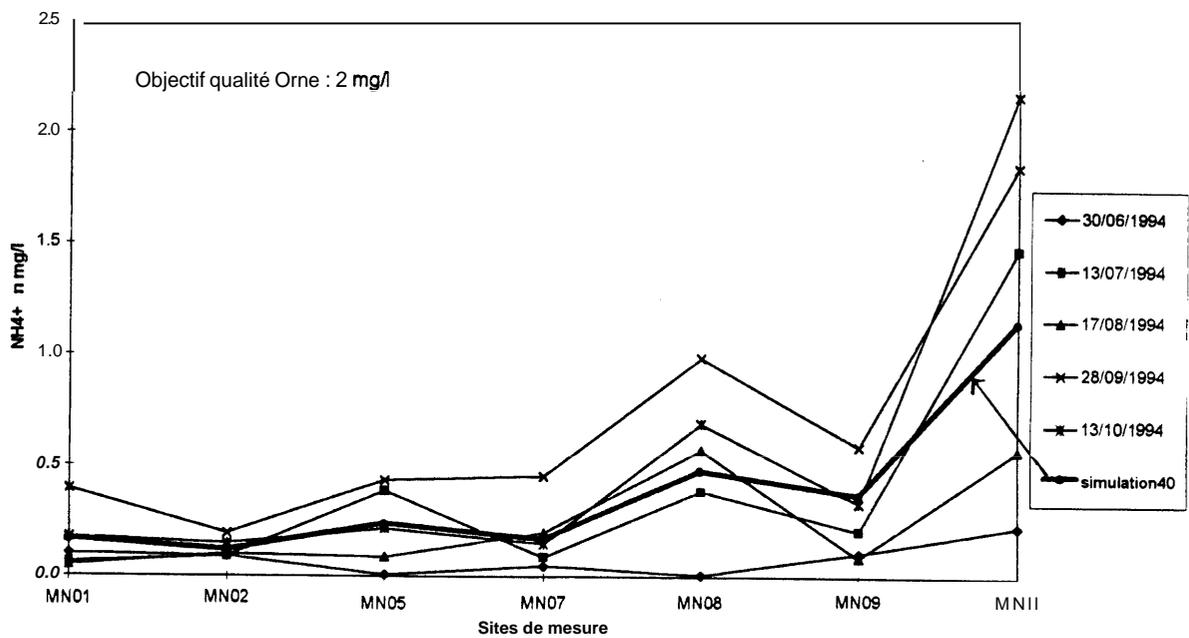


Figure 26

ORNE - Logiciel de modélisation "rivière" - Calage temps sec (2,5 m³/s)
NH₄⁺



IV.5 - LE CALAGE ET LA VALIDATION DU MODELE "RIVIERE"

Calage-validation par temps sec

Le calage et la validation par temps sec du modèle "rivière" sont très importants, car ils permettent de prendre en compte correctement le bruit de fond de pollution dans la rivière. Ce bruit de fond est du aux apports amont et aux rejets permanents de temps sec.

Pour cela, on dispose de sept points de calage l'Orne (MN01, MN02, MN05, MN07, MN08, MN09 et MN11). Le calage et la validation s'effectuent pour les cinq paramètres simulés par le logiciel .

L'objectif est de faire correspondre les résultats du calcul aux résultats obtenus pour un groupe de campagnes, ayant pour point commun un débit semblable de l'Orne (si possible proche des conditions d'étiage).

Pour le calage, cinq campagnes de mesures sont retenues, pour lesquelles l'Orne a un débit de l'ordre de 2,5 m³/s. Les valeurs retenues pour les conditions amont et les rejets permanents sont fixées comme la moyenne des valeurs mesurées lors de ces cinq campagnes.

Les principaux paramètres de calage sont les coefficients de biodégradation, de réaération, de disparition de l'ammonium et de nitrification. Les résultats du calage sont satisfaisants pour l'ensemble des paramètres simulés.

Les graphes présentés expriment les résultats du calage en DBO₅ et NH₄⁺, sous la forme de profils en long (voir figures 25 et 26).

La validation de temps sec s'est effectuée par rapport à deux campagnes de mesures pour lesquelles l'Orne avait un débit de l'ordre de 5 m³/s : 15/09/94 et 28/11/94. A l'exception des conditions amont, aucun autre paramètre n'a été modifié par rapport au calage. Les résultats obtenus sont tout à fait cohérents avec les mesures.

Validation par temps de pluie

Il a été adopté comme hypothèse (déjà vérifiée sur d'autres rivières) que les différents coefficients (biodégradation, réaération, ...) sont invariants, c'est à dire que ceux calés par temps sec sont applicables par temps de pluie.

La modélisation prend en compte, pour une pluie donnée :

- les conditions amont, à savoir, pour les concentrations amont et la température de l'eau, celles mesurées en MN01 au début de la pluie, et pour le débit, le débit moyen journalier du jour où a lieu la pluie ;
- les différents coefficients (par bief) issus du calage-validation de temps sec ;
- les rejets de temps sec issus du calage-validation de temps sec (on estime que, quelle que soit la pluie, ces rejets sont invariables, ce qui représente d'ailleurs plutôt bien la réalité) ;
- les rejets temporaires de temps de pluie, construits à partir des fichiers résultats FLUPOL.

Figure 27

Calage-validation temps de pluie du logiciel de modélisation "rivière"
Pluie du 24/09/94 - MN 11 - DB05

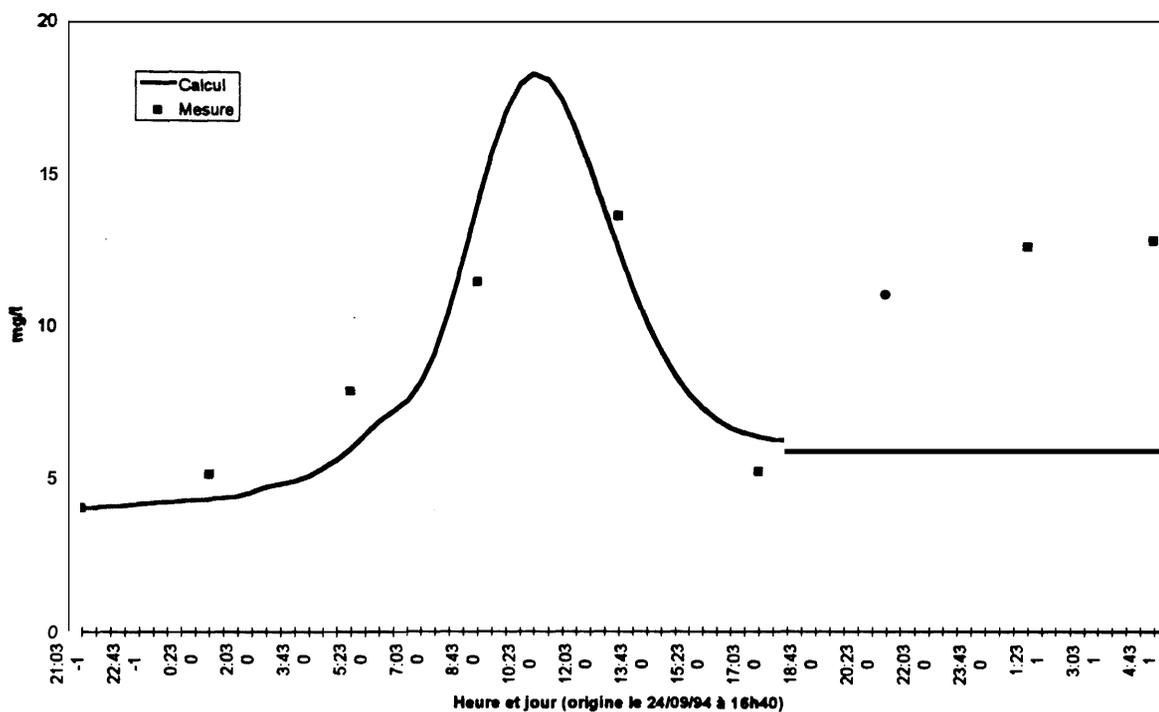
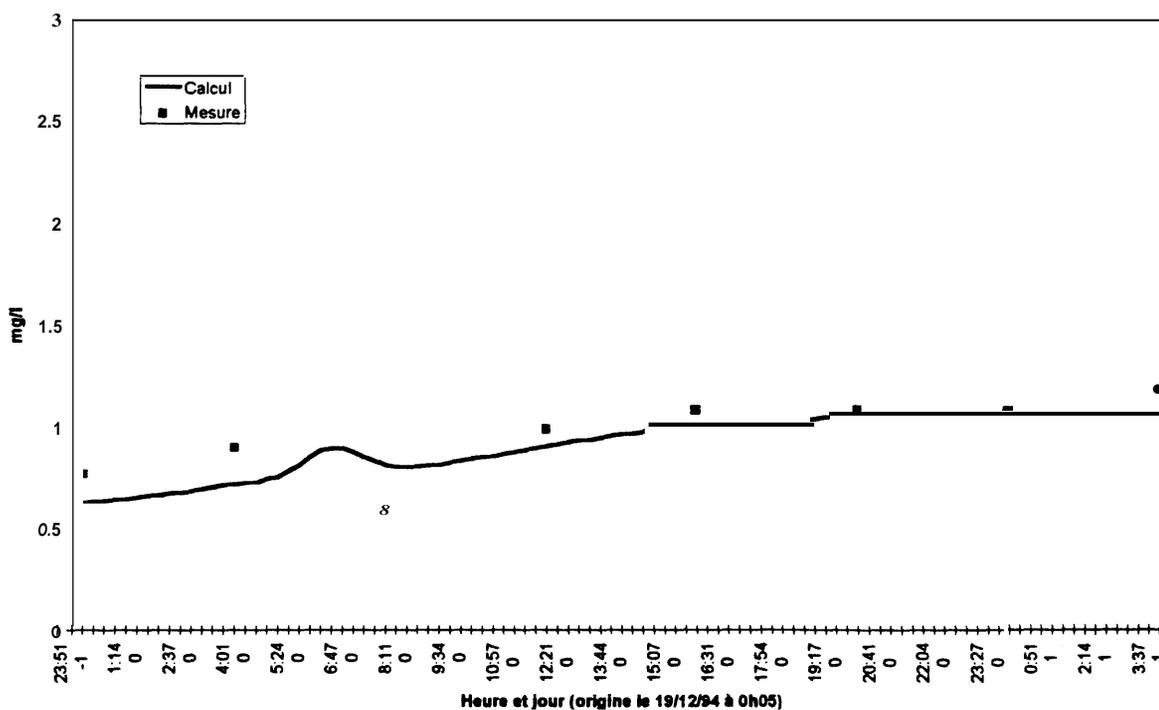


Figure 28

Calage-validation temps de pluie du logiciel de modélisation "rivière"
Pluie du 19/12/94 - MN.11 - NH4+



Les résultats de la validation sont représentés sous la forme de courbes de concentration dans le temps (*voir figures 27 et 28*).

Cette validation, réalisée sur la base des paramètres calés par temps sec, montre que les ordres de grandeur sont respectés. Il faut toutefois préciser qu'une meilleure discrétisation des mesures aurait été préférable, car dans de nombreux cas, le pic de concentration calculé n'est pas représenté par la mesure, les échantillons d'eau de rivière n'ayant été prélevés que toutes les quatre heures.

Des prélèvements effectués à une fréquence plus élevée auraient nécessité plusieurs préleveurs asservis entre eux, ce qui aurait entraîné une maintenance beaucoup trop lourde.

La solution consistant à asservir le démarrage et l'arrêt des prélèvements à un signal représentatif de la pluie et de son impact sur la rivière mériterait d'être étudiée plus finement, car elle permettrait de limiter les prélèvements à la période intéressante.

Quant à effectuer des mesures en continu, cela nécessite des préleveurs-analyseurs coûteux, qui ne mesurent pas forcément l'ensemble des paramètres souhaités et qu'il n'est pas toujours possible d'installer en rase campagne (alimentation électrique, ...).

Figure 29

Objectif de qualité de l'Orne pour l'approche de l'effet chronique

PARAMETRE SIMULÉ PAR LE LOGICIEL "RIVIÈRE"	SEUILS DE QUALITE A RESPECTER AU MOINS 90 % DU TEMPS	SEUILS DE QUALITE A RESPECTER IMPERATIVEMENT
DB05	< 10 mg/l	< 25 mgll
NH4+	< 2 mgll	< 8 mgll
O2	> 3 mg/l	> 1 mgll
NO3-	< 44 mgll	< 100 mgll
MES	< 30 mg/l	< 70 mg/l

Figure 30

Détermination des 5 sites de contrôle du respect des objectifs fixés

N° du site de contrôle	Aval bief N° (voir figures 20, 21 et 22)	Localisation sur l'Orne
1	1 (modélisation préliminaire)	Amont partie modélisée Barrage de Moyeuivre-Grande
2	4 (modélisation principale)	Aval du débouché du Conroy (Moyeuivre-Grande)
3	8 (modélisation principale)	Aval du débouché du Rapt (Rombas)
4	12 (modélisation principale)	Aval des exutoires EP de Gandrange
5	18 (modélisation Principale)	Aval partie modélisée Aval du débouché du canal de rejet Unimétal + usine d'épuration (Richemont)

V - L'APPROCHE DE L'EFFET CHRONIQUE

(se reporter au rapport du module MOD)

V.1- OBJECTIFS

Durant et après une pluie, on constate fréquemment une augmentation de la pollution dans les cours d'eau, en grande partie due aux rejets des systèmes d'assainissement : c'est l'effet chronique lié à l'impact des rejets urbains de temps de pluie sur le milieu récepteur.

Les objectifs de qualité des eaux de rivières fixent les niveaux de concentrations à ne pas dépasser pour des paramètres significatifs de la pollution, à partir de la grille d'appréciation du 29 juillet 1971. Cette grille définit des seuils pour 4 classes de qualité : 1A (excellent), 1B (bon), 2 (passable) et 3 (médiocre)

Toutefois, ces objectifs, valables par temps sec, ne peuvent être strictement utilisés par temps de pluie. Afin de pouvoir prendre en compte le temps de pluie, l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse a défini l'objectif suivant (cf. note AERM "Objectifs de protection des milieux par temps de pluie - Eléments méthodologiques" du 29/04/92).

Pour un cours d'eau dont l'objectif de qualité fixé est la classe X, les seuils correspondant à cette classe doivent être respectés au moins 90 % du temps sur la période critique (a priori mai-septembre pour l'Orne).

Pendant la période de déclasserment de 10 %, les seuils correspondant à la classe supérieure X+1 doivent être respectés au moins 95 % du temps sur la période critique. Cependant, la remise en cause de la vie piscicole doit être évitée et, quoi qu'il advienne, la qualité "hors classe" est intolérable.

Il y a effet chronique dans le cas où l'un des critères précédents n'est pas respecté.

Ainsi, pour la partie modélisée de l'Orne, dont l'objectif de qualité est la classe 2, cet objectif se traduit par le tableau présenté (*voir figure 29*). Mais la notion de respect d'objectifs ne saurait être complète sans la définition des paramètres représentatifs de la pollution et des sites de contrôle sur la rivière auxquels cette notion s'applique :

- les paramètres de pollution sur lesquels repose le contrôle du respect d'objectifs ne peuvent être que ceux simulés par le logiciel modélisation "rivière" : DBO₅, NH₄⁺, O₂, NO₃ et MES.
- il semble raisonnable de définir, pour 12.100 mètres de rivière étudiés, cinq sites de contrôle régulièrement répartis (*voir figure 30*).

Les dépassements de seuils sont jugés, au niveau des sites de contrôle, sur la partie de la rivière la **plus** exposée (exemple : coté droit à l'aval d'un rejet se faisant en rive droite).

L'objectif ne sera pas respecté dès lors qu'en un site de contrôle et pour un paramètre, un seuil ou une tolérance de dépassement sont atteints.

Figure 31
Débits moyens mensuels de l'Orne à Rosselange (m³/s)

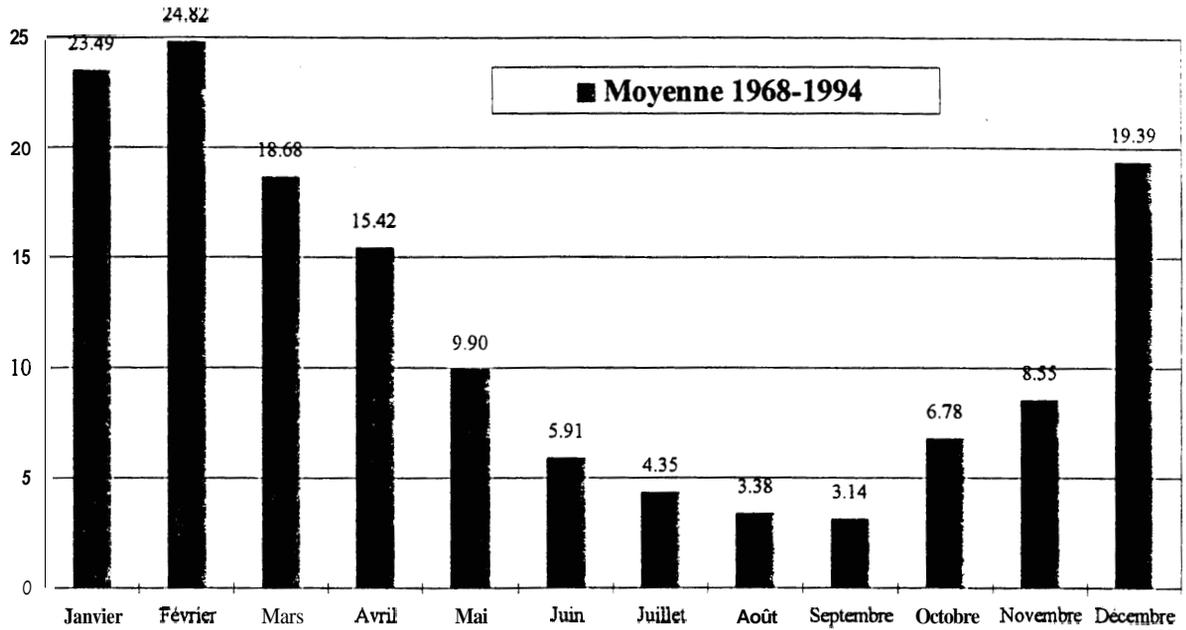
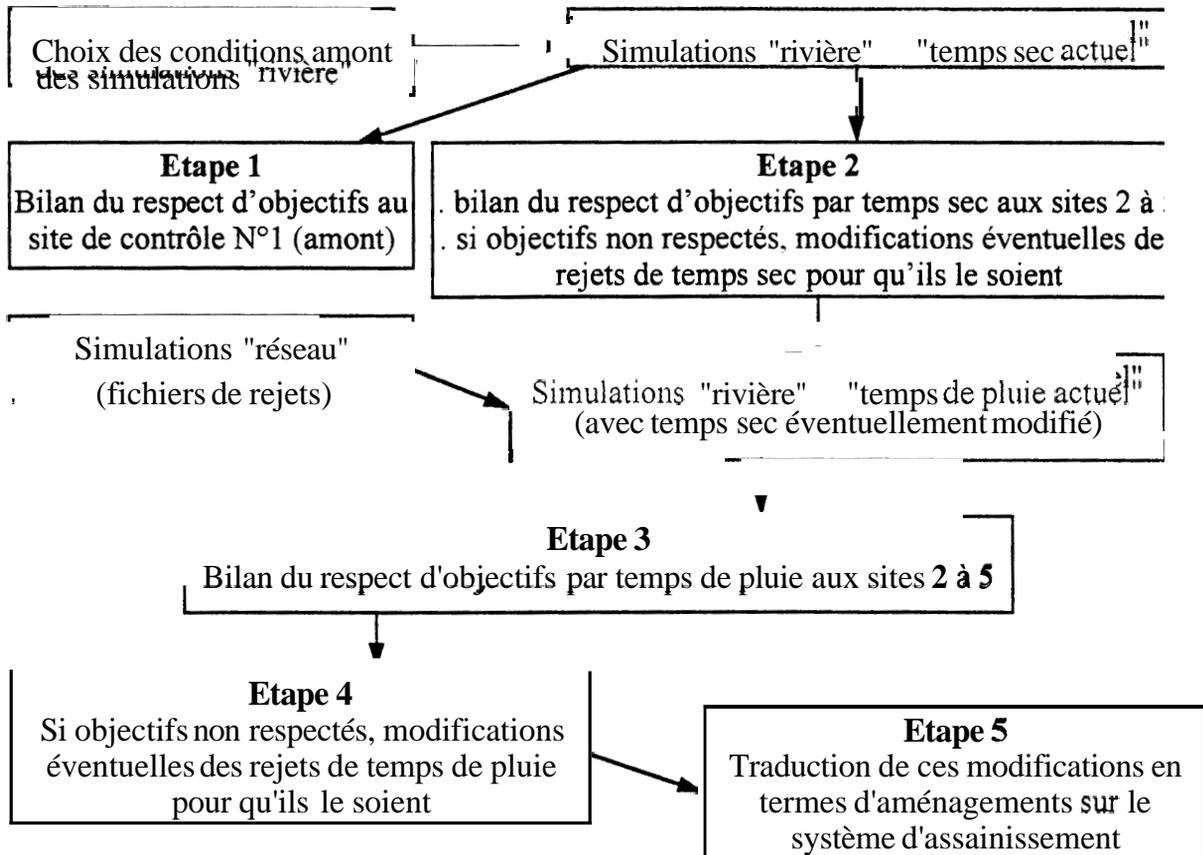


Figure 32
Démarche adoptée pour l'approche de l'effet chronique



V.2 - DEMARCHE

Le principe adopté est la simulation de l'année synthétique définie précédemment. avec le logiciel de modélisation "réseau", pour calculer les rejets de temps de pluie sur une année, puis avec le logiciel de modélisation "rivière" pour calculer la qualité de l'Orne pendant une année. On peut ensuite comparer cette qualité calculée aux objectifs définis qui sont, dans le cas de l'Orne :

- Si, en un site de contrôle, pour un paramètre, on dépasse le seuil correspondant à l'objectif classe 2 plus de 10% du temps, ou si l'on dépasse le seuil correspondant à l'objectif classe 3, il y a effet chronique lié aux rejets de temps de pluie. On doit alors modifier (réduction ou suppression) certains rejets et vérifier que ces modifications permettent bien le respect des objectifs.
- Sinon (pour tout site et tout paramètre de contrôle, l'objectif classe 2 est respecté au moins 90 % du temps et l'objectif classe 3 est respecté 100 % du temps), on considère qu'il n'y a pas d'effet chronique lié aux rejets de temps de pluie.

Dans le premier cas, il faut traduire les différentes modifications apportées aux rejets en termes de types d'aménagements (traitement spécifique avant rejet, stockage puis traitement différé à l'usine d'épuration, ...).

Pour chaque mois, considéré chacun comme une période de référence, on fixe :

- les concentrations amont et la température de l'eau, égales à celles mesurées en MN01 lors de la campagne effectuée durant le mois considéré ;
- le débit de l'Orne, égal au débit moyen mensuel (moyenne 1968-1994 des débits moyens mensuels calculés par la DIREN, (voir *figure 31*) du mois considéré.

Les débits moyens mensuels de la période décembre-avril étant largement supérieurs à ceux d'été, on a considéré cette partie de l'année comme une seule période de référence.

Pour cette période décembre-avril, les concentrations amont et la température de l'eau retenues pour les simulations sont celles mesurées lors du mois qui présente le débit moyen mensuel le moins fort de la période, à savoir le mois d'avril (15,42 m³/s).

On dispose donc de huit périodes de référence : décembre-avril, mai, juin, juillet, août, septembre, octobre et novembre, avec des conditions de simulations bien distinctes. C'est sur chacune de ces huit périodes que l'on va comparer la qualité simulée aux objectifs fixés, en respectant les étapes suivantes (voir *figure 32*).

Etape 1 (bilan amont)

Elle consiste à faire un bilan au site de contrôle N° 1, en constatant le respect ou le non-respect des objectifs. Il ne peut en effet être question que d'un constat, car la qualité de l'Orne en ce site ne subit pas l'influence de rejets de temps sec ou de temps de pluie, et ne dépend que des concentrations amont fixées pour chaque période de référence (voir *figure 33*).

Figure 33
Démarche effet chronique - Conditions amont retenues selon la période de référence

Mois	Concentrations amont (mg/l)					Débit (m3/s)	Température (°C)
	DBO5	NH4+	O2	NO3-	MES		
Mai	3.0	0.14	10.0	3.50	2.4	9.90	15.5
Juin	5.7	0.10	8.6	1.73	2.7	5.91	21.5
Juillet	1.6	0.06	9.8	7.71	4.3	4.35	22.0
Août	1.6	0.05	12.8	6.64	4.1	3.38	19.0
Septembre	4.3	0.42	6.9	17.80	4.3	3.14	16.0
Octobre	5.3	0.18	13.0	6.73	3.4	6.78	11.5
Novembre	5.0	0.31	9.2	36.58	5.5	8.55	10.5
Décembre à Avril	7.2	0.04	9.3	20.28	3.4	15.42	11.5

Figure 34
Bilan annuel des volumes et charges rejetés par temps de pluie dans l'Orne et entrant à l'usine d'épuration pour l'année synthétique (76 pluies)

N° FLUPOL	Bassin	Point	Type	EXUTOIRE	VOLUME (m3)	CHARGES (kg)			
						MES	DBO5	DCO	NTK
A	7	dev		Conroy	62 625	16 157	13 511	20 084	1 022
	14	dev		Conroy	2 427	1 623	595	1 286	78
	37	dev		Orne	12 790	5 610	2 731	5 031	250
	40	dev		Orne	4 845	1 550	898	1 529	34
	43	dev		Orne	1 675	532	291	524	3
	53	dev		Orne	16 739	6 590	3 344	5 988	264
	58	dev		Orne	24 231	7 159	5 666	9 017	720
	60	dev		Conroy	14 463	4 945	2 844	4 805	216
	65	ava		Orne	4 337	708	775	1 038	2
B	6	dev		Orne	12 181	6 993	2 618	5 536	275
	18	dev		Orne	2 704	1 455	542	1 141	40
	22	dev		Orne	179	73	26	54	0
	38	dev		Graux	5 128	1 391	915	1 503	25
	68	ava		Orne	164 083	57 088	38 961	64 726	4 451
	71	ava		Graux	20 256	8 484	4 299	7 665	396
C	8	dev		Orne	5 909	2 135	1 111	1 954	67
	17	dev		Ru de Beuvange	962	320	165	305	2
	24	dev		Ru de Beuvange	38	12	6	11	0
	27	dev		Orne	1 249	360	215	370	3
	30	dev		Orne	739	246	126	226	2
	32	dev		Orne	302	85	53	82	2
	54	ava		Orne	14 044	2 275	2 555	3 358	41
	58	ava		Orne	11 999	2 823	2 171	3 341	75
	61	ava		Orne	7 454	1 153	1 338	1 745	10
	64	ava		Orne	6 306	1 028	1 140	1 519	7
	72	ava		Orne	16 202	2 660	2 977	3 920	51
D	5	dev		Orne	20 939	7 468	4 229	7 158	315
	8	dev		Orne	7 960	6 117	2 013	4 528	291
	12	dev		Orne	0	0	0	0	0
	24	dev		Orne	17 062	9 707	3 870	7 906	469
	29	dev		Orne	178	72	35	64	1
	39	dev		Canal Unimétal	49 388	19 105	11 785	20 094	1 548
	40	dev		Canal Unimétal	9 637	2 455	1 722	2 568	89
	47	dev		Canal Unimétal	32 121	8 336	5 877	9 161	556
	50	ava		Orne	19 356	3 258	3 584	4 752	69
Total rejeté dans l'Orne par temps de pluie durant l'année (sur la durée des 76 simulations)					570 517	189 978	122 989	202 992	11 374
Entrant à l'usine d'épuration par temps de pluie durant l'année (sur la durée des 76 simulations)					812 189	249 452	176 291	303 242	33 025
Total entrant à l'usine d'épuration durant l'année (sur 365 jours)					3 580 769	664 739	646 950	1 355 302	96 702

Etape 2 (bilan temps sec actuel et éventuellement modifié)

Avant tout, il s'agit de contrôler si les seuils de qualité correspondant à la classe 2 ne sont pas dépassés par temps sec (sans notion de tolérance de 10 %, bien entendu). Il est en effet inutile d'effectuer des simulations de qualité par temps de pluie avec des bases de rejets de temps sec qui ne permettent pas le respect de l'objectif.

Si l'objectif classe 2 est respecté, on passe à l'étape 3

Sinon (objectif classe 2 dépassé, même en un seul site et pour un seul paramètre), il faut modifier les rejets de temps sec actuels (dans le sens de l'amélioration du traitement et de la collecte, selon les normes réglementaires en vigueur). Puis il faut effectuer des simulations prenant en compte les rejets de temps sec modifiés et vérifier, avant de passer à l'étape 3, que l'objectif classe 2 est respecté, pour toutes les périodes de référence, tous les sites et tous les paramètres de contrôle.

Etape 3 (bilan temps de pluie actuel)

Il s'agit de simuler la qualité de l'Orne pour les pluies de l'année synthétique appartenant à la période de référence considérée. Mais plutôt que de simuler toutes les pluies dans un ordre aléatoire, on va s'intéresser en priorité aux pluies pour lesquelles on a :

- les plus fortes charges de DBO₅ rejetées dans l'Orne,
- les plus grands ratios "charge DBO₅ rejetée/durée rejet" (soit un flux moyen rejeté),
- les intensités maximales les plus fortes, donc probablement les flux maximum rejetés les plus grands.

Pour chaque période de référence, un classement des pluies est établi, prenant en compte les différentes clés de tri précédemment citées. On simule les pluies dans l'ordre du classement, jusqu'à atteindre une pluie pour laquelle les seuils correspondant à l'objectif classe 2 ne sont jamais dépassés.

On détermine alors, pour chaque période de référence, la somme (sur les pluies simulées) des durées maximum de dépassement de l'objectif classe 2 (tous paramètres de contrôle confondus, sur le site le plus contraignant).

Si cette somme est inférieure ou égale à 10 % du temps (durée de la période de référence) **et** si l'objectif classe 3 n'a jamais été dépassé, on peut alors considérer que, pour cette période de référence, il n'y a pas d'effet chronique lié à l'impact des rejets urbains de temps de pluie dans l'Orne.

Si cette somme est supérieure à 10 % du temps **ou** si l'objectif classe 3 a été dépassé (même pour une seule pluie, en un seul site, pour un seul paramètre), on peut alors considérer que, pour cette période de référence, il y a un effet chronique lié à l'impact des rejets urbains de temps de pluie. Cet effet ne peut être supprimé ou atténué qu'en modifiant les rejets de temps de pluie.

Figure 35

Comparaison des volumes et charges de pollution annuels mesures (données OTV) et calculés à partir du logiciel de modélisation "réseau" à l'entrée de l'usine d'épuration du SIAVO

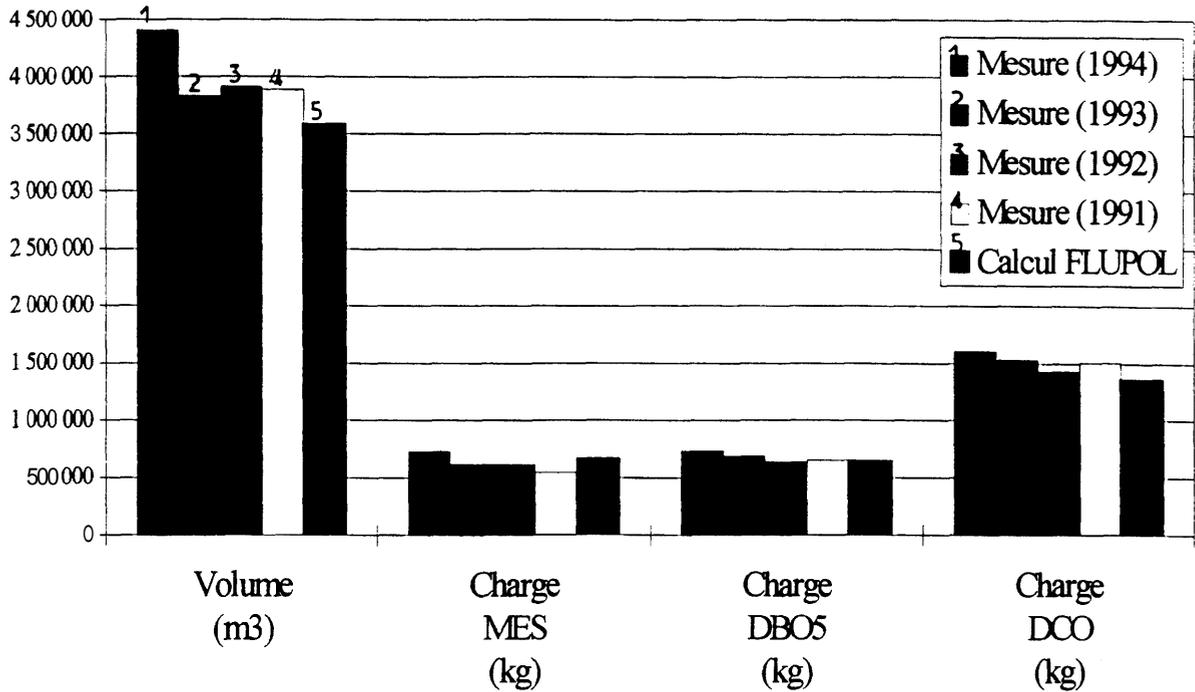


Figure 36

Simulation "rivière" effet chronique
Résultats au site de contrôle n°1

Mois	Concentrations au site de contrôle N°1 (mg/l)				
	DB05	NH4+	O2	N03-	MES
Mai	2.77	0.12	9.85	3.39	2.23
Juin	4.88	0.07	8.43	1.50	2.38
Juillet	1.54	0.04	8.85	6.99	3.70
Août	1.53	0.03	9.81	5.58	3.26
Septembre	3.17	0.32	8.76	15.61	3.35
Octobre	4.77	0.15	11.25	6.47	3.11
Novembre	4.61	0.29	10.25	36.40	5.31
Décembre à Avril	6.83	0.03	10.05	20.23	3.32

Etape 4 (modification éventuelle des rejets de temps de pluie actuels)

Les modifications à apporter aux rejets de temps de pluie devant être communes à toutes les périodes, il faut définir les pluies qui provoquent les dépassements d'objectif les plus importants.

On peut alors choisir les rejets ou groupes de rejets à modifier et la nature des modifications nécessaires pour que les objectifs soient respectés. Des simulations prenant en compte les rejets modifiés sont effectuées pour vérifier ce respect.

Etape 5 (définition des types d'aménagements)

A ce stade, on dispose donc éventuellement de suppressions ou de réductions de certains rejets de temps de pluie, qu'il faut de traduire en termes de types d'aménagements :

- stockage des eaux déversées par le réseau avec traitement différé (après la pluie) à l'usine d'épuration ;
- extension de l'usine d'épuration afin d'accepter les déstockages ;
- traitements spécifiques des eaux déversées avant rejet vers l'Orne.

Il conviendra toutefois de comparer globalement

- les aménagements éventuels nécessaires au respect des objectifs de qualité du milieu récepteur (logique "aval - amont") ;
- les aménagements nécessaires au respect des règles imposées en matière de fonctionnement de système d'assainissement et de déversements (logique "amont - aval").

V.3 - APPLICATION DE LA DEMARCHE AU CAS DE L'ORNE ET RESULTATS

Les simulations "réseau"

L'année synthétique, déterminée par les approches statistiques de Météo France, comporte 76 pluies, définies par des couples (h,d). Ces 76 pluies ont toutes fait l'objet de simulations avec FLUPOL, sous la forme de hyétogrammes triangulaires (base du triangle = d, hauteur du triangle = 2h/d). La période de temps sec précédant chaque pluie est la période de temps sec au sens large.

Les simulations "réseau" ont été enchaînées, c'est à dire que les masses de dépôt présentes sur le sol et dans le réseau en fin de la pluie N sont automatiquement réinjectées dans la simulation de la pluie N+1, qui prend également en compte l'évolution de ces dépôts durant la période de temps sec séparant les deux pluies.

Il a donc été possible de définir, pour les 76 pluies, les débits, les volumes, les charges et les flux de pollution rejetés dans l'Orne (sur la partie étudiée) et entrant à l'usine d'épuration du **SIAMO**.

Figure 37
 Simulations "rivière" effet chronique
 Modifications apportées aux rejets de temps sec

Rejet de temps sec	Débit (l/s)	[DBO ₅] (mg/l)	[NH ₄ ⁺] (mg/l)	[O ₂] (mg/l)	[NO ₃ ⁻] (mg/l)	[MES] (mg/l)	[MESd] (mg/l)
Conroy							
. actuel	200	35	3	11	7,1	25	3,7
. modifié	200	35	3	11	7,1	25	3,7
Rapt							
. actuel	25	500	50	8	0,8	850	50
. modifié	5	35	3	11	7	25	3,7
Unimétal+usine d'épuration							
. actuel	100	200	30	10,5	31	250	22,4
. modifié	150	25	2	2	22	50	10

Figure 38
 Simulations "rivière" effet chronique
 (rejets temps sec modifiés et temps de pluie actuels)
 Bilan global des respects d'objectifs

Période de référence	Respect objectif classe 2 (seuils respectés au moins 90 % du temps)					Respect objectif classe 3 (seuils respectés 100 % du temps)					
	10% durée période de référence (heures)	Durées totales de dépassement (heures)				Fluies responsables des dépassements (par ordre d'importance des dépassements)	Dépassement (O/N) Paramètre responsable Concentration maximum (mg/l)				Fluies responsables des dépassements (par ordre d'importance des dépassements)
		Paramètres responsables					Site 2	Site 3	Site 4	Site 5	
		Site 2	Site 3	Site 4	Site 5						
Décembre-avril	362	3 DBO5	8 DBO5 MES	13 DBO5	13 DBO5	P13	Non	Oui DBO5 33	Non	Non	P13
Mai	74	1 DBO5	2 DBO5 NH4+	0	0	P22, P30	Non	Non	Non	Non	
Juin	72	2 DBO5	16 DBO5 NH4+	0	3 DBO5	P31, P33, P34, P35, P32, P38, P37	Non	Oui DBO5 32	Non	Non	P31
Juillet	74	9 DBO5	17 DBO5	0	0	P43, P44, P45, P48, P47, P41, P46	Non	Non	Non	Non	
Août	74	1 DBO5	4 DBO5 NH4+	0	0	P51, P52	Non	Non	Non	Non	
Septembre	72	4 DBO5	6 DBO5 NH4+	0 O2 MES	0	P54, P58, P53	Non	Non	Non	Non	
Octobre	74	0	4 DBO5 NH4+	0	0	P59, P60	Non	Non	Non	Non	
Novembre	72	0	1 DBO5 NH4+	0	0	P69	Non	Non	Non	Non	

Les points de rejet sont :

- les déversoirs d'orage du réseau unitaire, dont le trop plein rejoint l'Orne ou l'un de ses affluents (c'est le cas général) ;
- les postes de refoulement dont le trop plein rejoint l'Orne ou l'un de ses affluents (c'est le cas du poste de Clouange) ;
- les exutoires de réseaux pluviaux séparatifs (c'est le cas à Moyeuivre-Grande, à Rombas, à Gandrange, et à Richemont) ;
- les exutoires d'affluents de l'Orne pris en compte dans la modélisation "réseau" (c'est le cas du Rapt, du Meuque et du ru de Beuvange).

Par ailleurs, un bilan annuel des volumes et charges rejetés dans l'Orne et entrant à l'usine d'épuration a été établi (*voir figure 34*). Le volume et les charges de pollution entrant à l'usine d'épuration ont été calculés sur l'année (somme des entrées pour les 76 pluies, soit sur la somme des durées de simulation, auxquelles il convient d'ajouter le flot de temps sec entrant durant la période complémentaire pour atteindre 365 jours). Ces calculs ont été comparés aux valeurs mesurées en entrée d'usine pour les dernières années (*voir figure 35*).

La bonne adéquation des mesures et du calcul contribue à valider la modélisation "réseau" d'une part, et le choix de l'année synthétique de pluie d'autre part.

Les simulations "rivière"

Etape 1 (bilan amont) : La qualité de l'Orne au site de contrôle N°1 ne dépend que des concentrations amont fixées pour chaque période de référence. Pour chacune de ces huit périodes, on ne constate aucun dépassement des seuils de l'objectif classe 2 (*voir figure 36*), même si l'on note des valeurs fortes en DBO₅ (décembre-avril) et NO₃⁻ (novembre). La partie étudiée de l'Orne bénéficie donc d'une situation qualitative amont compatible avec le respect des objectifs de qualité par temps sec.

Etape 2 (bilan temps sec) : Les simulations effectuées en prenant en compte les rejets de temps sec actuels montrent que l'objectif classe 2 n'est pas respecté. Il faut donc modifier certains des 3 rejets permanents de temps sec simulés (*voir figure 37*) et prévoir les aménagements correspondants sur le système d'assainissement, en termes de collecte et de traitement des eaux usées :

- le Conroy ne subit pas de modification, car la pollution rejetée y est trop diffuse ;
- la pollution rejetée par le Rapt est largement réduite, ce qui correspond à l'amélioration de la collecte à Rombas, dont une partie n'est actuellement pas raccordée au réseau ;
- la pollution rejetée par le canal "Unimétal + usine d'épuration" est également réduite pour correspondre à une mise en conformité du rejet de l'usine d'épuration avec les normes européennes, mais le débit est augmenté pour tenir compte de l'amélioration de la collecte.

Les simulations effectuées pour chacune des huit périodes de référence, en prenant en compte les rejets de temps sec modifiés, montrent que, cette fois, les seuils de l'objectif classe 2 ne sont jamais dépassés, même si, pour la période décembre-avril, les concentrations en DBO₅ aux sites de contrôle N°2 et N°3 sont encore aux alentours de 9 mg/l (pour un seuil de 10).

Etape 3 (bilan temps de pluie actuel) : Les simulations ont été faites selon la démarche définie, pour chacune des périodes de référence, en prenant en compte les rejets de temps sec modifiés et les rejets de temps de pluie actuels.

Figure 39
 Simulations "rivière" effet chronique
 (rejets temps sec modifiés et temps de pluie actuels)
 PLuie 31 (juin) - Résultats au site de contrôle n° 3 en DB05

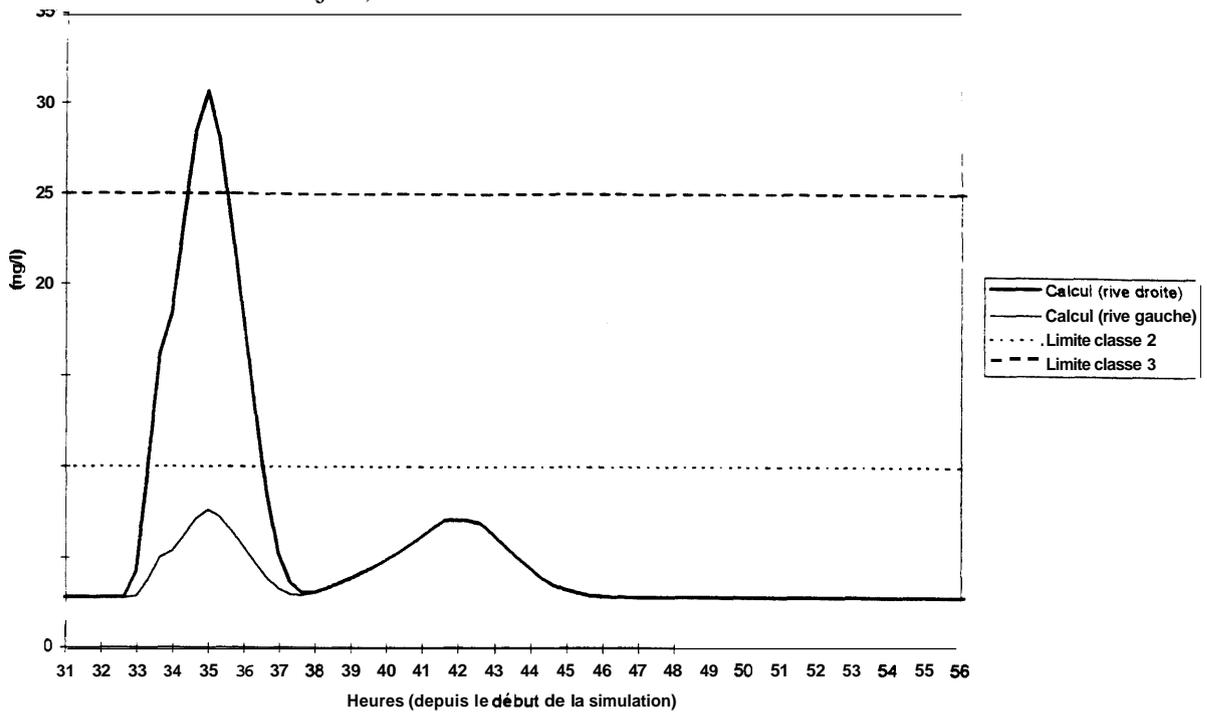
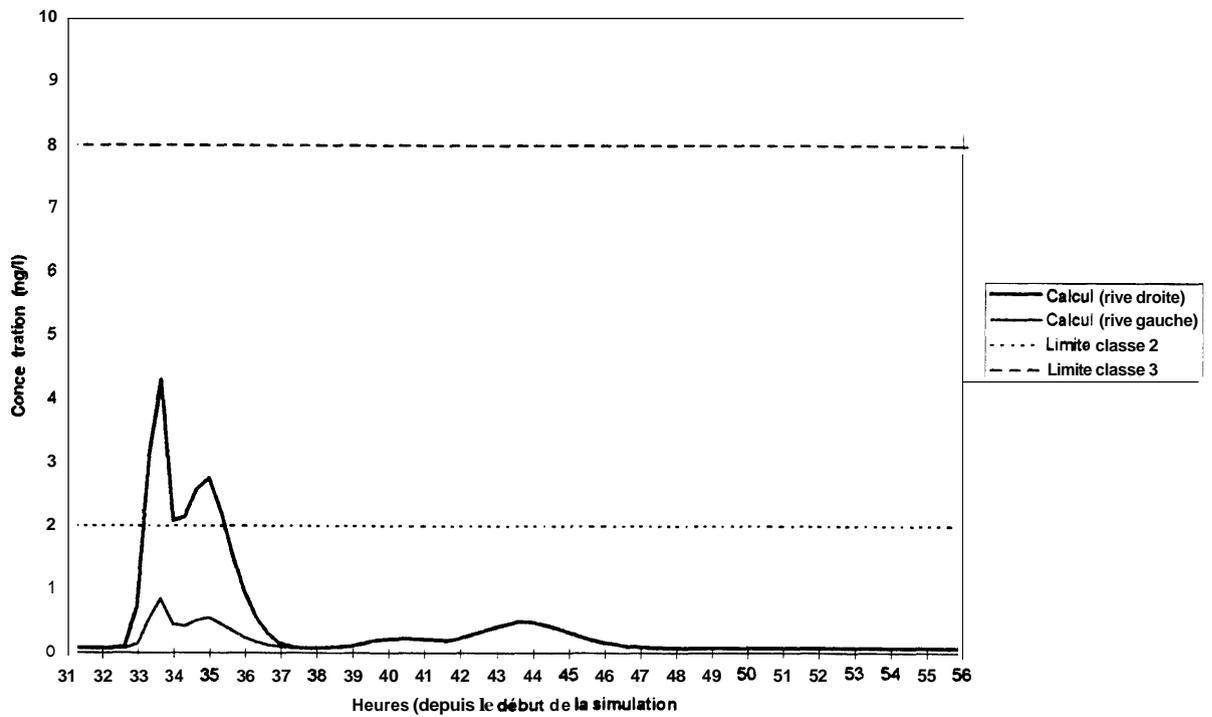


Figure 40
 Simulations "rivière" effet chronique (rejets temps sec modifiés et temps de pluie actuels)
 Pluie 31 (juin) - Résultats au site de contrôle n° 3 en NH4+



Le tableau présenté (*voir figure 38*) regroupe les résultats les plus importants pour l'ensemble des simulations effectuées. Globalement, pour l'ensemble des périodes de référence, on constate que :

- l'objectif classe 2 est respecté plus de 90 % du temps (98 % au minimum) ;
- l'objectif classe 3 n'est pas respecté pour les pluies P 13 (décembre-avril) et P 31 (juin)

Même si l'objectif classe 2 est respecté plus de 90 % du temps, les seuils correspondants sont dépassés pour 25 pluies par an (sur 76), dont 19 entre juin et septembre. Les sites les plus sensibles sont respectivement le N°3 (aval débouché du Rapt), le N°2 (aval débouché Conroy) et le N°5 (aval débouché du canai de rejet Unimétal + usine d'épuration). Les paramètres responsables des dépassements sont principalement DBO_5 et NH_4^+ (*voir figures 39 et 40*).

En ce qui concerne le non-respect de l'objectif classe 3, les seuils correspondants ne sont dépassés qu'au site de contrôle N°3, en DBO_5 et durant deux ou trois heures (*voir figure 39*). De plus, sur la section transversale de l'Orne représentée par le site de contrôle N°3, ce dépassement n'a lieu qu'en rive droite (celle où s'effectue le rejet du Rapt)

D'autre part, les caractéristiques des pluies P13 et P31 (courtes durées et hauteurs précipitées importantes, les plus fortes des 76 pluies de l'année synthétique) font d'elles des événements "exceptionnels" (période de retour annuelle), qui sortent très probablement du contexte de l'effet chronique pour se rapprocher de pluies susceptibles de provoquer un effet aigu dans la rivière. Par ailleurs, au moins en ce qui concerne P13, il faut rappeler que les conditions de simulation ont été choisies défavorables pour la période décembre-avril.

On peut dès lors considérer que, à partir des hypothèses retenues, la rivière Orne ne présente pas de dégradation chronique de sa qualité liée au rejets urbains de temps de pluie, sur la base des paramètres de qualité établie. Il ne paraît donc pas nécessaire, vis à vis de la qualité du milieu récepteur et sur la base de la démarche adoptée, de définir des aménagements destinés à réduire la pollution rejetée par temps de pluie.

Il est important de préciser que cette conclusion reste valable, même si l'on considère que la qualité de l'Orne en entrée de la zone d'étude correspond à la limite prévue par l'objectif fixé (classe 2). En effet, des simulations complémentaires, prenant en compte cette qualité amont "limite" (10 mg/l en DBO_5 , 2 en NH_4^+ , ...), montrent que les durées de dépassement de l'objectif classe 2 n'augmentent que de 20 à 30 % pour le site N°2 et restent inchangées pour les autres sites de contrôle, quelle que soit la période de référence considérée.

V.4 - LES TYPES D'AMENAGEMENTS A PREVOIR SUR LE SYSTEME D'ASSAINISSEMENT

Si l'on s'en tient à la démarche présentée, basée sur la qualité du milieu naturel, les seuls aménagements à prévoir sur le système d'assainissement, pour que les objectifs de qualité fixés pour l'Orne soient respectés, sont ceux permettant le respect de ces objectifs par temps sec :

- amélioration de la collecte des eaux usées, notamment à Rombas (cf. étude diagnostic réalisée par la Sétude),
- amélioration du traitement (respect des normes européennes pour le rejet de l'usine d'épuration du SIAVO).

Figure 41
Relation entre volume déversé et hauteur précipitée pour les 76 pluies de l'année synthétique

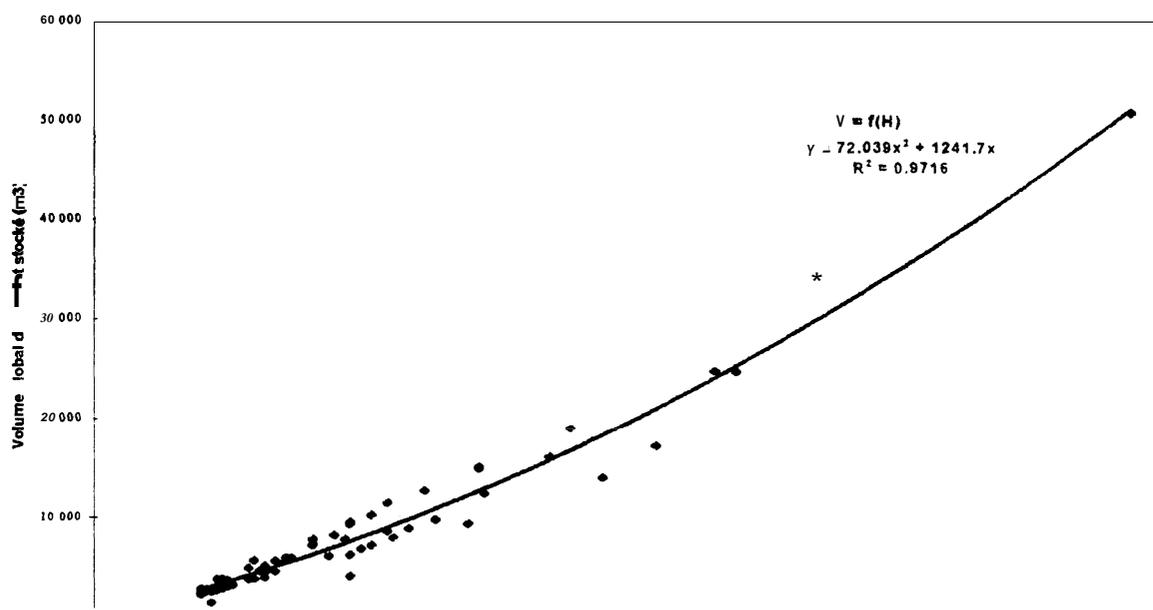


Figure 42
Synthèse, pour différentes hauteurs de pluie, des volumes à stocker, de ce qui est encore déversé annuellement et de la durée maximum de dépassement de l'objectif classe 2

Hauteur pluie de projet (H) (mm)	Volume global déversé et a stocké V=f(H) (m3)	CARACTERISATION ANNUELLE DE CE QUI EST ENCORE DNERSE EN :						Durée maximum de dépassement de l'objectif "classe 2" (site N°3) (heurdan)	
		Nombre de pluies (> H)	Volume déversé (m3)	Charges de pollution déversées			Durée maximum de déversement		
				MES (kg)	DBO5 (kg)	NTK (kg)	(jour)	(%de l'année)	
0.0	0	76	570517	189978	122989	11374	45	12.2	58 (- de 1% de l'année)
2.0	2 772	61	366 879	117092	77 413	6946	27	7.3	58
3.0	4 373	41	284683	73 159	57 589	4591	19	5.3	46
4.0	6 119	29	221861	48538	43 854	3280	15	4.0	38
5.0	8 009	21	172 453	37 489	31 463	2077	9	2.4	32
6.0	10044	14	136102	26643	23044	1123	5	1.5	28
7.0	12222	12	108241	18207	17 657	777	5	1.2	24
8.0	14544	9	84 860	12 348	8 503	600	3	0.7	21
8.0	17010	6	67531	10 321	6416	500	2	0.6	18
10.0	19621	4	54 820	10027	4839	400	1	0.3	17
11.0	22 375	4	43 802	8199	4 720	300	1	0.3	17
12.0	25 274	2	33237	6 358	3 408	200	0	0.1	12
13.0	28 317	2	27152	6 238	2 464	100	0	0.1	12
14.0	31 503	2	20 778	3875	2 034	50	0	0.1	12
16.0	34 834	1	16015	3 021	1 577	40	0	0.0	8
16.0	38 309	1	12 540	2718	828	30	0	0.0	8
17.0	41 928	1	8921	1513	47	20	0	0.0	8
18.0	45 691	1	5 158	260	30	10	0	0.0	8
19.0	49 598	1	1251	100	10	5	0	0.0	8
20.0	53 650	0	0	0	0	0	0	0.0	0

Néanmoins, il serait réducteur, en termes d'aménagements sur le système d'assainissement, de s'en tenir aux conclusions de cette démarche "aval-amont" (à partir des objectifs de qualité **fixés** pour le milieu naturel).

Il convient en effet d'évoquer une autre démarche, que l'on peut qualifier cette fois d'"amont-aval", parce que les aménagements qu'elle impose ne sont pas justifiés par le respect d'objectifs sur le milieu naturel, mais par le respect d'objectifs de fonctionnement et d'efficacité du système d'assainissement lui-même.

Ces objectifs, dictés par la directive européenne du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires et par la loi sur l'eau du 3 janvier 1992 et ses textes d'application (notamment le décret du 3 juin 1994 et les arrêtés du 22 décembre 1994), peuvent se résumer par les principes suivants :

- le réseau de collecte et l'usine d'épuration d'une agglomération doivent être considérés comme un système global indissociable ;
- ce système doit permettre d'assurer, sauf événement pluvieux exceptionnel, un taux de collecte de 80 % et un traitement conforme 95 % du temps.

Il convient donc, à ce stade de l'étude, de définir à partir de quel événement pluvieux la situation sera considérée comme exceptionnelle.

Traitement ultérieur possible des résultats des simulations

En marge de la présente étude, et dans le cadre de la démarche qualifiée fois d'"amont-aval", il est possible d'utiliser les résultats obtenus lors des différentes simulations pour définir certains aménagements, tels des bassins de stockage des eaux de temps de pluie sur le réseau d'assainissement

La présente étude a permis de définir les volumes et les charges de pollution rejetés dans l'Orne (qui sont en grande majorité ceux déversés par le réseau unitaire) pour les 76 pluies composant une année synthétique. Une loi simple $V = f(H)$ permet de lier la hauteur H d'une pluie et le volume total V déversé par le réseau d'assainissement (*voir figure 41*)

On est donc capable de définir, pour différentes hauteurs de pluie de projet, les volumes déversés par le réseau et devant faire l'objet de stockage pour renvoi des eaux vers l'usine d'épuration après la pluie, afin de supprimer les déversements

Le tableau présenté (*voir figure 42*) permet de synthétiser l'ensemble des données suivantes .

- la hauteur H de référence de la pluie prise en compte, variant de 2 à 20 mm (en dessous de 2 mm, on ne peut pas détailler, car la démarche adoptée pour cette étude est basée sur une analyse pluviométrique excluant les événements pluvieux de hauteur inférieure à 2 mm) ;
- le volume, calculé par $V = f(H)$, qui est globalement déversé dans l'Orne pour la pluie de hauteur H , et qui constitue le volume global à stocker pour supprimer tout déversement "jusqu'à" la pluie de hauteur H ;
- la caractérisation annuelle de ce qui est encore déversé, malgré le volume global de stockage mis en place ; cette caractérisation s'effectue à partir du classement des 76 pluies de l'année synthétique par ordre de volume globalement déversé décroissant (on connaît pour chacune de ces pluies les volumes et les charges déversés, la durée maximum de déversement, ainsi que la durée maximum de dépassement de l'objectif classe 2 au site N°3, aval du Rapt).

Figure 43

Nombre de déversements annuels (nombre de pluies) en fonction des volumes stockés exprimés selon différentes hauteurs de pluies de projet

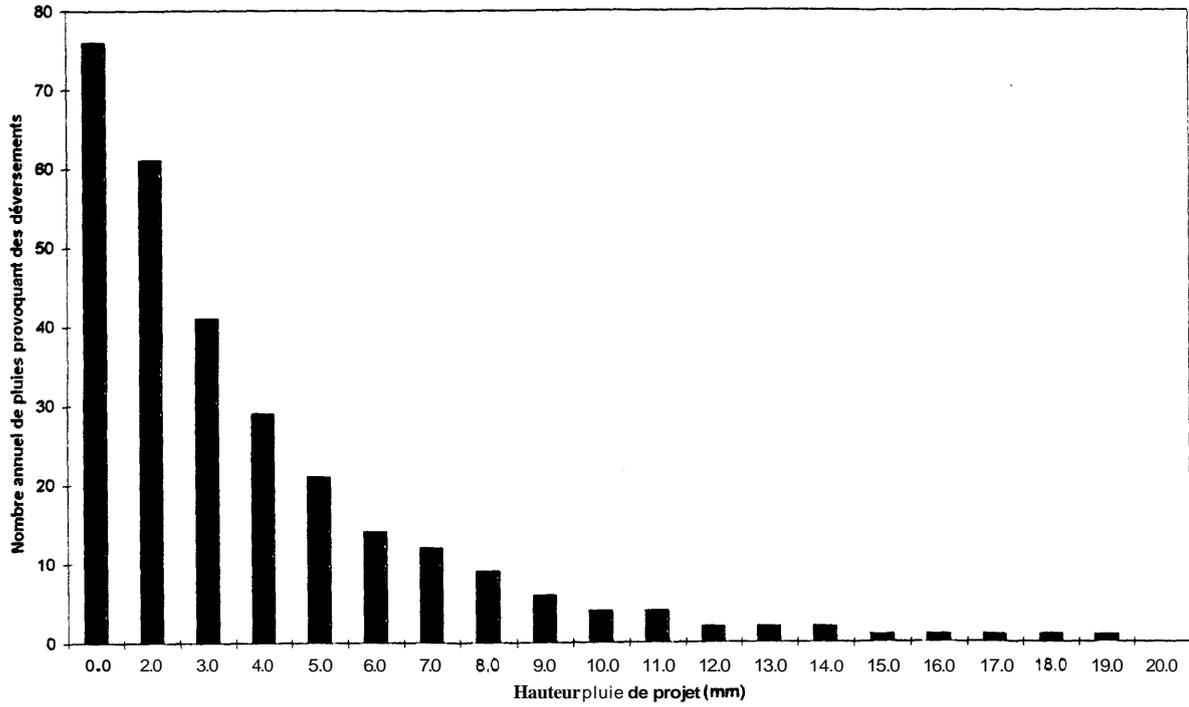
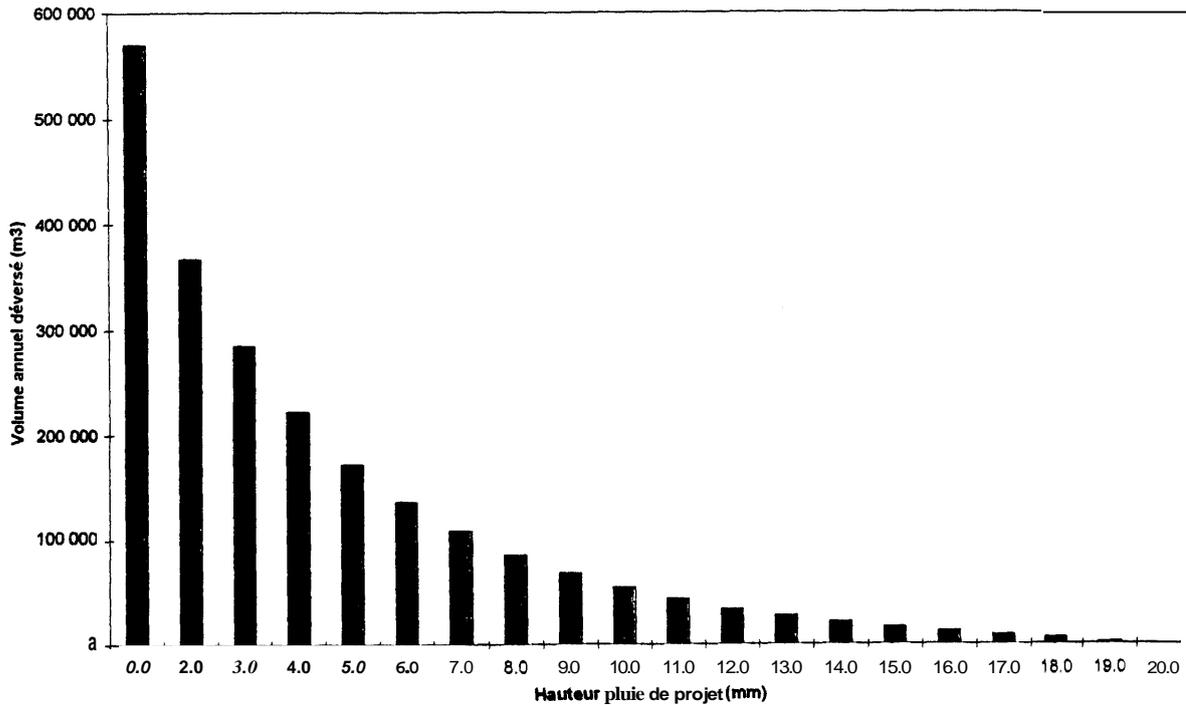


Figure 44

Volumes annuels (m³) déversés en fonction des volumes stockés exprimés selon différentes hauteurs de pluies de projet



Différentes remarques peuvent être formulées à partir de ce tableau récapitulatif

- Si la pluie de hauteur 20 mm semble être ici "l'optimum" en terme de protection du milieu (**zéro** déversement), il ne faut pas oublier les bases statistiques de la définition de l'année synthétique, et rappeler qu'il existera toujours une pluie qui engendrera des déversements, quelque soient les aménagements réalisés.
- L'année synthétique définie ne prenant pas en compte les pluies dont la hauteur totale précipitée est inférieure à 2 mm, une série d'aménagements minimum sur le système d'assainissement devra donc permettre d'assurer 80 % de collecte et un traitement conforme 95 % du temps pour ces petites pluies. Si les collectivités concernées souhaitaient s'en tenir à cet objectif minimaliste, on pourrait alors se poser la question : "est-il néanmoins raisonnable que le réseau d'assainissement continue de déverser dans l'Orne 45 jours par an ?"
- La réduction de 50 % du volume déversé par le réseau correspond à la réalisation d'environ 4.500 m³ de bassins de stockage, et à une hauteur de pluie de l'ordre de 3 mm (*voir figure 43*) ; c'est cette même hauteur de pluie qu'il faut prendre en compte si l'on veut ramener la durée maximum de déversement à 5 % de l'année.
- La réduction de 75 à 80 % de la charge de pollution déversée par le réseau correspond à la réalisation d'environ 8.000 m³ de bassins de stockage, et à une hauteur de pluie de l'ordre de 5 mm.
- Pour réduire le nombre de déversements (nombre de pluies) à une douzaine par an (soit un par mois en moyenne), la hauteur de pluie à prendre en compte est de l'ordre de 7 mm (*voir figure 44*), pour un volume global de stockage d'environ 12.200 m³.

Les volumes d'eau stockés sont renvoyés après la pluie à l'usine d'épuration pour traitement. Le déstockage doit s'effectuer en moins de 24 heures pour des raisons évidentes d'odeurs dans les bassins et de disponibilité de ceux-ci face à une autre pluie. Il faut donc que le réseau achemine l'ensemble des eaux déstockées (en plus du flot permanent de temps sec) à l'usine d'épuration. **De plus**, celle-ci doit être capable de traiter dans les normes imposées ce supplément d'effluent.

La démarche suivie permet donc aux collectivités concernées, d'une part de servir de base technique au choix d'un programme d'aménagements sur le système d'assainissement qui soit le meilleur compromis entre le coût et la protection du milieu récepteur, et d'autre part de justifier et d'argumenter ce choix vis à vis du préfet, chargé de la décision finale.

Figure 45

Approche de l'effet aigu - Normes intermittentes dérivées pour la DBO₅

Pente moyenne du cours d'eau étudié (m/km)	[DBO ₅] (mg/l) à ne pas dépasser dans le cours d'eau sur une durée de 6 heures plus d'une fois par an			
	Rapport Largeur/Profondeur du cours d'eau			
	4	8	12	16
< 0.2	-	-	-	-
0.3	-	-	-	10
0.4	-	-	11	13
0.5	-	12	14	16
0.6	10	13	17	19
0.7	12	16	19	22
0.8	13	18	22	25
0.9	14	20	25	28
1.0	16	22	27	32
1.5	21	24	30	34
2.0	26	32	39	45
2.5	30	39	48	-
3.0	34	45	-	-
3.5	37	-	-	-
> 3.5	-	-	-	-

Figure 46

Approche de l'effet aigu - Normes intermittentes dérivées pour l'ammoniac total

pH du cours d'eau étudié	[Ammoniac total] (mg/l) à ne pas dépasser dans le cours d'eau sur une durée de 6 heures plus d'une fois par an
7.4	15.0
7.6	9.7
7.8	6.2
> 8.0	4.0

VI - L'APPROCHE DE L'EFFET AIGU

(se reporter aux rapports des modules AP et MOD)

VI.1 - OBJECTIFS

On constate assez fréquemment, après de violents orages d'été, des mortalités piscicoles dans les cours d'eau, à l'aval des agglomérations. Ces mortalités sont le signe le plus visible de l'effet aigu lié à l'impact des rejets urbains de temps de pluie sur le milieu naturel. L'eau de pluie, ruisselant sur des surfaces imperméabilisées de plus en plus grandes, entraîne une pollution d'autant plus importante que la pluie est intense et précédée d'une longue période de temps sec (cas typique d'un orage d'été).

Cette arrivée soudaine d'énormes flux de pollution organique et azotée dans des cours d'eau fragilisés (débit d'étiage, température élevée, ...) a pour conséquences, notamment, une baisse brutale de l'oxygène dissous et une augmentation de l'ammoniac, qui, si elles s'étendent dans le temps et l'espace, peuvent provoquer la mort des poissons.

Il existe de nombreuses approches pour fixer des seuils d'effet dans le but de protéger la vie aquatique de l'impact des rejets urbains de temps de pluie. Les méthodes les plus adaptées sont celles qui définissent la mortalité d'une espèce de poisson donnée soumise à une concentration en polluant donnée, pour un événement de durée et de période de retour données. Il est reconnu que les paramètres indispensables à contrôler sont l'oxygène dissous et l'azote non ionisé.

Dans cette optique, les normes du Royaume-Uni semblent les plus abouties. Face à la difficulté d'appliquer des normes basées sur l'oxygène et l'ammoniac, les chercheurs britanniques ont élaboré des "normes intermittentes dérivées", basées sur la DBO₅ et l'ammoniac total. Ces normes fixent les concentrations dans la rivière à ne pas dépasser sur une durée de 6 heures et plus d'une fois par an (*voir figures 45 et 46*).

Sur la base des tableaux présentés, et compte-tenu des caractéristiques propres au site (pente moyenne égale à 1 m/km, rapport largeur/profondeur égal à 15 en moyenne et pH généralement supérieur à 8), les concentrations à ne pas dépasser sur une durée de 6 heures et plus d'une fois par an sont 32 mg/l en DBO₅ et 4 mg/l en ammoniac total, soit 5 mg/l en NH₄⁺.

Au-delà de ces seuils, il existe un risque d'effet aigu lié aux rejets urbains de temps de pluie dans l'Orne.

VI.2 - DEMARCHE

La démarche consiste à simuler chacun des six événements pluvieux retenus (quatre de projet et deux réels) et susceptibles de provoquer un effet aigu, avec des conditions amont (débit, qualité) appropriées et de comparer les résultats obtenus aux cinq sites de contrôle aux objectifs fixés.

Figure 47

Simulations "réseau" effet aigu
Caractéristiques principales et résultats obtenus

Période de retour ou date de la pluie	Durée temps sec précédant la pluie (mm)	Durée pluie (mm)	Hauteur précipitée (mm)	Intensité maximale (mm/h)	Durée simulation (mm)	Total rejeté dans l'Orne à l'intérieur de la zone d'étude				
						Volume (m3)	Charge MES (kg)	Charge DBO5 (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)
10 ans	21 600	240	37,0	57,94	480	99 914	24 439	17 037	22 483	673
5 ans	21 600	240	28,5	46,21	480	76 343	24 294	13 507	20 176	675
2 ans	21 600	240	23,0	35,75	480	60 236	23 851	11 087	18 527	675
1 an	21 600	240	19,1	28,96	480	49 464	23 452	9 480	17 393	682
16/12/1982	21 600	560	22,7	16,63	1 180	55 746	20 995	10 471	17 663	702
23/08/1983	21 600	340	16,8	20,52	680	41 255	21 445	8 181	15 926	658

Figure 48

Simulations "rivière" effet aigu (rejets de temps sec modifiés)
Bilan global des respects d'objectifs (en heures de dépassement)

Pluie	Période durant laquelle [DBO5] > 32 mg/l								Période durant laquelle [NH4+] > 5,0 mg/l							
	Site N°2		Site N°3		Site N°4		Site N°5		Site N°2		Site N°3		Site N°4		Site N°5	
	RG	RD	RG	RD	RG	RD	RG	RD	RG	RD	RG	RD	RG	RD	RG	RD
SIMULATIONS EFFECTUEES DANS LE CADRE DE L'APPROCHE "EFFET CHRONIQUE"																
Pluie P13	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pluie P31	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SIMULATION AVEC Qorne = 3,38 m3/s (débit moyen mensuel Août)																
Pluie du 23/08/83	2	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SIMULATIONS AVEC Qorne = 1,62 m3/s (débit d'étiage quinquennal)																
Pluie T = 1 an	2	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Pluie T = 2 ans	3	3	4	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Pluie T = 5 ans	4	4	5	5	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0
Pluie T = 10 ans	5	5	5	6	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0
Pluie du 23/08/83	1	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Pluie du 16/12/82	2	2	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

En grisé : objectif non respecté

Pour effectuer les simulations "rivière", les conditions amont suivantes, représentatives d'une situation propice à engendrer des mortalités piscicoles, ont été retenues :

- pour les quatre pluies de projet et les deux pluies réelles (16/12/82 et 23/08/83) considérées alors comme des pluies de projet :
 - . le débit d'étiage quinquennal (VCN30) de l'Orne, soit 1,62 m³/s,
 - . une température de l'eau maximum, soit 22° C,
 - . des concentrations amont représentatives, celles mesurées en août (*voir figure 33*) ;
- pour la pluie du 23/08/83 : les conditions représentatives d'un mois d'août, soit un débit de 3,38 m³/s, une température de 19° C et les concentrations mesurées en août.

Il convient de préciser que, à l'instar de ce qui a été fait pour l'approche de l'effet chronique, l'ensemble des simulations ont été effectuées en prenant en compte les rejets de temps sec modifiés.

VI.3 - APPLICATION DE LA DEMARCHE AU CAS DE L'ORNE ET RESULTATS

Les simulations "réseau"

Pour les six pluies simulées, la période de temps sec précédant la pluie a été choisie égale à quinze jours, afin d'avoir d'importants stocks de pollution présente sur le sol et susceptibles d'être entraînés via les réseaux dans le milieu naturel. Le tableau présenté (*voir figure 47*) récapitule les principales caractéristiques et les principaux résultats des simulations effectuées.

En termes de volumes et charges rejetés dans l'Orne, donc d'impact dans la rivière (à conditions amont égales), on constate que les pluies des 16/12/82 et 23/08/83 se rapprochent d'une pluie de période de retour annuelle.

Les simulations "rivière"

Le tableau présenté (*voir figure 48*) récapitule les résultats importants pour l'ensemble des simulations effectuées en termes de respect d'objectif

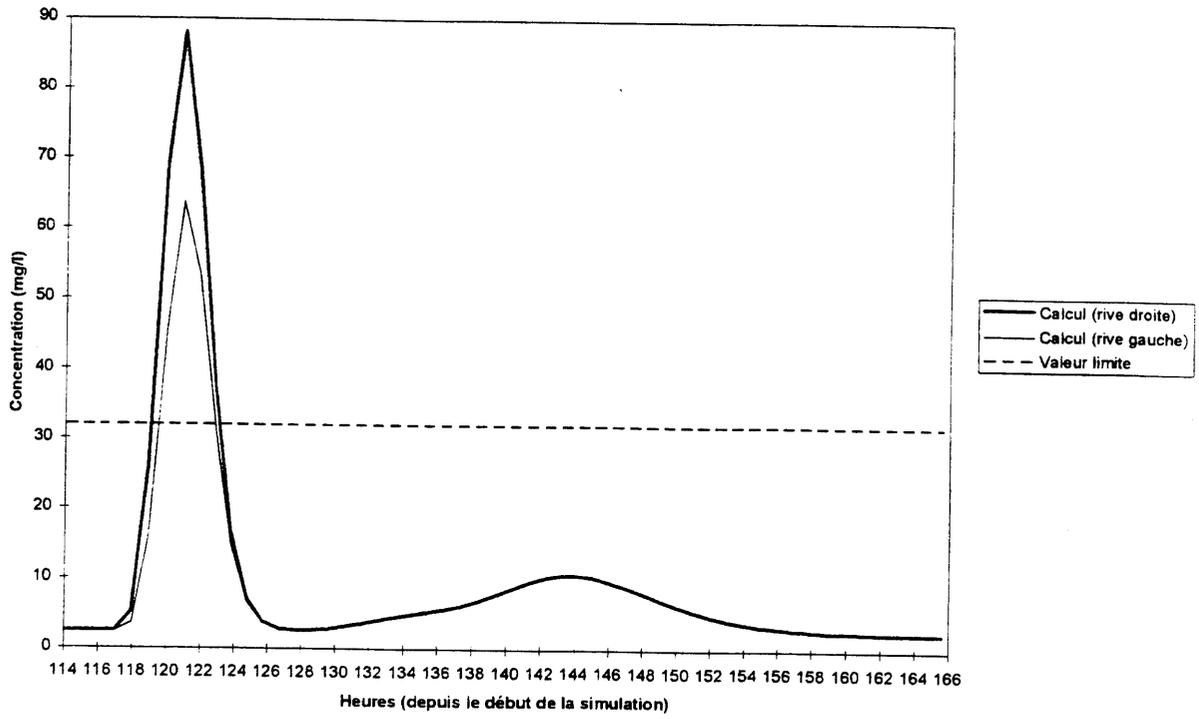
Tout d'abord, il convient de rappeler que les pluies P13 et P31 de l'année synthétique engendrent des dépassements des seuils fixés en DBO₅ et NH₄⁺, mais que ces dépassements ne durent pas plus d'une heure et sont localisés au site N°3 (aval Rapt). Il est donc légitime de rapprocher ces deux pluies de celles susceptibles de provoquer un effet aigu, même si elles ne présentent pas de risques de mortalité piscicoles avec les hypothèses amont qui leur sont associées.

En ce qui concerne les sept simulations effectuées spécifiquement dans le cadre de l'approche de l'effet aigu, on constate que :

- quelle que soit la simulation, il n'y a aucun dépassement des seuils, ni en DBO₅, ni en NH₄⁺, aux sites de contrôle N°4 (aval Gandrange) et N°5 (aval Richemont) ;
- les deux pluies réelles n'engendrent pas de risques de mortalités piscicoles ;
- il existe une logique d'augmentation des durées de dépassement pour les pluies de projet selon la période de retour de la pluie, mais que, mis à part pour la pluie décennale, au site N°3 en DBO₅, aucun seuil n'est dépassé plus de 6 heures d'affilée.

Figure 49

Simulations "rivière" effet aigu (rejets de temps sec modifiés)
Pluie T=10 ans - Résultats au site de contrôle n°3 en DBO 5



De plus, dans le seul cas où un seuil est dépassé 6 heures d'affilée, ce non-respect de l'objectif n'intervient qu'en rive droite, immédiatement à l'aval du rejet du Rapt à Rombas (*voir figure 49*). Quelques centaines de mètres à l'aval, ce dépassement redevient quasiment nul.

Seule la pluie décennale présente de faibles risques de mortalités piscicoles.

Définition de l'événement pluvieux type pour lequel il y a risque de mortalité piscicole

Les risques de mortalités piscicoles liés aux rejets urbains de temps de pluie, sur la partie étudiée de l'Orne, interviennent pour des pluies de périodes de retour supérieures ou égales à dix ans.

Les principales caractéristiques de la pluie décennale de référence sont : 37 mm précipités en 4 heures, dont 19 mm en 30 minutes, avec une intensité maximum sur 5 minutes de l'ordre de 58 mm/h.

Par ailleurs, la pluie de référence utilisée classiquement pour le dimensionnement des réseaux d'assainissement est une pluie décennale. Pour des périodes de retour supérieures à dix ans, la maîtrise du fonctionnement d'un système de collecte risque de ne plus être assurée.

Ainsi, il paraît acceptable de considérer que, dans le cas de l'Orne, le risque potentiel d'effet aigu est très faible. En termes de sûreté de fonctionnement du système, le risque prépondérant demeurera lui lié aux inondations, les pluies présentant des risques d'inondations et d'effet aigu ayant des périodes de retour équivalentes.

Figure 50

Concentrations en MVS (mg/g de MES) mesurées sur le réseau par temps de pluie

Date pluie	RES01	RES02	RES03	RES04	RES05	RES06	RES07	RES08	Moyenne
14/09/1994	539	769	661	686	-	495	547	617	616
24/09/1994	600	634	710	699	621	614	624	563	633
19/12/1994	208	262	239	327	349	333	-	-	286
22/01/1995	491	565	653	-	564	317	467	611	524
Moyenne	460	558	566	571	511	440	546	597	523

Figure 51

Concentrations en plomb (mg/kg de matières sèches) mesurées sur le réseau par temps de pluie

Date pluie	RES01	RES02	RES03	RES04	RES05	RES06	RES07	RES08	Moyenne
14/09/1994	126	128	124	114	-	126	116	112	121
24/09/1994	105	108	95	95	104	96	96	96	99
19/12/1994	81	140	72	136	136	148	-	-	119
22/01/1995	278	205	255	-	269	217	304	236	252
Moyenne	148	145	137	115	170	147	172	148	148

Figure 52

Concentrations en zinc (mg/kg de matières sèches) mesurées sur le réseau par temps de pluie

Date pluie	RES01	RES02	RES03	RES04	RES05	RES06	RES07	RES08	Moyenne (hors RES08)
14/09/1994	413	550	2 405	1 700	-	1 955	1 855	37 500	1 480
24/09/1994	258	2 130	2 055	1 150	2 020	1 825	1 610	30 000	1 578
19/12/1994	639	1 558	900	1 117	1 396	1 430	-	-	1 173
22/01/1995	1 600	2 566	2 533	-	1 666	1 359	1 467	15 888	1 865
Moyenne	728	1 701	1 973	1 322	1 694	1 642	1 644	27 796	1 470

VII - L'APPROCHE DE L'EFFET ACCUMULATIF

(se reporter au rapport du module AP)

VII.1 - PRESENTATION DE LA DEMARCHE PREVUE A L'ORIGINE

Contrairement aux effets chroniques et aigus (dégradation momentanée de la qualité), les effets accumulatifs sont caractérisés par une dégradation durable de la qualité du milieu naturel. On distingue deux types d'effets accumulatifs :

- ceux correspondant à une durée d'exposition importante,
- ceux correspondant à une fréquence d'exposition importante.

Dans tous les cas, l'étude de ces effets passe par une évaluation globale des rejets dans le milieu récepteur, sur de longues périodes.

Le principe adopté est d'utiliser les sédiments présents au fond de la rivière comme "témoin" d'un éventuel effet accumulatif pouvant être lié aux rejets urbains de temps de pluie. Quant aux "révélateurs" de l'origine de l'effet, il semble logique de les choisir parmi les paramètres significatifs de la pollution particulaire présente dans des effluents de temps de pluie : la matière organique, représentée par les MVS, et les métaux lourds tels le plomb et le zinc (les hydrocarbures dans les effluents étant ici toujours mesurés comme inférieurs au seuil de détection).

On constate d'ailleurs (*voir figures 50, 51 et 52*) que ces paramètres mesurés dans les effluents de temps de pluie transitant dans le réseau sont relativement homogènes d'un site à l'autre et d'une pluie à l'autre (à l'exception du site RES08, aval du collecteur SIAVO venant d'Amnéville, où l'on a systématiquement des valeurs anormalement élevées en zinc uniquement).

En ce qui concerne les métaux lourds, une étude effectuée de 1982 à 1985 par le laboratoire d'écologie de l'université de Metz a montré que la partie aval de l'Orne (à partir de Moyeuvre-Grande) se caractérise par une forte pollution métallique de ses sédiments, notamment en plomb et en zinc. L'étude impute cette pollution aux activités minières et sidérurgiques, notamment au complexe de Rombas.

Même si les apports métalliques d'origine industrielle ont dû normalement beaucoup diminuer durant ces dix dernières années (recyclage des eaux de hauts fourneaux et réduction des activités sidérurgiques), on peut supposer que la mesure de métaux lourds dans les sédiments de l'Orne n'est pas forcément représentative des rejets urbains de temps de pluie.

Cette hypothèse est appuyée par le constat suivant : l'ensemble du réseau d'assainissement étudié rejette par temps de pluie environ 190 tonnes de MES par an, soit 85 tonnes de matières minérales (50 % des MES), soit encore, à raison de 1,5 g/kg de matières sèches (*voir figure 52*), environ 130 kg de zinc par an. Durant la même période (45 jours), la charge de zinc amenée à l'usine d'épuration par le collecteur SIAVO venant d'Amnéville (sur lequel sont mesurées des concentrations en zinc anormalement élevées) est au minimum de 350 kg.

L'assainissement de la zone d'étude étant principalement de type unitaire, le "révélateur" mesuré dans les sédiments et pouvant le mieux représenter l'impact des rejets urbains de temps de pluie se trouve être la teneur en matière organique.

La démarche prévue était donc articulée autour de la recherche d'un lien entre la teneur organique des sédiments de l'Orne et la présence, la composition, la structure et l'évolution de certains peuplements d'invertébrés benthiques vivant dans les sédiments. Des campagnes de prélèvements mensuels de sédiments étaient prévues sur les 11 sites de mesures "milieu naturel", comprenant :

- la répartition granulométrique des sédiments, avec, pour chaque classe granulométrique définie, la teneur en matières organiques (MVS), en plomb et en zinc, ainsi que les vitesses de chute sur la classe la plus fine ($< 50 \mu\text{m}$), afin d'établir un lien entre les sédiments de la rivière et les MES rejetées par temps de pluie ;
- le dénombrement des invertébrés benthiques, à un niveau taxonomique le plus fin possible mais restant cohérent avec les contraintes de temps imposées par l'étude.

Lors de la première campagne de mesures du 30/06/94, les prélèvements de sédiments (pour analyse granulométrique uniquement) ont été très difficiles à effectuer, du fait de la rareté de matière première. Ce problème s'est confirmé lors de la première campagne de prélèvements benthiques (28/07/94), pour lesquels l'extrême rareté de sédiments n'a pas permis de respecter les précautions opératoires minimum.

Cette situation s'est révélée définitivement rédhibitoire après que de nombreuses reconnaissances, effectuées à pied et en bateau sur un important linéaire de rivière, aient permis de constater l'absence, sur le secteur étudié, de zones de sédiments permettant un échantillonnage représentatif.

Ceci a amené à remplacer, en cours d'étude, la démarche basée sur les sédiments par une démarche basée sur les diatomées.

VII.2 - UTILISATION DES DIATOMEES

Face à la difficulté de définir un indicateur biologique de l'impact cumulatif des rejets de temps de pluie à partir des sédiments, il a été décidé de poursuivre les mesures hydrobiologiques en effectuant des prélèvements mensuels d'algues et de protozoaires.

Prélèvements et dénombrements

Les prélèvements d'algues ont été effectués par grattage de divers substrats artificiels immergés, sur les 11 sites "milieu naturel", en même temps que les prélèvements d'eau et de sédiments (rythme mensuel). Néanmoins, durant la période de crue de l'Orne (janvier et février 1995), de nombreux substrats ont été emportés.

Les prélèvements font ensuite l'objet de dénombrements en laboratoire :

- un dénombrement général, sur l'ensemble de l'échantillon prélevé, des bactéries et protozoaires, ainsi que des algues, par grandes familles (cyanophytes, rhodophytes, chromophytes, chlorophytes et euglénophytes) ;
- un dénombrement plus poussé, au sein des chromophytes, sur les diatomées.

Figure 53
Prélèvements d'algues du 02/09/1994 - Résultats des dénombrements
(richesse taxonomique)

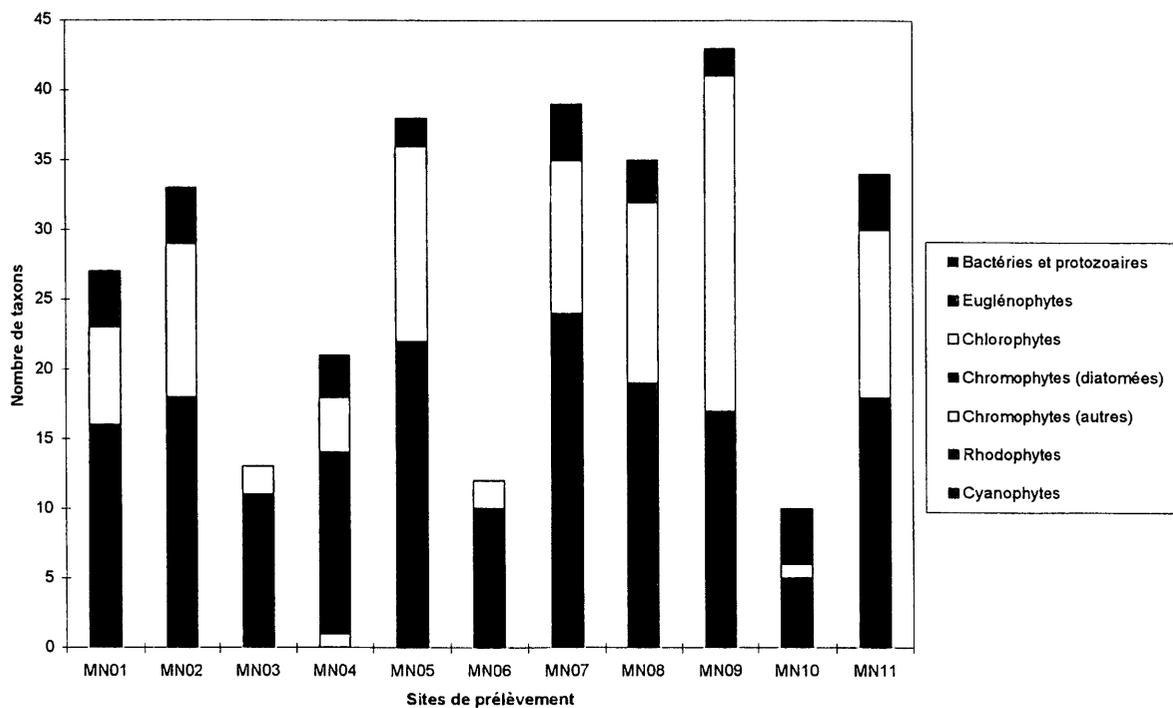
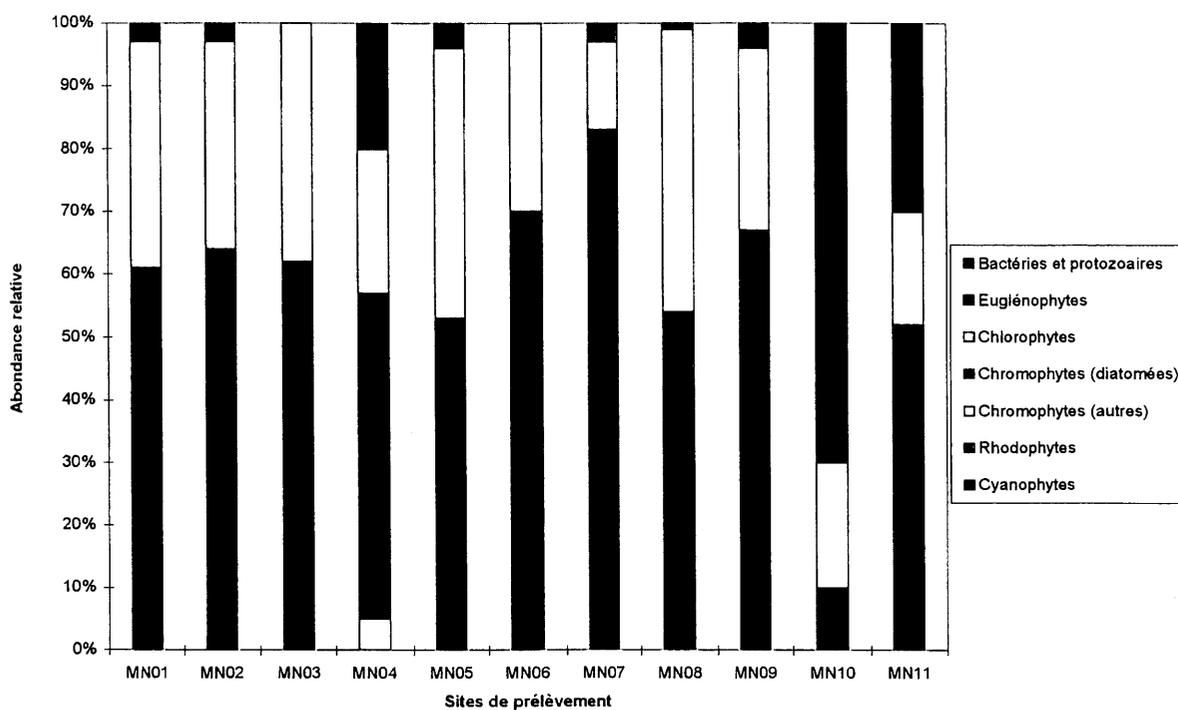


Figure 54
Prélèvements d'algues du 02/09/1994 - Résultats des dénombrements
(composition du peuplement)



On peut donc estimer à la fois l'évolution du peuplement :

- d'un site à l'autre, sur l'Orne, pour la même campagne (analyse spatiale) ;
- d'une campagne à l'autre, pour un même site (analyse temporelle).

En ce qui concerne l'analyse spatiale, les graphiques présentés (*voir figures 53 et 54*) donnent un exemple, pour la campagne du 02/09/1994, des résultats du dénombrement général, exprimés à la fois en richesse taxonomique (exprimant la diversité du prélèvement) et en composition du peuplement (on mesure le peuplement correspondant à chaque taxon).

Sur cet exemple, on constate :

- l'importance des diatomées, quel que soit le site, tant en richesse taxonomique qu'en abondance relative ;
- la faible richesse taxonomique des sites MN03 (Conroy amont) et MN04 (Conroy aval), MN06 (Rapt amont) et MN10 (canal de rejet Unimétal et usine d'épuration) ;
- l'importance des bactéries et protozoaires dans le peuplement des sites MN04, MN11 (Orne à l'aval du canal de rejet Unimétal et usine d'épuration), et surtout MN10.

Ces constats peuvent s'étendre à l'ensemble des campagnes de prélèvements. Néanmoins, l'importance des diatomées est encore plus grande pour les campagnes de novembre à avril. En période de hautes eaux de l'Orne, voire de crue, on ne trouve pratiquement plus que des diatomées, outre les bactéries et protozoaires.

Par contre, au sein de la communauté des diatomées, il n'apparaît pas de changements significatifs liés au débit de la rivière ou à un facteur saisonnier.

Principaux éléments bibliographiques

La bibliographie établie par le WRc porte sur l'utilisation des diatomées pour évaluer l'impact des effets cumulatifs des rejets urbains de temps de pluie sur la qualité des eaux d'une rivière.

Ce n'est que depuis une dizaine d'années que l'on commence à accepter l'emploi de communautés de diatomées pour évaluer la qualité de l'eau. Comme avec les indices de macroinvertébrés, un certain nombre de méthodes ont été suggérées pour calculer un indice qui soit en rapport avec un paramètre représentatif de la qualité de l'eau ou qui serve d'indicateur général de cette qualité.

Les indices élaborés à ce jour travaillent sur différentes caractéristiques principales, comme les critères de présence/absence ou d'abondance relative, mais tous s'appuient sur des espèces ou des genres indicateurs. Parmi les indices connus, on peut citer ceux de Descy ("IDD", 1979), de polluosensibilité spécifique ("IPS", 1984), de Descy et Coste ("CEE", 1988), de Leclercq et Maquet ("ILM", 1987).

Il est à noter qu'un indice unique et national est en cours de mise au point par les agences de l'eau.

Ces indices peuvent donner une appréciation globale de la qualité de l'eau, mais il apparaît que le travail entrepris sur leur utilisation, pour surveiller l'impact cumulatifs de rejets temporaires tels les rejets urbains de temps de pluie, est quasi inexistant. Cependant, il semble qu'on puisse exploiter les indices disponibles ou les adapter, et mettre au point de nouvelles techniques à cet effet.

Toutefois, le manque de sensibilité que présentent les diatomées pour surveiller la qualité d'eaux eutrophes et polluées pose un problème, notamment pour les méthodes qui font appel à peu d'espèces indicatrices.

Traitement statistique des résultats de dénombrements

Le traitement statistique effectué concerne uniquement les résultats de dénombrement à l'espèce des diatomées, sur les 11 sites de prélèvements et pour 7 campagnes de mesures, effectuées avec un intervalle d'environ un mois.

Les données brutes ont été réorganisées par site (7 prélèvements par site), en listant systématiquement toutes les espèces rencontrées en n'importe quel site et lors de n'importe quel prélèvement.

On constate que les modifications de peuplement entre deux campagnes ont une origine réelle et ne peuvent pas être liées à un problème de prélèvement.

A partir de là, il a été tenté de trouver, sans succès, une cause possible à ces modifications. On a, en particulier, essayé de corrélérer, en vain, la pluviométrie avec les modifications de peuplement observées entre les campagnes de prélèvement pour l'ensemble des sites.

Il apparaît donc que la démarche amorcée sur les diatomées n'est pas dénuée de perspectives. Cependant, il faudra préalablement mener des recherches à caractère fondamental sur ce sujet.

Enfin, l'abandon de la démarche prévue initialement, basée sur la recherche d'un bioindicateur fiable et simple à mesurer dans les sédiments de la rivière, n'amène cependant pas à conclure que cette démarche n'est pas valable. Ce serait ne pas tenir compte de la spécificité du site étudié. Pour justement s'affranchir d'une quelconque particularité liée à un site donné, il faut alors envisager une démarche globale, axée elle aussi vers la recherche fondamentale.

Figure 55

Tableaux récapitulatifs de l'analyse critique de la démarche suivie pour l'étude Orne (module AS)

Élément d'étude	Étape	Nécessité	Complexité	Apport méthodo.	Nécessité amélioration connaissances
AS1 Analyse de site et modélisation	Recueil et analyse des données existantes sur le système d'assainissement et le bassin versant urbain assaini	Oui	+		
	Construction du modèle "réseau" (logiciel de simulation : FLUPOL)	Oui	++		
	Calage et validation du modèle "réseau" par temps sec	Oui	++		
	Calage et validation du modèle "réseau" par temps de pluie	Oui	++		
	Recueil et analyse des données existantes sur le milieu récepteur (Orne)	Oui	+		
	Détermination période critique pour la rivière (fragilité du milieu)	Oui	-		
	Construction du modèle "rivière" (logiciel de simulation : KALPLAN)	? (1)	++		
	Calage et validation du modèle "rivière" par temps sec	? (1)	++		
AS2 Analyse pluvio.	Calage et validation du modèle "rivière" par temps de pluie	? (1)	++		
	Recueil et analyse des données pluviométriques locales existantes	Oui	+		
	Définition de ce qu'on considère comme événement pluvieux	Oui	+		
	Classification des événements pluvieux	Oui	++	X	
	Détermination d'une année synthétique de pluie et mise en forme pour les simulations "effet chronique"	Oui	++	X	
Détermination des événements pluvieux susceptibles de provoquer des mortalités piscicoles et mise en forme pour les simulations "effet aigu"	Oui	-		X	

(1) Les réponses à donner : Ne peut-on pas se contenter (si c'est possible) de ratios fiables reliant les rejets et les impacts qu'ils engendrent sur le milieu naturel (à partir d'un minimum de données sur celui-ci) ? Dès lors, est-il nécessaire, si les données existantes sont suffisantes, d'effectuer de longues et coûteuses mesures sur le milieu naturel et de le modéliser ?

Figure 56

Tableaux récapitulatifs de l'analyse critique de la démarche suivie pour l'étude Orne (module M)

Élément d'étude	Étape	Nécessité	Complexité	Apport méthodo.	Nécessité amélioration connaissances
M1 Mesures hors événements	Définition du protocole détaillé des mesures et analyses	? (1)	+		
	Campagnes de mesures et analyses	? (1)	++		
	Mise en forme des résultats et interprétations	? (1)	+		
M2 Mesures d'événements pluvieux	Définition du protocole détaillé des mesures et analyses sur le réseau	Oui (2)	+		
	Campagnes de mesures sur le réseau et analyses	Oui (2)	++		
	Mise en forme des résultats et interprétations des mesures "réseau"	Oui (2)	+		
	Définition du protocole détaillé des mesures et analyses sur la rivière	? (1)	+		
	Campagnes de mesures sur la rivière et analyses	? (1)	++		
M3 Mesures pluvio.	Mise en forme des résultats et interprétations des mesures "rivière"	? (1)	+		
	Définition du protocole détaillé des mesures	Oui	+		
	Campagnes de mesures	Oui	+		
	Mise en forme des résultats et interprétations	Oui	-		

(1) Les réponses à donner : Ne peut-on pas se contenter (si c'est possible) de ratios fiables reliant les rejets et les impacts qu'ils engendrent sur le milieu naturel (à partir d'un minimum de données sur celui-ci) ? Dès lors, est-il nécessaire, si les données existantes sont suffisantes, d'effectuer de longues et coûteuses mesures sur le milieu naturel et de le modéliser ?

(2) Le protocole peut être simplifié, en particulier pour les paramètres à mesurer : on pourrait se contenter des paramètres strictement nécessaires (cf. figure 59)

VIII - ANALYSE DE LA DEMARCHE SUIVIE DANS LE CADRE DE LA PRESENTE ETUDE

Cette analyse consiste à apprécier, pour les différentes étapes de la démarche suivie dans le cadre de la présente étude :

- leur nécessité réelle vis à vis de la démarche globale ;
- leur complexité ;
- l'apport méthodologique qu'elles représentent ;
- la nécessité d'en améliorer la connaissance générale en poursuivant ou en entamant des recherches spécifiques sur le domaine concerné.

L'analyse menée est présentée sous forme de tableaux (*voir figures 55, 56, 57 et 58*).

Les critères relatifs à la nécessité sont définis selon deux niveaux :

- "oui" : étape nécessaire à la démarche suivie dans le cadre de l'étude Orne ;
- "?" : étape dont on pourra sans doute se passer à terme, si des méthodes simplificatrices sont définies.

Les critères de complexité sont définis selon trois niveaux, en fonction d'un montant financier, d'une durée d'exécution, d'un investissement intellectuel (réflexion, choix de base, ...) et/ou d'un investissement technique (matériels nécessaires) :

- très importants : "++" ;
- normaux : "+" ;
- plutôt faibles : "-".

La lecture de ces tableaux appelle de nombreux commentaires.

Les avancées méthodologiques

Elles peuvent être classées en quatre domaines :

- 1- L'analyse et le traitement statistique des données pluviométriques locales, qui a permis de définir une année synthétique de pluie, nécessaire pour établir des bilans annuels, notamment dans le cadre des effets chroniques liés à l'impact des rejets urbains de temps de pluie.
- 2- La définition d'indicateurs d'évaluation des risques de mortalités piscicoles.
- 3- L'évaluation, par le biais de la modélisation et sur la base de l'année synthétique de pluie :
 - des volumes et des charges de pollution rejetés annuellement par le réseau d'assainissement,
 - du respect des différents objectifs de qualité fixés pour la rivière.
- 4- La définition de l'approche à adopter pour définir les types d'aménagements à prévoir sur le système d'assainissement, tant pour le respect des objectifs de qualité que pour celui des règles de fonctionnement imposées au système d'assainissement.

Figure 57
Tableaux récapitulatifs de l'analyse critique de la démarche suivie pour l'étude Orne
(module AP)

Elément d'étude	Etape	Nécessité	Complexité	Apport méthodo.	Nécessité amélioration connaissances
AP1 Recherche indice effet aigu	Bibliographie sur les effets aigus liés à l'impact des rejets urbains de temps de pluie (courbes "mortalité/durée/fréquence") sur une rivière	Oui	++	X	
	Définition des seuils d'effet applicables à l'Orne dans le cadre de l'approche de l'effet aigu	Oui	+	X	X
AP2 Recherche indice richesse biologique	Définition du protocole des mesures hydrobiologiques effectuées sur le milieu naturel	? (3)	++		X
	Campagnes de mesures hydrobiologiques et dénombrements en laboratoire	? (3)	++		X
	Bibliographie sur l'utilisation des diatomées en tant qu'indicateur d'un effet cumulatif lié à l'impact des rejets urbains de temps de pluie	Oui	++		
	Traitement statistique des résultats des dénombrements diatomiques	? (3)	++		X

(3) La nécessité de mesures hydrobiologiques est intimement liée aux réponses qu'apporteront les recherches à mener sur le thème d'un indicateur biologique fiable permettant de juger de l'impact cumulatif des rejets urbains de temps de pluie

Figure 58
Tableaux récapitulatifs de l'analyse critique de la démarche suivie pour l'étude Orne
(module MOD)

Elément d'étude	Etape	Nécessité	Complexité	Apport méthodo.	Nécessité amélioration connaissances
MOD (1) Simulations "effet chronique"	Définition précise des seuils d'effet fixés sur l'Orne	Oui	-		
	Simulations FLUPOL : évaluation des rejets de temps de pluie pour l'année synthétique	Oui	++	X	
	Simulations KALPLAN : évaluation de la qualité de l'Orne pour l'année synthétique (cf. figure 32)	? (1)	++	X	
	Réflexion sur les aménagements issus de la démarche, imposés par le respect d'objectifs de qualité sur le milieu naturel	Oui	++	X	
	Réflexion sur les aménagements imposés par la réglementation relative au bon fonctionnement du système d'assainissement (100 % collecte et traitement conforme 95 % du temps sauf pluie exceptionnelle)	Oui	++	X	
MOD (2) Simulations "effet aigu"	Définition précise des seuils d'effet fixés sur l'Orne	Oui	-	X	
	Simulations FLUPOL : évaluation des rejets de temps de pluie pour les événements pluvieux susceptibles de provoquer un effet aigu	Oui	++		
	Simulations KALPLAN : évaluation de la qualité de l'Orne pour les événements pluvieux susceptibles de provoquer un effet aigu	? (1)	++	X	
	Définition du type de pluie pour laquelle il y a risque d'effet aigu	Oui	-		

(1) Les réponses à donner : Ne peut-on pas se contenter (si c'est possible) de ratios fiables reliant les rejets et les impacts qu'ils engendrent sur le milieu naturel (à partir d'un minimum de données sur celui-ci) ? Dès lors, est-il nécessaire, si les données existantes sont suffisantes, d'effectuer de longues et coûteuses mesures sur le milieu naturel et de le modéliser ?

Figure 59
Paramètres mesurés sur le réseau par temps de pluie - Notion de nécessité

	MES	MVS	DBO5		DCO		NTK		N-NH4	COT	COD	Indice CH2		Zinc		Plomb		Cadmium	
			tot.	part.	tot.	part.	tot.	part.				tot.	part.	tot.	part.	tot.	part.		
Absolument nécessaire	X		X		X		X		X				X		X				
Pas strictement nécessaire		X	X		X		X			X	X	X	X		X		X	X	X

L'amélioration des connaissances

Celle-ci concerne essentiellement deux domaines :

- 1- La définition d'indicateurs servant de base à la définition des objectifs "effet aigu", qui demande à être validée sur d'autres sites.
- 2- La définition d'indicateur(s) biologique(s) fiable(s) permettant d'évaluer l'effet accumulé lié à l'impact des rejets urbains de temps de pluie sur un cours d'eau. Sur ce point, il faut envisager une démarche plus générale axée sur des programmes de recherche et de mesures spécifiques, tant sur les sédiments de rivière que sur les diatomées.

La nécessité de certaines actions

Certaines étapes pourraient sans doute être allégées, voire supprimées. En dehors des mesures hydrobiologiques, dont la nécessité dépendra de l'amélioration de la connaissance dans l'approche de l'effet accumulé, on peut citer :

- Les mesures sur le réseau d'assainissement, qui peuvent être simplifiées, en se contentant des paramètres strictement nécessaires (*voir figure 59*) :
 - . pour caler et valider le modèle "réseau" bâti, par temps sec et par temps de pluie ;
 - . pour permettre de relier les paramètres simulés par le logiciel "réseau" et ceux pris en compte dans les objectifs de qualité fixés pour le milieu naturel.
- Les mesures sur la rivière et l'utilisation d'un logiciel permettant d'en simuler la qualité, qui constituent la partie la plus délicate de la méthode (tant techniquement qu'économiquement). Sur la base de méthodes simplifiées, dont une ébauche est fournie plus loin, il sera sans doute possible, dans un futur plus ou moins proche, de définir plus précisément ces besoins.

Il apparaît néanmoins, au vu des connaissances actuelles et d'après l'expérience de la présente étude, que la modélisation du cours d'eau reste indispensable pour juger du respect des objectifs de qualité fixés.

Figure 60

Evaluation de l'impact à partir d'un ratio "rivière/rejet" basé sur le débit moyen

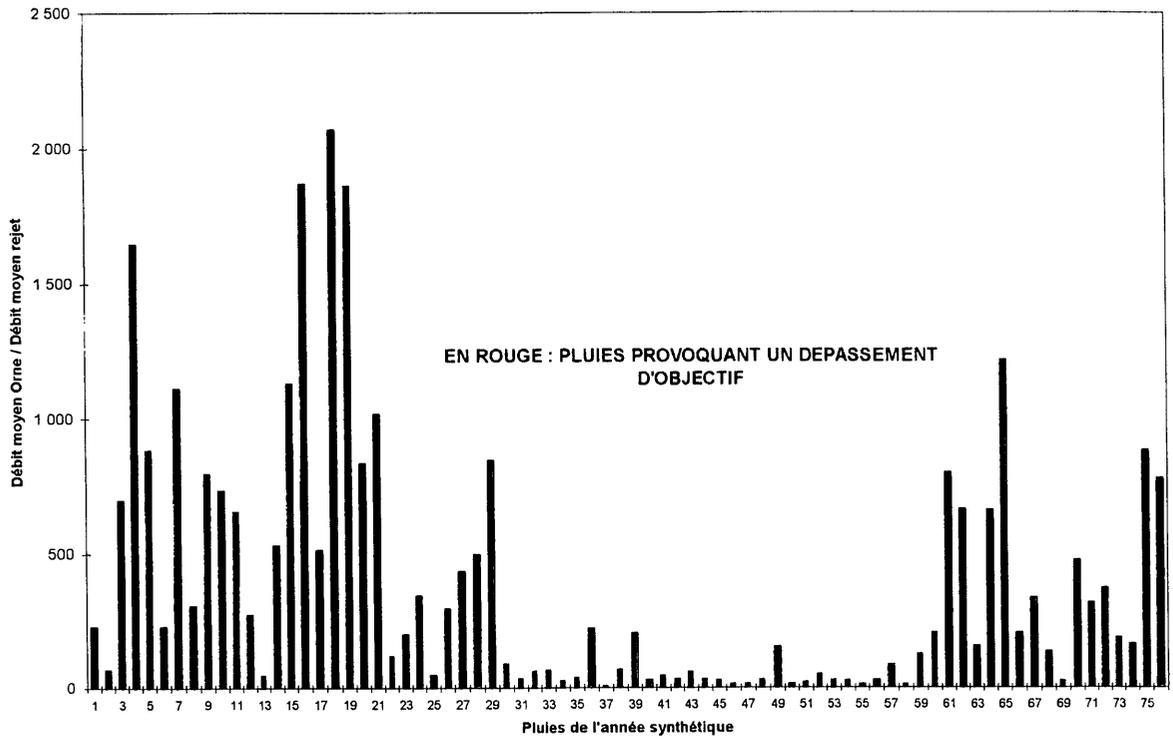
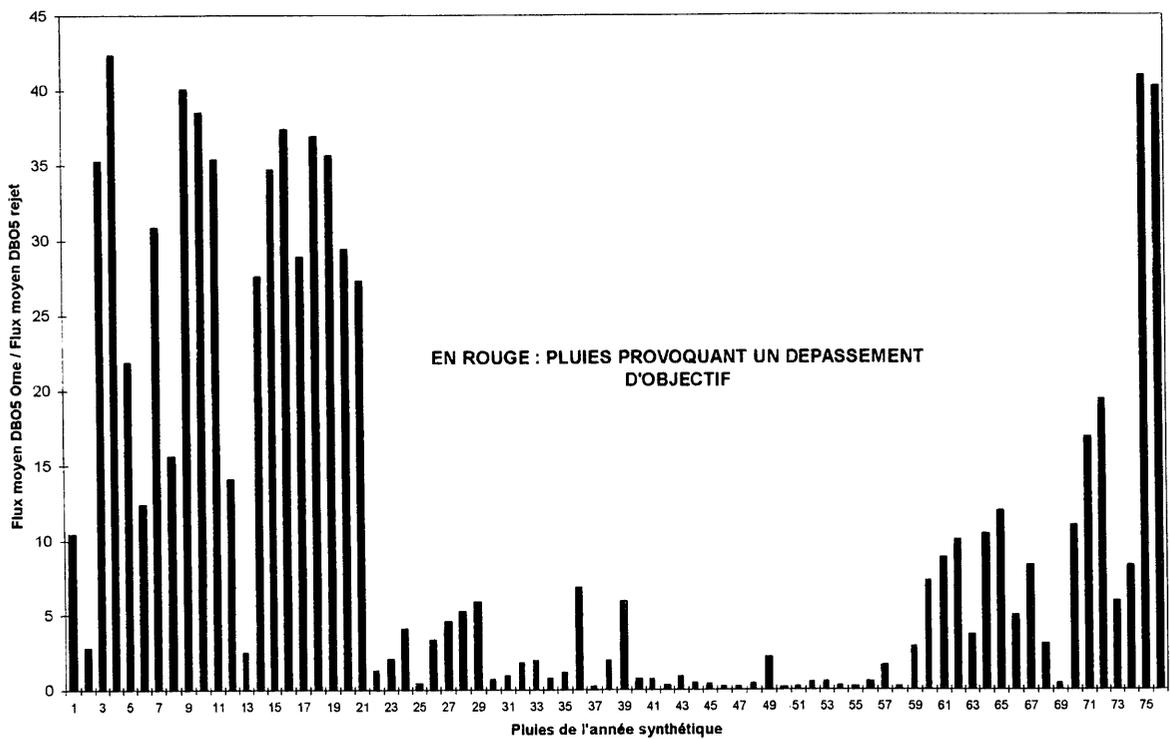


Figure 61

Evaluation de l'impact à partir d'un ratio "rivière/rejet" basé sur le flux moyen de DBO₅



Ebauche de méthode simplifiée

On connaît les débits et les flux de pollution rejetés par le système d'assainissement étudié, à ses différents exutoires, par temps sec et par temps de pluie, à partir de la modélisation "réseau" et des simulations réalisées sur la base des données de l'année synthétique de pluie. On connaît également certaines données de base sur la rivière : statistiques sur les débits (débits moyens mensuels, annuels, débits d'étiage, ...), mesures régulières de qualité, période critique.

Le principe consiste à évaluer l'impact d'un rejet sur la rivière en termes de dépassement d'objectifs, à partir de critères comme les caractéristiques du rejet (débit moyen, concentration moyenne, charge de pollution, durée de déversement) et celles de la rivière sur sa portion étudiée (débit moyen, concentration moyenne).

Dans le cadre de l'étude Orne, deux ratios "rivière/rejet" ont été calculés pour chacune des 76 pluies de l'année synthétique, à partir de ces critères et pour le cas du rejet du Rapt à Rombas (principal rejet de la zone d'étude provoquant les impacts dans l'Orne les plus importants) :

- 1) $\{\text{Débit moyen mensuel de l'Orne}\} / \{\text{Débit moyen du rejet pour la pluie considérée}\}$,
le débit moyen du rejet étant obtenu en divisant le volume total rejeté par la durée de déversement ;
- 2) $\{\text{Flux moyen de DBO}_5 \text{ "bruit de fond" de l'Orne}\} / \{\text{Flux moyen DBO}_5 \text{ du rejet}\}$,
le flux moyen de DBO₅ "bruit de fond" de l'Orne étant le produit de la concentration "temps sec" par le débit moyen mensuel,
le flux moyen de DBO₅ du rejet étant obtenu en divisant la charge totale rejetée par la durée de déversement.

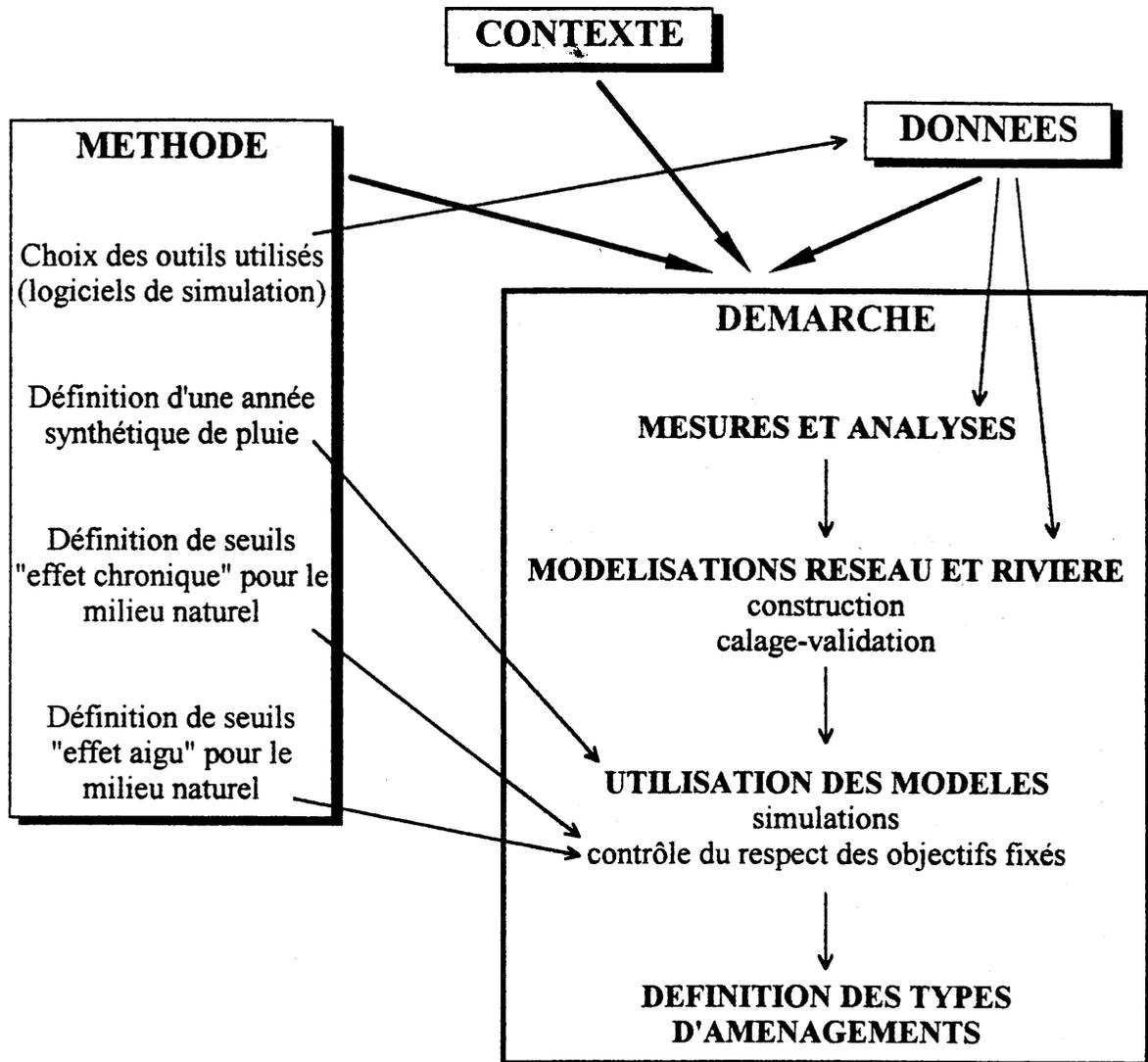
Les deux graphes présentés (*voir figures 60 et 61*) expriment ces ratios sous forme d'histogrammes, en distinguant (couleur rouge) les 25 pluies qui provoquent un dépassement des seuils correspondant à l'objectif classe 2, pour la DBO₅ et à l'aval du rejet du Rapt. On constate que :

- Le ratio calculé à partir des débits moyens est toujours inférieur à 200 pour les 25 pluies qui provoquent un dépassement de seuil (en excluant la pluie P60, ce ratio limite est ramené à 130). Il existe cependant 9 pluies qui n'ont pas provoqué de dépassement et dont le ratio est inférieur à 200. Par cette méthode, on surestime donc de 12 % le nombre annuel de pluies qui provoquent un dépassement de seuil.
- Le ratio calculé à partir des flux moyens de DBO₅ est toujours inférieur à 7 pour les 25 pluies qui provoquent un dépassement de seuil (en excluant la pluie P60, ce ratio limite est ramené à 3). Il existe cependant 20 pluies qui n'ont pas provoqué de dépassement et dont le ratio est inférieur à 7. Par cette méthode, on surestime donc de 26 % le nombre annuel de pluies qui provoquent un dépassement de seuil.

Sur ces bases, et en combinant les approches "débit" et "flux de DBO₅", on obtient une évaluation par excès (12 %) du nombre annuel de pluies pouvant provoquer un dépassement du seuil de DBO₅ correspondant à l'objectif classe 2. Ce nombre de pluies permettra de décider de la mise en oeuvre ou non d'une modélisation lourde.

Ainsi, par exemple, si, en un site donné, seules 10 % des pluies annuelles présentent un risque de dépassement de seuil, la probabilité de non-respect des objectifs "effet chronique" est quasiment nulle et, en conséquence, une modélisation lourde est probablement inutile.

Figure 62
Organigramme de la démarche reproductible à d'autres sites



IX - CONCLUSION

Rappel de l'objectif de l'étude :

L'objectif de la présente étude est de bâtir et de valider une méthodologie, basée sur la définition d'indicateurs d'évaluation de la qualité d'une rivière et permettant :

- d'évaluer si la partie concernée du cours d'eau est soumise à un impact qualitatif du fait des rejets urbains de temps de pluie ;
- le cas échéant, de définir les aménagements à prévoir sur le système d'assainissement (réseau et usine d'épuration) pour résoudre ce problème.

Principales avancées méthodologiques :

Les principales avancées méthodologiques constatées à l'issue de cette étude concernent :

- l'analyse et le traitement statistique des données pluviométriques locales, permettant de définir une année synthétique de pluie ;
- la définition d'indicateurs d'évaluation des risques de mortalités piscicoles ;
- l'évaluation, par le biais de la modélisation de l'ensemble des volumes et des charges de pollution rejetés annuellement par le réseau d'assainissement et de la qualité d'une rivière pour différents scénarios ;
- la définition de l'approche à adopter pour définir les types d'aménagements à prévoir sur le système d'assainissement.

Recherches complémentaires nécessaires :

Les étapes, pour lesquelles l'étude Orne a montré la nécessité d'améliorer les connaissances en entamant ou en poursuivant des recherches, concernent essentiellement deux domaines :

- la définition d'indicateurs servant de base à la définition des objectifs "effet aigu", qui demanderaient sans doute à être validés sur d'autres sites et qui, de toute manière, dépendent des usages affectés à l'eau de la rivière concernée ;
- la définition d'indicateur(s) biologique(s) fiable(s) permettant d'évaluer l'effet cumulatif lié à l'impact des rejets urbains de temps de pluie sur un cours d'eau.

Démarche reproductible à d'autres sites :

La démarche pouvant être adoptée sur d'autres sites peut se résumer par l'organigramme présenté (*voir figure 62*).

La partie "Contexte" regroupe la définition du contexte (notamment le bassin versant, le système d'assainissement et la portion de rivière étudiés) et des objectifs de l'étude à mener.

La partie "Données" représente l'acquisition des données de base nécessaires à la construction des modèles "réseau" et "rivière", autour des logiciels de simulation choisis. Les données de base à acquérir dépendent donc en grande partie du choix des logiciels.

La partie "Méthode" correspond aux avancées méthodologiques issues de l'étude réalisée sur l'Orne et qui constituent les éléments reproductibles pour d'autres sites.

S'il n'est pas possible d'assumer l'une de ces trois parties (absence de données de base, impossibilité de définir des objectifs ou une année synthétique, ...), l'étude de l'impact des rejets urbains de temps de pluie dans la rivière est impossible à réaliser, sauf opérations préliminaires (levés topographiques des réseaux d'assainissement, par exemple).

Enfin, la partie "Démarche" représente le corps de l'étude à mener. Elle comprend notamment :

- les mesures de terrain, sur le système d'assainissement et le milieu naturel, ainsi que les analyses correspondantes ;
- la construction des modèles "réseau" et "rivière", ainsi que leur calage et leur validation par rapport aux mesures effectuées ;
- l'utilisation de ces modèles pour simuler les différents scénarios permettant de contrôler le respect ou le non-respect des objectifs de qualité fixés pour le milieu naturel ;
- la définition des types d'aménagements à prévoir sur le système d'assainissement, tant pour le respect des objectifs de qualité que pour celui des règles de fonctionnement imposées au système d'assainissement.

BIBLIOGRAPHIE

AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE.-

Assainissement des agglomérations : objectifs de protection des milieux par temps de pluie. Eléments méthodologiques.- Note DCT/DMN, DP/JLS/JFZ, avril 1992.

AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE.-

Dossier qualité des eaux superficielles du bassin Rhin-Meuse, Actualisation 1988-1991.- Rapport et carte, Direction Régionale de l'Environnement Lorraine, juin 1993.

AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE.-

Réseau National de Bassin Rhin-Meuse. Synthèse des résultats, année 1992.- Rapport, Direction Régionale de l'Environnement Lorraine, novembre 1993.

AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE.-

Modèle mathématique de l'Orne.- Note interne, années 80.

ANJOU-RECHERCHE Branche "Assainissement".-

Etude de l'impact des déversements en temps de pluie dans l'Orne. Protocoles détaillés des mesures de terrain et des analyses.- Rapport, juin 1994.

BUJON, G ; HERREMANS, L.-

FLUPOL. Modèle de prévision des débits et des flux polluants en réseaux d'assainissement par temps de pluie. Calage et validation.- In : "La Houille Blanche" n°2, 1990.

BUJON, G ; HERREMANS, L.-

KALPLAN : un modèle de prévision de l'impact de rejets permanents ou intermittents sur la qualité des rivières.- Interurba workshop, Wageningen, avril 1992.

Documentation Technique F.N.D.A.E. N°6.-

Les bassins d'orage sur les réseaux d'assainissement. Expérience acquise à partir des réalisations actuelles.- Rapport, mars 1988.

ECOLOR.-

Milieu et qualité biologique des cours d'eau. Analyse des données Esch et Orne, 1991 et 1992.- Rapport, Agence de l'Eau Rhin-Meuse, 1992.

HERREMANS, L ; BERTRAND-KRAJEWSKI, JL ; BREUIL, B ; RENARD, D.-

Les moyens de réduire les rejets ou les impacts.- Exposé introductif du Thème 3, 146^{ème} session du Comité Technique de la Société Hydrotechnique de France, Paris, 1993.

HERREMANS, L ; BERTRAND-KRAJEWSKI, JL ; LE PODER, N.-

In : TSM numéro spécial "Pluvial", chapitre 5, les solutions techniques, décembre 1995.

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE CHIMIQUE APPLIQUEE, Laboratoire Régional du Nord, Département Eaux-biologie.-

Etude des eaux résiduaires des communes du Syndicat de l'Orne. Mesures du 25/10 au 16/11/82.- Rapport de mesures, Agence Financière de Bassin Rhin-Meuse, décembre 1982.

LES PECHEURS DE L'ORNE.-

Recueil d'articles sur l'Orne.- Articles 1 à 8, 1988.

MISSION DELEGUEE DE BASSIN RHIN-MEUSE.-

Hauteurs des précipitations journalières décennales de la France du Nord-Est.- Carte et note explicative, juin 1981.

MULLER, O.-

Etude de l'impact des rejets urbains par temps de pluie dans la rivière Orne.- Mémoire de 3^{ème} année de l'Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg, rapport de D.E.A., Universités de Metz, Strasbourg et Rouen, Centre des Sciences de l'Environnement, septembre 1995.

SETUDE.-

Syndicat Intercommunal d'Assainissement de la Vallée de l'Orne. Etude diagnostic des réseaux d'assainissement.- Rapports des phases I, II, III et IV, 1989-1990.

UNIVERSITE DE METZ, Faculté des Sciences, Laboratoire d'Ecologie.-

Répartition et passage de polluants métalliques dans divers compartiments inertes et vivants d'un cours d'eau. Première partie : estimation du degré de pollution métallique de l'eau, des matières en suspension et des sédiments de l'Orne.- Rapport final, Ministère de l'Environnement convention N°81.370, mai 1985.

URBONAS, B ; STAHRÉ, P.-

Stormwater. Best management practices and detention for water quality, drainage and CSO management.- PTR Prentice Hall, ISBN N° 0-13-847492-3, 1993.

RAPPORTS ANNEXES

ANJOU-RECHERCHE Branche "Assainissement".-

Etude méthodologique de l'impact des déversements en temps de pluie : application à la rivière Orne (57). Module M, éléments M1, M2 et M3, mesures de terrain et analyses.- Rapport de module, Agence de l'Eau Rhin-Meuse, septembre 1995.

ANJOU-RECHERCHE Branche "Assainissement".-

Etude méthodologique de l'impact des déversements en temps de pluie : application à la rivière Orne (57). Module AS, éléments AS1 et AS2, analyse du site et analyse pluviométrique.- Rapport de module, Agence de l'Eau Rhin-Meuse, octobre 1995.

ANJOU-RECHERCHE Branche "Assainissement".-

Etude méthodologique de l'impact des déversements en temps de pluie : application à la rivière Orne (57). Module AP, éléments AP1 et AP2, analyse prospective des indices d'effet.- Rapport de module, Agence de l'Eau Rhin-Meuse, octobre 1995.

ANJOU-RECHERCHE Branche "Assainissement".-

Etude méthodologique de l'impact des déversements en temps de pluie : application à la rivière Orne (57). Module MOD, utilisation des modèles de calcul (réseau et rivière).- Rapport de module, Agence de l'Eau Rhin-Meuse, novembre 1995.