



**ANJOU RECHERCHE**

Immeuble "Le Dufy"  
1 Place de Turenne  
F-94 417 SAINT-MAURICE Cedex  
Tél. : 01.49.76.52.52  
Fax. : 01.49.76.52.79



**ETUDE METHODOLOGIQUE D'UTILISATION DES DONNEES DE  
PLUIE – APPLICATION AU CAS DE L'ORNE**

**RAPPORT FINAL**

Rédacteurs

Christophe ZOBRIST

Equipe de projet

Christophe ZOBRIST  
Mathieu ZUG

Client

Agence de l'Eau Rhin-Meuse

Demandeur

Agence de l'Eau Rhin-Meuse

## **RESUME**

La modélisation mathématique est désormais reconnue comme un outil incontournable pour mieux comprendre le fonctionnement des réseaux d'assainissement, en permettant de simuler les débits et les flux polluants, par temps sec et par temps de pluie. Ceci permet d'estimer, pour une infinité de scénarios, les volumes et les charges polluantes arrivant à la station d'épuration, ainsi que ceux déversés au milieu naturel. Mais il est important de préciser que la qualité des résultats des simulations dépend de la qualité des actions de calage et de validation effectuées sur le modèle concerné. Un des principaux intérêts de la modélisation est de pouvoir simuler des longues séries de pluie, afin de pouvoir fournir, par exemple, des résultats à l'échelle annuelle et de ne pas s'en tenir à une approche de fonctionnement du réseau pour des événements pluvieux isolés.

Depuis 2002, une étude méthodologique est menée par Anjou Recherche, pour le compte des agences de l'eau Rhin-Meuse et Seine-Normandie, et en partenariat avec Météo-France. L'objectif principal de cette étude est de tenter d'apporter des éléments de réponses aux questions suivantes :

- Existe-t-il une méthode optimale pour décrire et construire des chroniques annuelles de pluie, permettant d'obtenir, par la simulation, les bilans annuels les plus "pertinents" ?
- Est-il nécessaire pour cela d'utiliser un modèle de réseau d'assainissement complètement calé et validé (c'est à dire par temps sec et par temps de pluie, en hydraulique et en pollution) ?

Pour tenter de répondre à ces questions, deux modèles de réseau déjà existants, construits lors d'études précédemment menées, ont été utilisés. Le premier modèle décrit le réseau d'assainissement du SIAVO (Syndicat Intercommunal d'Assainissement de la Vallée de l'Orne), près de Metz. Ce modèle a été construit en 1994 dans le cadre d'une étude menée pour le compte de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse, le logiciel de simulation alors utilisé étant FLUPOL. Ce modèle comprend 238 nœuds de calculs (dont 40 correspondent à des points de rejet vers le milieu naturel) et 103 sous-bassins versants, pour une superficie globale de 1028 hectares et un linéaire de collecteurs modélisés d'environ 100 km (unitaires et séparatifs). Le modèle "Orne" a été transformé afin de pouvoir être utilisé avec le logiciel HYDROWORKS-DM™, et seul le niveau final (complet) de calage et de validation a été considéré dans le cadre de la présente étude.

Parallèlement, sur la base d'un cahier des charges établi avec les agences de l'eau, il a été demandé à Météo-France de construire différentes séries annuelles de pluie (synthétiques et réelles), pour chacun des deux sites d'application retenus, à partir des données disponibles sur les stations météorologiques les plus proches (Metz-Frescaty pour le modèle "Orne").

L'étape la plus importante de la présente étude consiste à simuler, pour le modèle considéré, les différentes séries annuelles de pluie, et de comparer les résultats obtenus. Afin de simplifier l'étude, il a été décidé de n'exprimer, pour chaque série annuelle, que les volumes et charges mensuels (pour les paramètres MES, DBO<sub>5</sub>, DCO et NTK) arrivant à la station d'épuration et rejetés au milieu naturel (par l'ensemble des points de rejet).

**Mots clés :** modélisation / réseau d'assainissement / séries annuelles de pluie

# SOMMAIRE

<b>Préliminaire</b>	<b>9</b>
<b>PARTIE 1 - INTRODUCTION : LE CONTEXTE, LES OBJECTIFS ET LA METHODOLOGIE DE L'ETUDE</b>	<b>11</b>
<b>1.1. Le contexte de l'étude</b>	<b>12</b>
<b>1.2. Les objectifs de l'étude</b>	<b>13</b>
<b>1.3. La méthodologie de l'étude</b>	<b>13</b>
<b>PARTIE 2 - LE MODELE DE RESEAU D'ASSAINISSEMENT UTILISE</b>	<b>14</b>
<b>2.1. Généralités</b>	<b>15</b>
<b>2.2. Le logiciel FLUPOL</b>	<b>15</b>
<b>2.3. Le modèle initial construit sous FLUPOL</b>	<b>16</b>
<b>2.4. Le logiciel HYDROWORKS-DM™</b>	<b>17</b>
<b>2.5. Le transfert du modèle sous HYDROWORKS-DM™</b>	<b>17</b>
2.5.1. Définition des coordonnées XYZ des nœuds de calcul	18
2.5.2. Regroupement en un seul modèle	19
2.5.3. Création d'un intercepteur fictif	19
2.5.4. Nouveau mode de description des déversoirs d'orage	20
<b>2.6. Conclusions pour le modèle de réseau utilisé</b>	<b>21</b>
<b>PARTIE 3 - LES SCENARIOS DE PLUIE RETENUS</b>	<b>22</b>
<b>3.1. Introduction</b>	<b>23</b>
<b>3.2. Les années synthétiques</b>	<b>23</b>
3.2.1.1. Méthodologie générale	23
3.2.1.2. Conclusions	24
3.2.2. Principales exigences du cahier des charges pour Météo-France	25
3.2.3. L'année synthétique déjà construite (AS1)	25
3.2.4. Constitution d'une deuxième année synthétique (AS2)	26
3.2.5. Constitution d'une troisième année synthétique (AS3)	27

3.2.6. Traitements complémentaires effectués par Anjou Recherche	28
<b>3.3. Les années réelles et la très longue série réelle</b>	<b>29</b>
3.3.1. Principales exigences du cahier des charges pour Météo-France	29
3.3.2. Sélection d'une première année réelle (AR1)	30
3.3.3. Sélection d'une deuxième année réelle (AR2)	30
3.3.4. Sélection de la très longue série réelle (TLSR)	30
3.3.5. Traitements complémentaires effectués par Anjou Recherche	31
<b>3.4. Conclusions pour les scénarios de pluie retenus</b>	<b>32</b>
<b>PARTIE 4 - L'ENVIRONNEMENT ET LE DEROULEMENT DES SIMULATIONS</b>	<b>34</b>
<b>4.1. Introduction</b>	<b>35</b>
<b>4.2. Les types de résultats à exprimer</b>	<b>35</b>
4.2.1. Où sont exprimés les résultats ?	35
4.2.2. Pour quelles périodes de référence ?	36
4.2.3. Pour quels paramètres ?	36
<b>4.3. Définition de l'environnement des simulations</b>	<b>36</b>
4.3.1. Les fichiers utilisés pour les simulations	37
4.3.1.1. Les fichiers de base (modèle de réseau d'assainissement)	37
4.3.1.2. Les fichiers de pluie	37
4.3.1.3. Les fichiers d'état initial	37
4.3.2. Les hypothèses de calcul retenues	38
<b>4.4. Le déroulement des simulations</b>	<b>40</b>
<b>PARTIE 5 - LES CONTROLES DE COHERENCE DES RESULTATS (COMPARAISONS FLUPOL / HYDROWORKS-DM™)</b>	<b>42</b>
<b>5.1. Introduction</b>	<b>43</b>
<b>5.2. Comparaison pour le temps sec</b>	<b>43</b>
<b>5.3. Comparaison pour des évènements pluvieux isolés</b>	<b>44</b>
5.3.1. Pluie du 14/09/94	44
5.3.2. Pluie du 15/11/94	45
5.3.3. Pluie du 19/12/94	47
<b>5.4. Comparaison pour l'année synthétique AS1</b>	<b>48</b>

5.4.1. Le bilan annuel obtenu avec HYDROWORKS-DM™	48
5.4.2. Le bilan annuel présenté lors de l'étude précédente	49
5.4.3. Procédure comparative	51
<b>PARTIE 6 - LA SYNTHÈSE ET L'ANALYSE DES RESULTATS OBTENUS</b>	<b>53</b>
<b><u>6.1. Le mode de présentation des résultats adopté</u></b>	<b><u>54</u></b>
<b><u>6.2. Présentation d'une année fictive de temps sec (TS)</u></b>	<b><u>54</u></b>
<b><u>6.3. Les résultats obtenus à partir des simulations mensuelles effectuées</u></b>	<b><u>56</u></b>
6.3.1. La 1ère année réelle (AR1 1998)	56
6.3.2. La 2ème année réelle (AR2 1987)	57
6.3.3. La 1ère année de la très longue série réelle (TLSR 1996)	58
6.3.4. La 2ème année de la très longue série réelle (TLSR 1997)	59
6.3.5. La 3ème année de la très longue série réelle (TLSR 1998)	60
6.3.6. La 4ème année de la très longue série réelle (TLSR 1999)	61
6.3.7. La 5ème année de la très longue série réelle (TLSR 2000)	62
6.3.8. La 6ème et dernière année de la très longue série réelle (TLSR 2001)	63
6.3.9. La 1ère année synthétique (AS1)	64
6.3.10. La 2ème année synthétique (AS2)	65
6.3.11. La 3ème année synthétique (AS3)	66
<b><u>6.4. Présentation d'une année moyenne pour la très longue série réelle (TLSR MOY)</u></b>	<b><u>67</u></b>
<b><u>6.5. Présentation et analyse des bilans annuels</u></b>	<b><u>68</u></b>
6.5.1. Présentation des bilans annuels sous forme de tableaux	68
6.5.2. Présentation des bilans annuels sous forme de graphiques	69
6.5.3. Répartition entre somme des rejets et entrée station	72
6.5.4. Recherche de corrélations entre paramètres	73
6.5.4.1. Entre volumes ou charges rejetés et hauteurs de pluie	73
6.5.4.2. Entre volumes ou charges en entrée station et hauteurs de pluie	74
6.5.4.3. Entre volumes ou charges globaux et hauteurs de pluie	74
6.5.4.4. Entre charges rejetées et volumes rejetés	74
6.5.4.5. Entre charges en entrée station et volumes en entrée station	75
6.5.4.6. Entre charges globales et volumes globaux	75
6.5.5. Eléments d'analyse comparative pour les deux années réelles	75

6.5.6. Eléments d'analyse comparative pour les trois années synthétiques	77
<b>PARTIE 7 - CONCLUSIONS</b>	<b>78</b>
<b>7.1. Rappel de l'objectif principal de notre démarche</b>	<b>79</b>
<b>7.2. Complexité de mise en œuvre des scénarios de pluie</b>	<b>79</b>
7.2.1. Une ou des années réelles "isolées"	79
7.2.2. Une très longue série d'années réelles avec établissement d'une année moyenne	80
7.2.3. Une année synthétique de pluie	80
7.2.4. Synthèse concernant les scénarios de pluie	81
<b>7.3. Comparaison relative des résultats</b>	<b>81</b>
7.3.1. Synthèse concernant la comparaison relative des résultats	83
<b>7.4. En guise de conclusion ...</b>	<b>84</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>86</b>

## **PRELIMINAIRE**

La présente étude, précisément intitulée "Etude méthodologique d'utilisation des données de pluie et de différents niveaux de modèle - Application au cas de l'Orne", a été commandée en janvier 2002 par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse à Anjou Recherche, sous la forme d'un Marché Négocié (N°01CTS108) passé en application de l'Article 35-III-4° du nouveau Code des Marchés Publics.

Elle a été menée en parallèle avec une étude au contenu semblable, confiée également à Anjou Recherche par l'Agence de l'Eau Seine-Normandie, dans le cadre d'une Convention d'Aide Financière (N°013319) signée en juillet 2001. Cette étude est intitulée "Comparaison des résultats de simulations pour différentes données de pluie et différents niveaux de modèles".

Ces deux études, donnant lieu à deux rapports distincts, forment cependant un ensemble cohérent et homogène, pour lequel de nombreuses hypothèses, méthodes et analyses ont été mises en commun.

Anjou Recherche s'est notamment appuyé, pour la réalisation de ces deux études, sur les compétences de la Division Hydrologie de la Direction de la Climatologie de Météo-France, à qui a été sous-traitée, sur la base d'un cahier des charges commun, la production des données de pluie.

### **Rappel du contenu de l'étude menée en parallèle pour le compte de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie**

*Le premier but de cette étude est identique à l'objectif de l'étude présentée ici : apporter des éléments de réponses sur le choix le plus pertinent à adopter pour la description de la pluie dans les simulations des réseaux d'assainissement.*

*L'idée est donc de comparer, sur un site d'application pour lequel on dispose déjà d'un modèle "réseau" calé et validé, les résultats de simulations effectuées pour différents types de données de pluie, et plus particulièrement des longues séries chronologiques à l'échelle mensuelle et annuelle.*

*La comparaison des résultats des simulations, associée à des critères de pertinence des résultats obtenus, mais aussi à la facilité de mise en œuvre des scénarios de simulations, pourrait permettre d'apporter des éléments de réponses aux questions posées.*

*Le second but de cette étude, qui n'existe pas dans l'étude présentée ici, est, dans la mesure où l'on a conservé la trace des grandes étapes de calage et de validation d'un modèle donné, de pouvoir comparer, pour chaque scénario annuel de pluie retenu, les résultats des simulations effectuées pour chacun des niveaux de modèle correspondant à ces grandes étapes.*

*Cette comparaison doit permettre d'apporter des éléments de réponse sur la nécessité de mettre en œuvre une modélisation à la fois quantitative (débits et volumes) et qualitative (flux et charges de pollution).*

*En effet, si la modélisation quantitative (ou hydraulique) des réseaux d'assainissement semble désormais représenter un outil incontournable et assez bien maîtrisé, en technique et en coûts, la modélisation qualitative nécessite quant à elle une grande expertise, à la fois en termes de développement d'équations et d'utilisation de logiciels. Le problème principal réside dans le calage et la validation qualitative du modèle, notamment par temps de pluie : ces actions de calage et de validation impliquent des campagnes de mesures et de prélèvements assez lourdes, en moyens à mettre en œuvre (personnels et matériels) et donc en coûts.*

*Il paraît donc intéressant d'apporter des éléments de réponses à la question : "une modélisation hydraulique associée à des notions qualitatives simplifiées (concentrations moyennes) suffit-elle pour obtenir des résultats corrects, ou bien est-il nécessaire de recourir à une modélisation complète (hydraulique et pollution) ?", même si ces éléments de réponses ne sont pas forcément extrapolables à d'autres sites.*

*Pour tenter de répondre aux deux objectifs définis, la méthodologie retenue pour l'étude menée pour le compte de l'Agence Seine-Normandie est la suivante :*

- Choix d'un site d'application, pour lequel un modèle de réseau d'assainissement existe déjà, et a déjà fait l'objet d'actions de calage et de validation, en hydraulique et en pollution, par rapport à des mesures de terrain. Ce choix doit impérativement concerner un site pour lequel les différents niveaux de modèle, correspondant aux grandes étapes de calage et de validation, ont été sauvegardés et sont parfaitement connus.*
- Définition de plusieurs scénarios de pluie, basés sur de longues séries chronologiques à l'échelle annuelle.*
- Définition d'un environnement cohérent pour l'ensemble des simulations (choix des types de résultat à obtenir, définition des hypothèses de simulation, ...), permettant la comparaison des résultats obtenus.*
- Contrôle de cohérence du modèle utilisé, en comparant certains résultats avec ceux déjà obtenus par le passé, pour des données de pluie communes. Ce contrôle de cohérence concernera bien sûr uniquement le niveau final de calage et de validation du modèle.*
- Réalisation des simulations, synthèse et analyse des résultats obtenus. Deux grands types d'analyses, correspondant aux deux objectifs définis pour l'étude, seront bien entendu distingués :
  - . Le premier concerne les comparaisons, pour le niveau final de calage et de validation du modèle, des résultats obtenus pour les différents scénarios de pluie retenus.*
  - . Le second concerne les comparaisons, pour chaque scénario de pluie, des résultats obtenus pour les différents niveaux de calage et validation retenus.**
- Principales conclusions que l'on peut tirer de ces analyses.*

*Le site retenu dans le cadre de cette étude est le réseau d'assainissement de la ville de Grand-Couronne, en banlieue de Rouen, modélisé lors d'une étude menée entre 1997 et 2000 et intitulée "Etude de définition du débit de référence d'une station d'épuration : application au système d'assainissement de Grand-Couronne", réalisée pour le compte de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie.*

## **PARTIE 1 - INTRODUCTION : LE CONTEXTE, LES OBJECTIFS ET LA METHODOLOGIE DE L'ETUDE**

## 1.1. LE CONTEXTE DE L'ETUDE

La modélisation est désormais un outil reconnu d'aide à la connaissance du fonctionnement des réseaux d'assainissement, qu'ils soient unitaires ou séparatifs. Elle permet en effet de simuler les débits et, le cas échéant, les flux de pollution transitant en tout point d'un réseau, par temps sec et par temps de pluie, pour un grand nombre de scénarios.

Elle permet notamment d'estimer, pour tout type de scénario, ce qui va entrer à l'usine d'épuration, à l'aval du réseau, ainsi que ce qui est rejeté vers le milieu naturel, via les différents points de rejets existants (déversoirs d'orage, trop-pleins de postes de pompage, exutoires de réseaux pluviaux séparatifs, ...). La modélisation des réseaux d'assainissement permet également, selon le logiciel utilisé, de définir les tronçons présentant un risque de mise en charge (inondations) ou d'encrassement.

Elle permet enfin de simuler toute une série de scénarios d'aménagements (nouveaux apports, réglage des déversoirs, modification des postes de pompage, augmentation de la capacité des collecteurs, implantation de bassins de stockage, ...) et d'estimer le dimensionnement des ouvrages correspondants.

Cependant, il convient de rappeler que cette utilisation des modèles ne peut se faire que sur la base de modèles calés et validés, c'est à dire sensés représenter de façon satisfaisante la réalité. Il devrait donc toujours exister trois étapes obligées avant toute utilisation de modèles :

- la construction du modèle ;
- les mesures de terrain (débits, pluie et, le cas échéant, qualité) ;
- le calage et la validation du modèle par rapport à ces mesures de terrain.

Le modèle "réseau" calé et validé, la principale donnée d'entrée de la simulation reste alors la définition de la pluie ou de la série de pluies que l'on souhaite simuler.

Historiquement, outre des pluies réelles isolées, on a longtemps utilisé des pluies de projet synthétiques, de périodes de retour connues, issues de courbes "intensité-durée-fréquence".

Depuis une quinzaine d'années, on utilise également des pluies issues d'une classification opérée, sur la base du couple hauteur/durée, à partir d'un inventaire des pluies réelles observées sur une longue période. La définition de classes de pluies permet de sortir de l'approche "ponctuelle" du fonctionnement du réseau imposée par la simulation de pluies de projet, mais ne permet pas d'appréhender l'impact sur le fonctionnement pour une succession de pluies.

C'est pourquoi sont apparues, depuis quelques années, la notion d'année synthétique et de longues séries chronologiques réelles (mois, années, ...), intégrant la succession d'évènements pluvieux et de périodes de temps sec les séparant.

Il existe donc désormais de nombreuses façons de décrire la pluie en tant que donnée d'entrée de simulations du fonctionnement des réseaux d'assainissement. Cependant, les Maîtres d'Ouvrages sont souvent confrontés à un choix peu évident lorsqu'il s'agit de fixer une description de pluie répondant de façon pertinente à un objectif donné.

## 1.2. LES OBJECTIFS DE L'ETUDE

Le but de cette étude est d'apporter des éléments de réponses sur le choix le plus pertinent à adopter pour la description de la pluie dans les simulations des réseaux d'assainissement.

Bien entendu, ce choix dépendra avant tout des objectifs attendus des simulations. Parmi les objectifs auxquels peut répondre la modélisation des réseaux d'assainissement, on peut citer, par exemple :

- l'estimation, en un point du réseau modélisé, des débits et volumes (et éventuellement flux polluants et charges) qui y transitent ;
- l'estimation des débits et volumes (et éventuellement flux polluants et charges) arrivant en entrée d'usine d'épuration ;
- l'estimation des débits et volumes (et éventuellement flux polluants et charges) rejetés au milieu naturel, au droit de tous les points de rejet ;
- le dimensionnement des aménagements hydrauliques à prévoir sur le réseau (modification, suppression ou création de déversoirs d'orage, de vannes, de postes de pompage, de bassins de stockage).

En particulier, les nouvelles contraintes réglementaires en matière d'auto-surveillance imposent désormais aux exploitants de réseaux d'assainissement de connaître les débits et les flux de pollution rejetés au milieu naturel, à travers des bilans mensuels et annuels.

L'idée développée dans la présente étude est donc de comparer, sur un site d'application pour lequel on dispose déjà d'un modèle "réseau" calé et validé, les résultats de simulations effectuées pour différents types de données de pluie, et plus particulièrement des longues séries chronologiques à l'échelle mensuelle et annuelle.

La comparaison des résultats des simulations, associée à des critères de pertinence des résultats obtenus, mais aussi à la facilité de mise en œuvre des scénarios de simulations, pourrait permettre d'apporter des éléments de réponses aux questions posées.

## 1.3. LA METHODOLOGIE DE L'ETUDE

A partir de là, la méthodologie retenue pour l'étude est la suivante :

- Choix d'un site d'application, pour lequel un modèle de réseau d'assainissement existe déjà, et a déjà fait l'objet d'actions de calage et de validation par rapport à des mesures de terrain.
- Définition de plusieurs scénarios de pluie, basés sur de longues séries chronologiques à l'échelle annuelle.
- Définition d'un environnement cohérent pour l'ensemble des simulations (choix des types de résultat à obtenir, définition des hypothèses de simulation, ...), permettant la comparaison des résultats obtenus.
- Contrôle de cohérence du modèle utilisé, en comparant certains résultats avec ceux déjà obtenus par le passé, pour des données de pluie communes.
- Réalisation des simulations, synthèse et analyse des résultats obtenus.
- Principales conclusions que l'on peut tirer de cette analyse.

Le site retenu dans le cadre de la présente étude est le réseau d'assainissement du SIAVO (Syndicat Intercommunal d'Assainissement de la Vallée de l'Orne), modélisé lors d'une étude menée entre 1994 et 1996 et intitulée "Etude méthodologique de l'impact des déversements en temps de pluie : application à la rivière Orne", réalisée pour le compte de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse.

## **PARTIE 2 - LE MODELE DE RESEAU D'ASSAINISSEMENT UTILISE**

## 2.1. GENERALITES

Pour mener à bien la présente étude, il n'était pas question de reconstruire un modèle, puis de le caler et de le valider. L'idée est bien de réutiliser un modèle existant, déjà construit, calé et validé par rapport à des mesures.

Il a donc été décidé de réutiliser le modèle de réseau d'assainissement construit lors d'une étude précédente menée entre 1994 et 1996 et intitulée "Etude méthodologique de l'impact des déversements en temps de pluie : application à la rivière Orne", réalisée pour le compte de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse.

Ce modèle schématise le réseau d'assainissement du SIAVO (Syndicat Intercommunal d'Assainissement de la Vallée de l'Orne).

Cependant, le modèle avait été construit à l'époque pour être utilisé avec le logiciel FLUPOL. Or, depuis plusieurs années, Anjou Recherche utilise principalement, pour la modélisation des réseaux d'assainissement, le logiciel HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup>, dont le moteur hydraulique, notamment, est plus avancé que celui de FLUPOL.

Il a donc été décidé d'apporter les modifications nécessaires pour que le modèle initialement construit pour FLUPOL puisse être utilisé avec HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup>. Il est important de préciser que ces modifications sont purement formelles et ne modifient pas la structure du modèle.

## 2.2. LE LOGICIEL FLUPOL

Le logiciel FLUPOL a été mis au point conjointement par la Compagnie 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 nœud du réseau, bilan des débits et des flux de pollution entrants et sortants en fonction des caractéristiques de chacun des nœuds (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 simulés sont, outre le débit, les MES, la DBO<sub>5</sub>, la DCO et NTK. FLUPOL est un logiciel de type conceptuel, applicable à n'importe quel type de bassin versant urbain.

La mise en œuvre du logiciel FLUPOL 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 nœuds.

FLUPOL dispose d'une bibliothèque de points singuliers dont les caractéristiques sont à définir au cas par cas. 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).

### 2.3. LE MODELE INITIAL CONTRUIT SOUS FLUPOL

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

Enfin, l'étude diagnostic des réseaux d'assainissement du SIAVO (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 réseau modélisé est principalement unitaire, mais quelques collecteurs séparatifs (eaux pluviales) ont été également modélisés. Le réseau concerne 10 communes et 49 000 habitants. Il aboutit à l'aval à une unique station d'épuration.

Les principales caractéristiques du modèle construit sont :

- Surface totale modélisée : 1 030 hectares, dont 315 hectares imperméabilisés (coefficient d'imperméabilisation moyen de 30 %), répartis en 103 bassins versants élémentaires.
- Longueur totale de collecteurs modélisée : environ 46 kilomètres (soit un peu moins de 50 % du linéaire total réel de réseau) dont 4 kilomètres de collecteurs EP séparatifs, le reste en unitaire.
- Nombres de nœuds de calcul : 258, dont 46 exutoires (28 déversoirs d'orage, 8 trop-pleins de postes de pompage, 9 exutoires EP séparatifs, 1 entrée en station d'épuration).

Le modèle a fait l'objet d'un calage par temps sec, en hydraulique et en pollution, par rapport à différentes campagnes de mesures, puis d'un calage et de validations sur 4 événements pluvieux isolés (pluies des 14/09/1994, 24/09/1994, 15/11/1994 et 19/12/1994).

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) ont été globalement bons, voire excellents, la grande majorité des pics de débit dans les conduites étant respectée.

Le calage et la validation en pollution ont également été satisfaisants. Les MES ont été dans l'ensemble bien simulées, ainsi que la DBO<sub>5</sub> et la DCO, même si le calcul sous-estime parfois la mesure. Enfin, les valeurs de NTK ont été en général surévaluées, mais les ordres de grandeur sont respectés de façon satisfaisante.

## 2.4. LE LOGICIEL HYDROWORKS-DM™

HYDROWORKS-DM™ est un logiciel de calcul permettant l'évaluation, pour une pluie et un bassin ou un groupe de bassins versant donné, des débits, flux et concentrations de pollution en tout point d'un réseau d'assainissement unitaire ou séparatif. Il résulte de l'association d'Anjou Recherche avec Wallingford Software.

Historiquement, le moteur de calcul est basé sur l'hydraulique du logiciel SPIDA, conçu par Wallingford Software Ltd. La partie pollution résulte, quant à elle, de l'association de deux modèles : FLUPOL et MOSQUITO (développé en Grande-Bretagne par HR Wallingford Group Ltd.).

La modélisation sous HYDROWORKS-DM™ est de type déterministe en ce qui concerne l'hydraulique et de type conceptuel pour l'hydrologie et la pollution. Le logiciel tient compte d'une succession de phénomènes allant de l'accumulation des dépôts sur le sol à la remise en suspension éventuelle des sédiments dans les conduites. Les principaux phénomènes simulés sont les suivants :

- Les apports en débit et flux de pollution de sous-bassins versants élémentaires à partir des caractéristiques d'une pluie donnée et de celles des sous-bassins.
- L'évolution temporelle des dépôts sur le sol entre deux pluies consécutives et en fonction de son type d'occupation.
- Les hauteurs d'eau, les vitesses et les débits dans les différents collecteurs, ainsi que les hauteurs et les volumes au niveau des nœuds, permettant une prise en compte des mises en charge du réseau et des débordements.
- Les apports en eaux usées et en eau d'infiltration.
- La propagation dans chaque tronçon de conduite des débits et des flux de pollution en tenant compte du dépôt et de la remise en suspension des éventuels sédiments.
- L'évolution temporelle des dépôts dans les conduites d'assainissement en fonction de leurs caractéristiques et du flot de temps sec éventuel.
- Le contrôle en temps réel de l'ensemble des organes mobiles grâce à un fichier RTC (Real Time Control) qui permet d'affecter à chacun d'eux des consignes indépendantes liées à un état du système à un instant donné.

Les principaux paramètres simulés sont, outre le débit, les MES, la DBO<sub>5</sub>, la DCO, NTK et NH<sub>4</sub>.

Comme on peut le constater, HYDROWORKS-DM™ et FLUPOL possèdent des fonctions similaires. La grande différence réside dans le fait qu'HYDROWORKS-DM™, par la résolution complète des équations de Barré de Saint-Venant, prend en compte les phénomènes d'influence aval et gère plus efficacement les mises en charge dans les collecteurs, que l'hydraulique de FLUPOL ne peut approcher. En outre, les algorithmes décrivant le transport solide dans les collecteurs sont différents : FLUPOL utilise les équations de Vélikanov, alors qu'HYDROWORKS-DM™ utilise les équations d'Ackers-White.

## 2.5. LE TRANSFERT DU MODELE SOUS HYDROWORKS-DM™

Le modèle initialement construit pour FLUPOL a donc fait l'objet de modifications pour pouvoir être utilisé avec le logiciel HYDROWORKS-DM™.

Il est bien entendu que l'ensemble des composants (collecteurs unitaires et EP séparatifs, déversoirs d'orage, postes de pompage, ...) du réseau d'assainissement initialement modélisé sont également pris en compte dans le "nouveau" modèle. Aucune modification n'est apportée aux sections des collecteurs, à leurs longueurs, à leurs pentes, à leurs rugosités, ainsi qu'à l'arborescence initialement définie.

La schématisation du bassin versant et des apports de temps sec reste également la même : pas de modifications apportées au découpage en bassins versants élémentaires, aux coefficients d'imperméabilisation, aux pentes, aux allongements, aux fractions d'habitants raccordés, aux caractéristiques du flot de temps sec, aux débits d'infiltration.

Globalement, les seules modifications apportées au modèle sont les suivantes :

- Définition des coordonnées "XYZ" des nœuds de calcul, dont la définition est obligatoire sous HYDROWORKS-DM™.
- Regroupement des 4 sous-modèles construits sous FLUPOL (pour des raisons de limites de capacité de calcul) en un seul et unique modèle sous HYDROWORKS-DM™.
- Création d'un collecteur intercepteur fictif, reprenant tous les rejets au milieu naturel.
- Nouveau mode de description des déversoirs d'orage, car HYDROWORKS-DM™ ne peut pas simuler les déversoirs selon les modes simplifiés intégrés dans FLUPOL. Il convient de noter que le mode de fonctionnement de chaque déversoir reste inchangé.

### 2.5.1. DEFINITION DES COORDONNEES XYZ DES NŒUDS DE CALCUL

Sous HYDROWORKS-DM™, il est nécessaire d'affecter à chaque nœud de calcul des coordonnées spatiales X, Y et Z. X et Y sont, par exemple, des coordonnées de type Lambert, Z représente l'altitude du radier au niveau du nœud, sachant qu'il faut également définir l'altitude  $Z_{TN}$  du terrain naturel au niveau du nœud. Bien entendu, aucun de ces paramètres n'était défini dans le modèle initial construit sous FLUPOL, qui ne comporte que les longueurs des collecteurs entre deux nœuds et leurs pentes.

Il convient de noter cependant que, sous HYDROWORKS-DM™, il est également possible de définir une longueur de collecteur. Dans ce cas, c'est bien cette longueur qui est prise en compte dans les calculs, les coordonnées X et Y n'étant alors pas utilisées.

C'est pourquoi nous nous sommes contentés de définir des coordonnées X et Y "fictives", en partant d'une base de définition sur un nœud (A01, le nœud amont le plus à l'ouest du modèle, situé sur l'ossature principale du modèle), pour lequel on a fixé  $X=10\ 000$  et  $Y=10\ 000$  (mètres). En règle générale, les longueurs de collecteur ont été respectées, pour définir, de l'amont vers l'aval, les coordonnées X et Y des autres nœuds, en faisant en sorte que l'ossature principale du réseau reste à la côte  $Y=10\ 000$ . Par exemple, le nœud correspondant à l'entrée de la station d'épuration, numéroté D48, possède les coordonnées  $X=23\ 562$  et  $Y=10\ 000$ , puisque le réseau d'assainissement modélisé s'écoule globalement sur un axe ouest-est.

Dans certains cas cependant (notamment certains déversoirs dont les rejets sont repris dans d'autres branches du réseau), cette logique n'est pas respectée, mais cela n'a aucune influence sur les calculs, puisque dans tous les cas, ce sont les longueurs définies, identiques sous FLUPOL et HYDROWORKS-DM™, qui sont prises en compte.

En conclusion, pour la planimétrie, les coordonnées X et Y définies (mais encore une fois non utilisées) sont telles que l'allure générale de l'arborescence du modèle est bien respectée.

Pour les coordonnées altimétriques Z, par contre, il a fallu les définir d'une façon rigoureuse, car HYDROWORKS-DM™ n'intègre pas directement les pentes des collecteurs comme une donnée en tant que telle, mais les calcule à partir des côtes altimétriques Z des radiers des nœuds.

Pour définir les côtes Z, nous avons fixé là encore une côte fictive pour le nœud A01, pour lequel, arbitrairement,  $Z=300$  (mètres).

Toutes les autres côtes  $Z$  ont ensuite été recalculées une par une, de l'amont vers l'aval, à partir des pentes et des longueurs des tronçons de collecteurs définies sous FLUPOL. Le calcul a d'abord été effectué sur l'ossature principale, puis en "remontant" dans les branches annexes. Par exemple, la côte  $Z$  du nœud correspondant à l'entrée de la station d'épuration, numéroté D48, est  $Z=144,038$ .

Enfin, pour les côtes  $Z_{TN}$  (terrain naturel au droit d'un nœud), une hypothèse simplificatrice a été retenue : pour chaque nœud,  $Z_{TN} = Z + 10$ , ce qui correspond à une profondeur de regard de 10 mètres, quel que soit le nœud. Dans l'absolu, cette hypothèse est fautive et ne reflète pas la réalité du terrain, mais cela n'a pas d'importance pour les calculs.

En effet, les côtes altimétriques  $Z_{TN}$  du terrain naturel interviennent, sous HYDROWORKS-DM™, pour calculer des pentes moyennes sur les bassins versants élémentaires, entrant elles-mêmes dans le calcul lié au ruissellement. Cependant, à l'instar de ce qui se fait pour les longueurs de collecteurs, HYDROWORKS-DM™ peut prendre en compte directement ces pentes moyennes, si les valeurs sont renseignées dans le modèle. Ce qui est le cas, puisque les pentes moyennes sont des paramètres utilisés dans le modèle initial construit sous FLUPOL.

En résumé, les paramètres  $X$ ,  $Y$  et  $Z_{TN}$  qui devaient être définis pour le transfert du modèle sous HYDROWORKS-DM™ n'ont qu'une valeur indicative et ne sont pas utilisés dans les calculs (seules les longueurs de collecteurs et les pentes moyennes des bassins versants élémentaires sont prises en compte). Le paramètre  $Z$  a lui été soigneusement recalculé, pour que les pentes de collecteurs du nouveau modèle soient exactement les mêmes que celles du modèle initial.

### **2.5.2. REGROUPEMENT EN UN SEUL MODELE**

Sous FLUPOL, le modèle de 258 nœuds avait été découpé en quatre "sous-modèles", A (65 nœuds), B (71 nœuds), C (72 nœuds) et D (50 nœuds), pour des raisons de capacité (limitation d'un modèle à 100 nœuds) et de temps de calcul. L'exutoire du sous-modèle A correspondait à l'entrée du sous-modèle B, et ainsi de suite. Cette disposition présentait le gros inconvénient de la gestion de fichiers intermédiaires.

HYDROWORKS-DM™ étant notablement plus puissant que FLUPOL, il a été logiquement décidé, lors du transfert, de construire un modèle unique et complet, intégrant les quatre sous-modèles initiaux.

Cette intégration ne modifie bien entendu en rien les calculs, et elle supprime la gestion de fichiers intermédiaires.

### **2.5.3. CREATION D'UN INTERCEPTEUR FICTIF**

Nous l'avons dit précédemment, le modèle initial comprend 46 exutoires : outre l'entrée de la station d'épuration (aval du réseau modélisé), le modèle intègre 28 déversoirs d'orage rejetant directement au milieu naturel (on ne parle pas ici de certains déversoirs dont les rejets sont repris par des parties de réseau modélisées), 8 trop-pleins de postes de pompage et 9 exutoires de collecteurs pluviaux séparatifs.

Or, lors de la définition du contenu de l'étude (nous aborderons ce point en détail plus loin), il a été convenu que les résultats (volumes et charges polluantes mensuels) des simulations seraient exprimés pour l'entrée en station d'épuration et pour la somme des rejets au milieu naturel.

Vu le très grand nombre d'exutoires vers le milieu naturel et afin de simplifier l'extraction de ces résultats, il a été décidé de profiter du transfert pour intégrer au modèle un collecteur intercepteur fictif, qui reprend l'ensemble des 45 rejets vers le milieu naturel.

Le modèle transféré sous HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup> comprend alors deux uniques exutoires : l'entrée en station d'épuration, et l'extrême aval du collecteur intercepteur, où sont globalisés les rejets.

Les sections, les pentes et les longueurs des différents tronçons élémentaires formant cet intercepteur fictif ont été choisis de manière à ce que, d'une part, aucune mise en charge significative ne se produise, et, d'autre part, aucun dépôt significatif ne se crée, pour bien retrouver, à l'aval de l'intercepteur, la somme exacte des volumes et charges polluantes rejetés par chacun des exutoires initiaux.

#### 2.5.4. NOUVEAU MODE DE DESCRIPTION DES DEVERSOIRS D'ORAGE

Ce dernier point a été le plus long et le plus délicat à traiter. En effet, sous FLUPOL, les déversoirs d'orage (uniquement des déversoirs à seuil fixe) peuvent être décrits selon trois types de fonctionnement :

- Type 1 : écrêtage à F fois le débit de temps sec. Lorsque le débit transitant dans le collecteur au droit du déversoir dépasse F fois le débit de temps sec, le déversoir se met à fonctionner et rejette le débit excédentaire, la conduite aval ne conservant que le débit correspondant à F fois le débit de temps sec. Soit dit en passant, car nous aborderons en détail ce point plus loin, par "débit de temps sec" il faut entendre "pointe de débit de temps sec", car FLUPOL ne simule que la pointe de débit de temps sec, de façon constante et permanente.
- Type 2 : écrêtage à un débit de fuite QF. Lorsque le débit transitant dans le collecteur au droit du déversoir dépasse un débit de fuite QF, le déversoir se met à fonctionner et rejette le débit excédentaire, la conduite aval ne conservant que le débit de fuite QF.
- Type 3 : description géométrique d'un déversoir, à l'aide de deux paramètres, la longueur LDEV (si latéral) ou la largeur LP (si frontal) du seuil et la hauteur du seuil par rapport au radier HS (latéral) ou HP (frontal).

HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup>, sous l'intitulé "Weir" (déversoir en anglais), ne décrit que des ouvrages (avec possibilité de seuil à géométrie variable si utilisation d'un module "temps réel") de façon géométrique, à l'aide d'un linéaire de seuil et de sa côte altimétrique. Or, sur les 38 déversoirs d'orage décrits dans le modèle initial (les 28 rejetant au milieu naturel, c'est à dire, après transfert, dans l'intercepteur fictif, plus 10 autres dont les rejets sont repris dans des parties de réseau modélisées) : 5 sont du type 1, 26 sont du type 2 et 7 sont du type 3.

Pour les 7 déversoirs du type 3, le transfert n'a pas posé de problème particulier, la difficulté ayant juste consisté à bien définir la côte altimétrique du seuil comme la somme de la hauteur de seuil et de la côte altimétrique du radier au droit du déversoir.

Par contre, pour les 31 déversoirs restants (types 1 et 2), il a fallu, dans un premier temps, préciser, pour chaque déversoir, le débit de fuite imposé (QF ou F fois Qts, en explicitant Qts en chaque nœud du modèle) vers l'aval. Ensuite, il a fallu, sous HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup>, associer un seuil déversant ("Weir") avec un organe situé immédiatement à l'aval du seuil sur la canalisation principale, appelé "Orifice", permettant la limitation du débit admis vers l'aval (par la prise en compte de QF ou F fois Qts), quelle que soit la hauteur d'eau à l'amont.

Pour ces 31 déversoirs, les longueurs de seuil ont été fixées arbitrairement à 2 mètres, et les hauteurs de seuils (donc leurs côtes altimétriques) ont été choisies dans un premier temps comme égales au diamètre de la canalisation aval.

Enfin, au cas par cas, ces hauteurs ont été ajustées (en général réduites) pour que l'association "déversoir + orifice" fonctionne globalement comme le déversoir initial.

Bien entendu, dans le cadre d'une modélisation effectuée directement sous HYDROWORKS-DM™, cette manière de procéder n'aurait pas été logique, mais le but ici n'était pas de reproduire la réalité, mais de coller le plus fidèlement possible au modèle initial.

Enfin, il est important de noter que, pour de nombreux déversoirs, et notamment ceux dont les rejets sont repris dans des parties de réseau modélisées, il a été jugé préférable de placer, sur la canalisation déversante cette fois, un organe appelé "Flap Valve" (vanne à clapet), qui permet d'éviter tout retour intempestif d'effluent déversé dans la canalisation principale.

En effet, dans FLUPOL, ce qui est déversé l'est une fois pour toutes : en fait, on stocke les données dans un fichier qu'on réinjecte, le cas échéant, à un autre nœud, ce qui revient à dire que la canalisation déversante n'est absolument pas modélisée. Par contre, avec HYDROWORKS-DM™, la description fine de l'hydraulique associée au fait que les canalisations déversantes sont modélisées, fait que, dans certains cas, il peut se produire ponctuellement une mise en charge de la canalisation déversante, donc une montée du plan d'eau au-dessus du seuil, ce qui rend les résultats de simulations difficilement comparables avec ceux de FLUPOL.

Encore une fois, cette manière de faire ne reproduit pas la réalité, mais permet de faire coïncider le modèle transféré avec le modèle initial.

## 2.6. CONCLUSIONS POUR LE MODELE DE RESEAU UTILISE

Le nouveau modèle obtenu et utilisable par HYDROWORKS-DM™ comprend 319 nœuds de calcul, dont deux exutoires (entrée station et somme des rejets), et intègre plus de 47 kilomètres de collecteurs pour une surface d'apport inchangée de 1 030 hectares, dont 315 imperméabilisés.

Ce modèle a été conçu pour représenter, le plus fidèlement possible, celui construit initialement pour être utilisé par FLUPOL.

Une remarque particulière doit être faite sur le flot de temps sec pris en compte dans le modèle. FLUPOL ne peut simuler qu'un flot de temps sec constant, calculé à partir de différents paramètres définis pour chaque bassin versant élémentaire, comme le rejet journalier par habitant, la densité de population, la surface du bassin versant et la fraction d'habitants raccordés au réseau d'assainissement. Par flot de temps sec constant, on entend qu'aucune variation horaire, journalière ou saisonnière ne peut être prise en compte.

Pour se placer dans un cas défavorable, FLUPOL permet simplement la prise en compte d'un coefficient de pointe (agissant sur l'hydraulique et la pollution). Dans le cadre des simulations effectuées lors de l'étude précédente, ce coefficient de pointe a été fixé à 1,5. Ce qui veut dire que le flot de temps sec pris en compte dans les simulations FLUPOL était 1,5 fois le flot de temps sec moyen calculé à partir des paramètres cités plus haut.

Bien qu'HYDROWORKS-DM™ puisse prendre en compte un flot de temps sec variable (variations horaires, journalières et mensuelles, avec distinction des week-ends), nous nous sommes bornés, dans un souci de cohérence, à reproduire fidèlement ce qui avait été pris en compte dans les simulations FLUPOL, c'est à dire un flot de temps sec "de pointe", parfaitement constant sur 24 heures, 7 jours sur 7, mois après mois.

## **PARTIE 3 - LES SCENARIOS DE PLUIE RETENUS**

## 3.1. INTRODUCTION

La rédaction de la présente Partie ne constitue qu'une synthèse. Pour plus de détails, on pourra se reporter au rapport rédigé par Météo-France dans le cadre de la présente étude et intitulé "Modélisation des réseaux d'assainissement - Données de précipitation - Etude de l'Orne", daté du 24/05/2002.

Pour définir les scénarios de pluie qui vont faire l'objet de simulations, sur la base du modèle de réseau d'assainissement construit, un cahier des charges a été rédigé par Anjou Recherche. Ce cahier des charges a été validé par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse, puis transmis à Météo-France.

D'une manière générale, six scénarios de pluie ont été retenus :

- 1) L'année synthétique déjà construite par Météo-France (AS1) et utilisée lors de l'étude déjà menée sur le site concerné.
- 2) Une deuxième année synthétique (AS2), construite à l'aide de la même méthode et avec les mêmes hypothèses de base, mais à partir d'une période d'observation différente.
- 3) Une troisième année synthétique (AS3), construite à l'aide de la même méthode et à partir de la même période d'observation que pour AS2, mais avec une différence sur les hypothèses de base.
- 4) Une première année réelle (AR1), choisie dans le respect de critères annuels généraux (hauteur totale précipitée proche de l'ordre de grandeur de la moyenne historique locale, par exemple) et de critères détaillés spécifiques.
- 5) Une deuxième année réelle (AR2), différente de la première, toujours choisie dans le respect de critères annuels généraux (hauteur totale précipitée proche de l'ordre de grandeur de la moyenne historique locale, par exemple) et de critères détaillés spécifiques.
- 6) Une très longue série réelle (TLRS), correspondant aux données de base de Météo-France sur la plus longue période possible (limitée toutefois à 6 ou 8 ans), sans pertes de données significatives. Cette très longue série réelle sera choisie parmi les données les plus récentes.

Météo-France a effectué les traitements de données à partir des mesures de la station météo de Metz-Frescaty. Cette station, située sur la commune d'Augny, est référencée sous le numéro 57039001 dans les bases de données de Météo-France. Elle dispose de données de précipitation à pas de temps fin depuis 1982 et ce jusqu'à aujourd'hui.

En termes de disponibilité des mesures, les années 1988 et 1989 sont manquantes dans la base de données archivée de Météo-France. Les années 1990, 1991 et 1992 comportent de nombreux manques. L'ensemble de ces années de 1988 à 1992 est donc totalement exclu de l'étude. La période de l'étude est donc celle comprise entre 1982 et 1987 et celle comprise entre 1993 et 2001, soit 15 années complètes.

## 3.2. LES ANNEES SYNTHETIQUES

Le détail de la méthode utilisée est fournie en Annexe 1 de ce rapport et nous ne reprendrons ici que la méthodologie générale de constitution de l'année synthétique de pluie.

### 3.2.1.1. Méthodologie générale

La constitution de l'année synthétique est en fait l'aboutissement d'une démarche comprenant quatre étapes :

- 1) Définition d'un événement pluvieux : hauteur précipitée minimale (1 mm par exemple) , durée de temps sec minimale entre deux événements ( 30 mn par exemple),...
- 2) Sélection des pluviographes et des périodes de référence (quantité et qualité des données),
- 3) Analyse, recherche de relations, et classification des événements pluvieux sur la base des information durée et de hauteur de pluie et, puis analyse des durées de temps sec correspondantes,
- 4) Constitution et validation d'une année synthétique de pluie.

Si les trois premières étapes sont bien connues, il est important de détailler la quatrième et dernière partie.

La constitution d'une année synthétique est réalisée par un procédé itératif qui consiste à générer la première pluie de l'année, puis a reprendre la même méthode jusqu'à la fin de l'année. La génération d'un événement se fait comme suit :

- 1) on détermine la classe d'appartenance de l'événement à générer en tirant au sort une valeur entre 0 et 1 et on lui affecte une classe de pluie définie en étape 3 de la démarche générale en fonction de la date courante et de l'occurrence de chaque classe,
- 2) si la classe sélectionnée en 1) ne contient pas de relations entre les différentes variables, on tire au sort des valeurs entre 0 et 1 et on leur affecte des valeurs de durée, hauteur et durée de temps sec en fonction de la date courante et de l'occurrence chaque variable,
- 3) si la classe sélectionnée en 1) contient des relations entre les différentes variables, on tire au sort une valeur entre 0 et 1 pour affecter une valeur à la durée de la pluie, puis on utilise les relations existantes pour calculer les valeurs de hauteur et de durée de temps sec. Dans le cas où il n'existe pas de relations entre la durée de pluie et la hauteur de pluie, on tire alors au sort une valeur entre 0 et 1 pour affecter une valeur à la hauteur de pluie, puis on utilise les relations existantes pour calculer la valeur de durée de temps sec.

Il devient alors évident que si on met en oeuvre plusieurs fois cette méthode, on obtiendra des années synthétiques différentes. Ainsi, une validation est réalisée pour retenir celle qui semble la plus représentative de la pluviométrie de la station considérée. Les critères sont donc le nombre total d'événements, la durée totale de précipitations, la hauteur totale de précipitations et la durée totale de temps sec au sens large.

### 3.2.1.2. Conclusions

La méthodologie développée permet de générer une "année synthétique" en exploitant les résultats obtenus lors de la phase de caractérisation des événements (inventaire, classification, répartition du temps sec). La valeur du seuil de précipitations retenu, ainsi que la détermination de la fin d'un événement définie par l'occurrence de temps sec influent directement sur le nombre et la nature des événements à traiter. Par conséquent, l'année synthétique repose sur des critères de définition basés sur des considérations a priori (notions de début et de fin d'événement notamment) liées à la zone d'étude.

Sur le plan météorologique, cette approche s'est révélée tout à fait satisfaisante, dans la mesure où les résultats obtenus sont aisément interprétables pour une population d'événements pluvieux présentant une grande variété de comportement. L'intérêt de cette méthodologie est qu'elle offre une représentation de la succession dans le temps des événements pluvieux et des périodes de temps sec associées, à l'échelle annuelle.

***Il faut également rappeler, que cette notion d'année synthétique avait été bâtie dans un contexte bien précis : à savoir qu'en 1994, on ressentait déjà le besoin de travailler sur des longues périodes, mais les outils de calculs n'étaient pas encore aptes à réaliser des longues simulations. Il avait alors été décidé de travailler directement sur les données de pluies pour obtenir à la fois une durée de***

*d'une année et des informations synthétisant plusieurs années réelles de pluies par le biais d'une classification des événements pluvieux.*

### **3.2.2. PRINCIPALES EXIGENCES DU CAHIER DES CHARGES POUR METEO-FRANCE**

Il a été demandé à Météo-France de constituer, sur la base de la méthode décrite ci-dessus, deux nouvelles années synthétiques (AS2 et AS3), une première année synthétique (AS1) ayant été construite lors de l'étude précédemment menée.

Afin de rester cohérent avec le traitement effectué lors de l'étude précédente, deux périodes ont été distinguées dans les traitements des données :

- Une période dite "critique", qui correspond à la période d'étiage de la rivière Orne, et qui s'étend de mai à septembre.
- Une période dite "normale", qui s'étend donc d'octobre à avril.

La durée minimale considérée pour un épisode sec  $D_0$  est de 30 minutes pour l'ensemble des traitements.

A l'instar de ce qui avait été fait pour AS1, le rendu de chaque année synthétique a été établi sous la forme d'un tableau récapitulant les principales caractéristiques des événements qui la composent :

- numéro d'événement (par ordre chronologique) ;
- jour et heure de début de l'événement ;
- classe d'appartenance de l'événement ;
- temps sec au sens large  $TSL$  précédant l'événement ;
- durée  $d$  de l'événement ;
- hauteur totale précipitée  $h$  lors de l'événement.

### **3.2.3. L'ANNEE SYNTHETIQUE DEJA CONSTRUITE (AS1)**

Lors de l'étude menée précédemment, Anjou Recherche avait déjà demandé à Météo-France un traitement spécifique de données pluviométriques. Ce traitement avait débouché par la constitution d'une année synthétique de pluie, sur la base de la méthode décrite précédemment. C'était la première fois qu'une telle demande était formulée à Météo-France.

La constitution de l'année synthétique AS1 de pluie s'était déroulée en deux étapes :

- Une première commande d'Anjou Recherche, concernant les premiers traitements de données (inventaire, classification), avec un rapport d'étude de Météo-France intitulé "Traitement de données pluviographiques de la station de Metz (août 1994)".
- Une deuxième commande d'Anjou Recherche, concernant une deuxième série de traitements de données (temps sec, année synthétique), avec un rapport d'étude de Météo-France intitulé "Traitement de données pluviographiques de la station de Metz (novembre 1994)".

La période d'observation retenue pour le traitement des données était de 6 années complètes (1982-1987), sur laquelle 428 événements ont été recensés (dont 210 en période critique). La classification effectuée a mis en évidence 9 classes pour l'année complète, 7 classes pour la période critique et 7 classes pour la période normale.

L'année synthétique constituée (AS1) était composée de 76 événements, définis sur la base de l'hypothèse suivante : un événement pluvieux est défini comme étant la somme des épisodes dont le

cumul est supérieur à  $H_0 = 2$  millimètres et dont la fin est fixée par une interruption des précipitations d'au moins  $D_0 = 30$  minutes. La hauteur totale annuelle précipitée (somme des hauteurs des 76 évènements) était de 333,8 mm.

### 3.2.4. CONSTITUTION D'UNE DEUXIEME ANNEE SYNTHETIQUE (AS2)

La même méthode et les mêmes hypothèses de définition d'un évènement ont été appliquées pour constituer cette deuxième année synthétique (AS2), à savoir  $H_0 = 2$  millimètres et  $D_0 = 30$  minutes. Par contre, comme convenu dans le cahier des charges, la période d'observation retenue pour le traitement des données est différente. Elle comprend toujours 6 années complètes, mais choisies cette fois parmi les plus récentes, de 1996 à 2001. Sur cette période, 643 évènements ont été recensés, dont 269 en période critique.

Le tableau suivant résume les caractéristiques pluviométriques des 6 années de la période d'observation, basées sur les hypothèses retenues :

Années	Nombre d'évènements	Hauteur totale (mm)
1996	76	413,6
1997	94	549,8
1998	97	513,0
1999	110	696,2
2000	126	659,8
2001	140	660,6
<b>TOTAL</b>	<b>643</b>	<b>3 493,0</b>
<i>Moyenne</i>	<i>107</i>	<i>582,2</i>

Il est très important de noter que les hauteurs totales exprimées ici correspondent aux sommes des hauteurs des évènements dont la hauteur est supérieure ou égale à  $H_0 = 2$  mm. Elles sont donc pour cela très inférieures au total des précipitations annuelles réelles, que nous détaillerons dans le chapitre relatif aux années réelles.

La classification effectuée a mis en évidence 9 classes pour l'année complète, 9 classes pour la période critique et 9 classes pour la période normale. Si quelques corrélations ont pu être établies entre  $h$  et  $d$  (pour 3 classes en période normale et 1 classe en période critique), aucune corrélation n'a pu être mise en évidence entre  $TSL$  et  $d$  ou  $TSL$  et  $h$ , et il a donc fallu avoir recours au tirage au sort intégral pour définir  $TSL$ . En rapportant le nombre d'évènements contenus dans chaque classe ou une corrélation entre différentes variables à été utilisée au nombre total d'évènements (soient la somme de toutes les classes), on arrive à un chiffre significatif de l'ordre de 24% en période normale et de 15% en période critique. En dehors de ces cas, il a donc fallu avoir recours au tirage au sort intégral pour définir  $h$  et  $TSL$ .

L'année synthétique ainsi constituée (AS2) est cette fois composée de 105 évènements, représentant une hauteur totale annuelle précipitée de 545,4 mm. On peut constater que ces valeurs sont très proches des moyennes sur les 6 années d'observation, exprimées dans le tableau précédent.

Le tableau suivant résume les principales hypothèses de constitution et caractéristiques des années synthétiques AS1 et AS2 :

<b>Paramètres</b>	<b>AS1</b>	<b>AS2</b>
H <sub>0</sub> (hauteur minimum d'un événement)	2 mm	2 mm
D <sub>0</sub> (durée minimum temps sec précédent)	30 minutes	30 minutes
Période d'observation	<b>1982-1987 (6 ans)</b>	<b>1996-2001 (6 ans)</b>
Nombre d'évènements recensés	428	643
. dont période critique (mai-septembre)	210	269
. dont période normale (octobre-avril)	218	374
Nombre de classes sur année complète	9	9
Nombre de classes sur période critique	7	9
Nombre de classes sur période normale	7	9
Nombre d'évènements de l'année synthétique	76	105
Hauteur totale annuelle précipitée	333,8 mm	545,4 mm

La comparaison entre AS1 et AS2 nous permet de juger de l'importance de la période d'observation, même si la durée de celle-ci est identique. Dans le cas présent, on peut supposer que l'on retrouve, à travers les fortes augmentations, entre AS1 et AS2, du nombre d'évènements recensés (+50 %), du nombre d'évènements composant l'année synthétique (+38 %) et de la hauteur totale annuelle précipitée (+63 %), l'évolution de la pluviométrie constatée pour cette région sur les 20 dernières années.

### 3.2.5. CONSTITUTION D'UNE TROISIEME ANNEE SYNTHETIQUE (AS3)

La même méthode et la même période d'observation que pour AS2 ont été retenues pour constituer cette troisième année synthétique (AS3), à savoir 1996-2001.

Par contre, comme convenu dans le cahier des charges, une des deux hypothèses de définition d'un événement pluvieux est modifiée. Si D<sub>0</sub> reste égale à 30 minutes, la hauteur minimum H<sub>0</sub> prise en compte pour définir un événement passe de 2 à 1 millimètres.

Ce changement d'hypothèse fait que, cette fois, sur la même période d'observation, on a recensé 1 115 évènements, dont 423 en période critique.

Le tableau suivant résume les caractéristiques pluviométriques des 6 années de la période d'observation, basées sur les nouvelles hypothèses retenues :

<b>Années</b>	<b>Nombre d'évènements</b>	<b>Hauteur totale (mm)</b>
1996	140	499,4
1997	179	666,0
1998	184	628,2
1999	176	783,4
2000	209	769,6
2001	227	774,2
<b>TOTAL</b>	<b>1 115</b>	<b>4 120,8</b>
<i>Moyenne</i>	<i>186</i>	<i>686,8</i>

Encore une fois, il est très important de noter que les hauteurs totales exprimées ici correspondent aux sommes des hauteurs des évènements dont la hauteur est supérieure ou égale à H<sub>0</sub> = 1 mm. Elles sont donc pour cela encore inférieures au total des précipitations annuelles réelles.

La classification effectuée a mis en évidence 9 classes pour l'année complète, 9 classes pour la période critique et 9 classes pour la période normale. Si quelques corrélations ont pu être établies entre *h* et *d* (pour 1 classe en période normale et 1 classe en période critique), aucune corrélation n'a pu être mise

en évidence entre  $TSL$  et  $d$  ou  $TSL$  et  $h$ , et il a donc fallu avoir recours au tirage au sort intégral pour définir  $TSL$ . En rapportant le nombre d'événements contenus dans chaque classe ou une corrélation entre différentes variables à été utilisée au nombre total d'événements (soient la somme de toutes les classes), on arrive à un chiffre inférieur à 5% en période normale et de l'ordre de 16% en période critique.

L'année synthétique ainsi constituée (AS3) est composée de 192 évènements, représentant une hauteur totale annuelle précipitée de 755,7 mm. On peut constater que ces valeurs sont légèrement supérieures aux moyennes sur les 6 années d'observation, exprimées dans le tableau précédent.

La comparaison entre AS2 et AS3 nous permet cette fois de juger de l'influence de la hauteur minimum de définition d'un évènement pluvieux. Dans le cas présent, les fortes augmentations, entre AS2 et AS3, du nombre d'évènements recensés (+73 %), du nombre d'évènements composant l'année synthétique (+83 %) et de la hauteur totale annuelle précipitée (+39 %), peuvent s'expliquer par le fait que, en réduisant la hauteur minimum de définition d'un évènement, on a affiné l'inventaire pour se rapprocher un peu plus des caractéristiques réelles.

Le tableau suivant résume les principales hypothèses de constitution et caractéristiques des années synthétiques AS2 et AS3.

Paramètres	AS2	AS3
$H_0$ (hauteur minimum d'un évènement)	<b>2 mm</b>	<b>1 mm</b>
$D_0$ (durée minimum temps sec précédent)	30 minutes	30 minutes
Période d'observation	1996-2001 (6 ans)	1996-2001 (6 ans)
Nombre d'évènements recensés	643	1 115
. dont période critique (mai-septembre)	269	423
. dont période normale (octobre-avril)	374	692
Nombre de classes sur année complète	9	9
Nombre de classes sur période critique	9	9
Nombre de classes sur période normale	9	9
Nombre d'évènements de l'année synthétique	105	192
Hauteur totale annuelle précipitée	545,4 mm	755,7 mm

### 3.2.6. TRAITEMENTS COMPLEMENTAIRES EFFECTUES PAR ANJOU RECHERCHE

Bien entendu, les résultats fournis par Météo-France, dont le contenu est décrit plus haut, ne permettaient pas une intégration immédiate en tant que données d'entrée pour les simulations. En d'autres termes, il a fallu les transformer en données assimilables par le logiciel HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup>, c'est à dire discrétiser chaque évènement de chacune des années synthétiques. Pour ce faire, nous avons retenu l'hypothèse suivante :

- Tout évènement dont la hauteur totale précipitée  $h$  est inférieure à 2 mm se voit affecter une forme de hyétogramme (courbe donnant l'intensité en fonction du temps) rectangulaire. L'intensité est alors constante sur la durée de l'évènement  $d$ , égale à  $h/d$ .
- Tout évènement dont la hauteur totale précipitée  $h$  est supérieure ou égale à 2 mm se voit affecter une forme de hyétogramme triangulaire. L'intensité maximale est donc alors égale à  $2h/d$ .

Cette hypothèse avait déjà été retenue pour la mise en œuvre, avec le logiciel FLUPOL, de l'année synthétique AS1, lors de l'étude précédemment menée (sauf que, comme par hypothèse, les évènements avaient tous une hauteur supérieure ou égale à 2 mm, il n'y avait que des hyétogrammes triangulaires).

Pour effectuer ce traitement complémentaire des données, Anjou Recherche a mis au point un programme informatique spécifique. Pour chaque année synthétique définie, ce programme prend,

comme donnée d'entrée, le tableau récapitulatif fourni par Météo-France, et crée 12 fichiers mensuels directement assimilables par le logiciel HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup>. La séparation en fichiers mensuels s'impose logiquement car, nous le verrons dans la Partie suivante, les simulations ont été effectuées mois par mois, afin d'exprimer des résultats à l'échelle mensuelle, puis annuelle.

Les fichiers résultats créés par ce programme comportent, pour chaque événement d'un mois donné :

- Un en-tête comprenant la date et l'heure de début de l'événement, ainsi que le pas de temps de discrétisation de l'événement, fixé pour l'ensemble de l'étude à 1 minute (pour ne pas avoir de problèmes liés à des durées qui ne seraient pas un multiple du pas de temps).
- La discrétisation de l'événement au pas de temps fixé, c'est à dire l'expression des intensités (en mm/h) calculées, pour chaque pas de temps, sur la durée  $d$  de l'événement. Cette discrétisation est automatiquement effectuée sous une forme rectangulaire ou triangulaire, selon si la hauteur  $h$  de l'événement est inférieure ou supérieure ou égale à 2 mm.

Le programme comporte également un module de contrôle et d'ajustement permettant, en final, que la somme des intensités sur chaque pas de temps, rapportée à la durée totale  $d$ , soit strictement égale à la hauteur  $h$ , événement par événement.

Ces précautions nous sont apparues importantes, car elles permettent de ne pas créer d'écarts (arrondis de calculs) sur les hauteurs précipitées, entre les données de Météo-France et les fichiers pris en compte dans les simulations.

Il convient de préciser que, dans certains cas, il arrive que le dernier événement d'un mois N "déborde" légèrement (de l'ordre de quelques heures au maximum) sur le début du mois suivant, au-delà du 01/N+1 00h00. L'événement n'est bien sûr pas coupé en deux, et il est réputé faire partie du mois N. Les simulations prendront bien en compte cette particularité, en "débordant" elles aussi, le cas échéant, sur le début du mois suivant, afin que les états intermédiaires entre deux mois consécutifs correspondent toujours à une situation de "temps sec".

Enfin, il faut noter que, par le hasard de la programmation de l'outil de traitement, les dates prises en compte dans les fichiers des 3 années synthétiques sont de la forme jj/mm/00, puisque l'année n'a ici qu'une valeur relative. Or, HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup> interprète logiquement "00" par "année 2000". Celle-ci, nous en sommes rendus compte plus tard, étant bissextile, le mois de février simulé pour chacune des 3 années AS1, AS2 et AS3, comporte 29 jours.

### **3.3. LES ANNEES REELLES ET LA TRES LONGUE SERIE REELLE**

#### **3.3.1. PRINCIPALES EXIGENCES DU CAHIER DES CHARGES POUR METEO-FRANCE**

Il a été demandé à Météo-France de sélectionner, sur la base de critères précis indiqués dans le cahier des charges, deux années réelles (AR1 et AR2), ainsi qu'une très longue série réelle (TLSR), composée au maximum de 6 années réelles consécutives, les plus récentes possible.

Les critères retenus pour choisir les années réelles portent sur la qualité des données, la hauteur totale annuelle et la hauteur totale sur la période critique (mai à septembre). Le tableau suivant exprime, pour les 15 années réelles complètes (pas d'absence de données), ces deux derniers paramètres :

<b>Années réelles</b>	<b>Hauteur annuelle (mm)</b>	<b>Hauteur période critique (mm)</b>
1982	771,7	250,3
1983	804,8	305,3
1984	762,9	314,3
1985	526,7	272,3
1986	785,1	357,9
1987	756,6	404,8
1993	613,4	249,0
1994	773,2	345,4
1995	682,4	276,2
1996	592,2	249,6
1997	776,6	376,0
1998	733,0	242,4
1999	904,4	384,0
2000	898,4	410,4
2001	902,8	320,0
<b>Moyenne</b>	<b>752,3</b>	<b>-</b>

Le cahier des charges demandait à Météo-France de décrire les deux années réelles AR1 et AR2, ainsi que les années composant la très longue série réelle, au pas de temps constant de 12 minutes, c'est à dire de fournir, du 1<sup>er</sup> janvier 00h00 au 31 décembre minuit, les intensités en mm/h toutes les 12 minutes.

### **3.3.2. SELECTION D'UNE PREMIERE ANNEE REELLE (AR1)**

Selon le cahier des charges, l'année retenue doit avoir une hauteur totale annuelle proche de la moyenne calculée à partir de toutes les données annuelles. Elle doit en outre avoir la plus faible hauteur totale observée sur la période critique (mai-septembre).

L'année 1998 avec une hauteur annuelle de 733,0 mm, proche de la moyenne de 752,3 mm, et une hauteur sur la période critique de 242,4 mm, la plus faible valeur observée, répond donc à ces critères. La première année réelle sélectionnée AR1 est donc l'année 1998.

### **3.3.3. SELECTION D'UNE DEUXIEME ANNEE REELLE (AR2)**

Selon le cahier des charges, l'année choisie doit avoir une hauteur totale annuelle proche de la moyenne calculée à partir de toutes les données annuelles. Elle doit, cette fois, avoir la plus forte hauteur totale observée sur la période critique (mai-septembre).

Or, si l'année 2000 présente la plus forte hauteur totale observée sur la période critique (mai-septembre), soit 410,4 mm, elle présente cependant une hauteur annuelle de 898,4 mm bien plus forte que la moyenne (752,3 mm).

L'année 1987, avec une hauteur annuelle de 756,6 mm, proche de la moyenne de 752,3 mm, et une hauteur sur la période critique de 404,8 mm, soit la deuxième plus forte valeur observée, répond mieux aux critères. La deuxième année réelle sélectionnée AR2 est donc l'année 1987.

### **3.3.4. SELECTION DE LA TRES LONGUE SERIE REELLE (TLRSR)**

Selon le cahier des charges, la très longue série réelle (TLSR) doit être composée au maximum de 6 années réelles consécutives, les plus récentes possible.

La très longue série réelle TLSR retenue porte donc sur les années 1996 à 2001. En effet, pour ne pas compliquer la sélection, le cahier des charges prévoyait bien que cette très longue série réelle puisse inclure une année réelle retenue, ce qui est le cas ici pour l'année 1998.

### 3.3.5. TRAITEMENTS COMPLEMENTAIRES EFFECTUES PAR ANJOU RECHERCHE

A partir des données fournies par Météo-France, Anjou Recherche a effectué un certain nombre de traitements, permettant d'aboutir à des fichiers mensuels (pour les raisons déjà évoquées pour les années synthétiques) directement assimilables par le logiciel HYDROWORKS-DM™.

Pour effectuer ces traitements complémentaires des données, Anjou Recherche a mis au point un deuxième programme informatique spécifique. Pour chaque année réelle, ce programme prend, comme donnée d'entrée, le fichier fourni par Météo-France et, dans un premier temps, détecte les périodes de "temps sec" (intensités nulles).

Par hypothèse, nous avons convenu que deux événements consécutifs étaient distingués dès lors qu'ils étaient séparés par au moins deux pas de temps de 12 minutes pour lesquelles l'intensité était nulle. Autrement dit, un événement peut intégrer des pas de temps pour lesquels l'intensité est nulle, mais ces pas de temps doivent être isolés.

Les événements étant ainsi distingués, le programme crée alors 12 fichiers mensuels directement assimilables par le logiciel HYDROWORKS-DM™. La séparation en fichiers mensuels s'impose logiquement pour les raisons déjà expliquées pour le traitement des années synthétiques.

Les fichiers résultats créés par ce programme comportent, pour chaque événement d'un mois donné :

- Un en-tête comprenant la date et l'heure de début de l'événement, ainsi que le pas de temps de discrétisation de l'événement, fixé ici encore à 1 minute, pour rester cohérent avec ce qui a été fait pour les années synthétiques.
- La discrétisation de l'événement au pas de temps fixé, c'est à dire l'expression des intensités (en mm/h) exprimées, pour chaque pas de temps. Bien entendu, le fichier fourni par Météo-France étant au pas de temps de 12 minutes, la discrétisation au pas de temps de 1 minute est constituée de "blocs" de 12 pas de temps où l'intensité reste constante.

Le programme comporte également un module de contrôle et d'ajustement permettant, événement par événement, que la somme des intensités sur chaque pas de temps, rapportée à la durée de l'évènement, soit strictement égale à la hauteur de l'évènement calculée dans les fichiers fournis par Météo-France. Ces précautions nous sont apparues importantes, car elles permettent de ne pas créer d'écarts (arrondis de calculs) sur les hauteurs précipitées, entre les données de Météo-France et les fichiers pris en compte dans les simulations.

Ici encore, et comme pour le traitement des années synthétiques, il arrive, dans certains cas, que le dernier événement d'un mois N "déborde" légèrement (de l'ordre de quelques heures au maximum) sur le début du mois suivant, au-delà du 01/N+1 00h00. Il est important de préciser que l'évènement n'est bien sûr pas coupé en deux, et qu'il est réputé faire partie du mois N. Les simulations prendront bien en compte cette particularité, en "débordant" elles aussi, le cas échéant, sur le début du mois suivant, afin que les états intermédiaires entre deux mois consécutifs correspondent toujours à une situation de "temps sec".

### 3.4. CONCLUSIONS POUR LES SCENARIOS DE PLUIE RETENUS

En résumé, 10 années ont été retenues pour faire l'objet de simulations avec le logiciel HYDROWORKS-DM™, sur la base du modèle de réseau d'assainissement défini :

- L'année réelle 1987, représentant l'année réelle AR2 sélectionnée.
- L'année réelle 1996, 1<sup>ère</sup> année de la très longue série réelle TLSR.
- L'année réelle 1997, 2<sup>ème</sup> année de la TLSR.
- L'année réelle 1998 qui représente à la fois l'année réelle AR1 sélectionnée, mais aussi la 3<sup>ème</sup> année de la très longue série réelle TLSR.
- L'année réelle 1999, 4<sup>ème</sup> année de la TLSR.
- L'année réelle 2000, 5<sup>ème</sup> année de la TLSR.
- L'année réelle 1999, 6<sup>ème</sup> et dernière année de la TLSR.
- L'année synthétique AS1, déjà constituée lors de l'étude précédente.
- L'année synthétique AS2.
- L'année synthétique AS3.

Cependant, nous le verrons dans la Partie suivante, l'année 1998 sera simulée deux fois : une fois en tant qu'année "isolée" AR1, une fois en tant que 3<sup>ème</sup> année de la TLSR.

Dans ce deuxième cas, l'état initial de la simulation du mois de janvier 1998 correspondra à l'état final de la simulation du mois de décembre 1997.

Le tableau suivant résume les principales caractéristiques pluviométriques mensuelles et annuelles de ces 10 années :

ORNE (METZ)	1987 (AR2)		1996		1997		1998 (AR1)		1999		2000		2001		AS1		AS2		AS3	
	H	Nb	H	Nb	H	Nb	H	Nb												
	(mm)	pluies	(mm)	pluies	(mm)	pluies	(mm)	pluies												
Janvier	30.6	14	8.8	24	26.0	26	61.8	43	53.6	48	29.4	47	93.8	66	22.2	5	82.7	12	64.3	15
Février	57.1	28	53.6	45	129.6	59	7.0	12	57.8	61	94.0	66	42.8	56	62.5	11	44.0	12	43.7	12
Mars	67.5	34	16.4	23	15.4	22	32.6	28	64.2	63	57.6	49	138.2	100	24.3	4	48.2	12	34.8	10
Avril	16.1	14	9.4	13	25.4	24	135.6	75	68.4	56	63.2	54	93.8	87	2.4	1	74.8	9	53.8	21
Mai	64.1	32	60.6	71	71.2	60	36.6	19	34.2	35	76.0	52	22.2	12	45.7	9	18.5	3	130.6	24
Juin	133.3	52	39.2	22	149.4	86	49.8	46	65.6	47	24.0	23	29.0	33	50.8	10	80.2	17	60.4	13
Juillet	116.8	30	48.0	40	90.2	51	46.2	46	81.2	28	175.2	77	78.4	38	37.2	8	45.9	7	60.3	16
Août	51.3	22	64.0	41	42.8	29	21.0	20	81.8	34	45.5	26	88.0	44	10.4	4	27.9	8	93.7	19
Septembre	39.4	17	37.8	34	22.4	13	88.8	62	121.2	55	89.6	69	102.4	66	14.4	6	20.1	4	46.4	15
Octobre	99.0	35	56.4	46	45.0	37	<u>173.4</u>	<u>78</u>	57.6	48	71.0	51	65.8	75	9.6	2	10.0	2	30.9	18
Novembre	42.7	19	152.0	97	70.0	69	41.6	44	35.2	39	108.8	76	83.8	77	30.9	10	63.1	12	99.6	19
Décembre	38.7	17	46.0	58	89.2	85	38.6	68	183.6	68	64.0	64	64.5	32	23.4	6	30.0	7	37.2	10
<b>TOTAL</b>	<b>756.6</b>	<b>314</b>	<b>592.2</b>	<b>514</b>	<b>776.6</b>	<b>561</b>	<b>733.0</b>	<b>541</b>	<b>904.4</b>	<b>582</b>	<b>898.3</b>	<b>654</b>	<b>902.7</b>	<b>686</b>	<b>333.8</b>	<b>76</b>	<b>545.4</b>	<b>105</b>	<b>755.7</b>	<b>192</b>

Valeurs soulignées : mois incluant une ou des pluies du 1er jour du mois suivant (intervalles < 1 heure)

Rappel des paramètres pluviométriques annuels des années réelles														Sources	
1987 (AR2)		1996		1997		1998 (AR1)		1999		2000		2001			
H	Nb	H	Nb	H	Nb	H	Nb	H	Nb	H	Nb	H	Nb		
756.6	-	592.2	-	776.6	-	733.0	-	904.4	-	898.4	-	902.8	-	Rapport Météo-France page 34/34	
756.7	314	592.1	514	776.5	561	732.9	541	904.3	582	898.2	654	902.7	686	Fichiers bruts fournis par Météo-France	

Rappel hypothèses définition années synthétiques			
Paramètres	AS1	AS2	AS3
Hauteur mini	2 mm	2 mm	1 mm
Durée TS mini	30 mn	30 mn	30 mn
Période référence	82-87	96-01	96-01
pour construction	(6 ans)	(6 ans)	(6 ans)

Il convient de noter que le tableau principal exprime les hauteurs et les nombres d'évènements calculés à partir des fichiers préparés pour les simulations, c'est à dire après toutes les actions de traitement et de mise en forme effectuées par Anjou Recherche sur la base des fichiers fournis par Météo-France.

Le tableau central récapitule quant à lui les hauteurs et les nombres d'évènements, indiqués d'une part dans le rapport de Météo-France, et d'autre part calculés à partir des fichiers fournis par Météo-France.

Grâce aux modules de contrôle et d'ajustement (événement par événement) inclus dans les deux programmes informatiques développés pour l'occasion par Anjou Recherche (l'un pour les années synthétiques, l'autre pour les années réelles), on se rend bien compte, en comparant les deux tableaux, que les écarts sont de l'ordre du 1/10 de millimètre pour les hauteurs annuelles.

Il existe donc une parfaite adéquation entre les données fournies par Météo-France et celles qui seront réellement utilisées pour les simulations.

## **PARTIE 4 - L'ENVIRONNEMENT ET LE DEROULEMENT DES SIMULATIONS**

## 4.1. INTRODUCTION

Dans les Parties précédentes, nous avons décrit :

- Le logiciel qui sera utilisé pour effectuer les simulations (HYDROWORKS-DM™).
- Le modèle de réseau d'assainissement pour lequel ces simulations seront effectuées.
- Les scénarios de pluie qui feront l'objet des simulations

Dans cette Partie, nous allons nous attacher à décrire l'environnement ainsi que le déroulement de ces simulations, c'est à dire le cadre dans lequel elles ont été effectuées et la façon dont elles l'ont été.

Cette description concerne principalement :

- Les types de résultats de simulations qu'il est demandé d'exprimer, et qui feront l'objet d'une synthèse et d'une analyse comparative.
- Les fichiers utilisés et les principales hypothèses de calcul retenues pour les simulations, afin de rendre celles-ci cohérentes et donc comparables.
- Les principaux problèmes rencontrés lors des simulations et les solutions apportées au cas par cas.

## 4.2. LES TYPES DE RESULTATS A EXPRIMER

Lors du montage de l'étude, un certain nombre d'hypothèses avaient été retenues, permettant de bien définir les types de résultats à exprimer à l'issue des simulations.

En effet, une fois le modèle construit, calé et validé, et c'est là l'avantage de la modélisation, il est possible d'exprimer les résultats de simulations en tout nœud de calcul, à tout instant, et ce pour l'ensemble des paramètres simulés par le logiciel choisi.

Afin, d'une part, de simplifier la démarche, et, d'autre part, de mieux cibler les comparaisons, il était indispensable de faire un choix sur les résultats effectivement exprimés. Ce choix porte principalement sur trois points :

- Où doivent être exprimés les résultats, c'est à dire en quels nœuds du modèle ?
- Quand doivent être exprimés ces résultats, c'est à dire sur quelles périodes de référence ?
- Pour quels paramètres (dans la liste de ceux pris en compte par le logiciel HYDROWORKS-DM™) ces résultats doivent être exprimés ?

### 4.2.1. OU SONT EXPRIMES LES RESULTATS ?

Il a été retenu que les résultats devaient uniquement être exprimés en deux endroits représentatifs :

- L'entrée de la station d'épuration, c'est à dire l'extrême aval du modèle de réseau d'assainissement concerné. Ce point, qui possède bien une représentativité réelle (l'arrivée sur les vis de relèvement de la station d'épuration, à l'aval de l'ultime déversoir d'orage du réseau), concerne les effluents qui n'ont pas été rejetés au milieu naturel, que ce soit par temps sec ou par temps de pluie.
- L'aval de l'intercepteur fictif intégré dans le modèle transféré sous HYDROWORKS-DM™, qui lui n'a pas de représentativité réelle, mais donne une bonne représentation, au moins globalement, de tout ce qui a été rejeté au milieu naturel par l'ensemble des exutoires simulés (déversoirs d'orage, trop-pleins de postes de pompage et exutoires pluviaux séparatifs). Ce point concerne donc les effluents rejetés au milieu naturel, par temps sec (rejets directs) ou par temps de pluie.

#### **4.2.2. POUR QUELLES PERIODES DE REFERENCE ?**

Dans la logique de l'étude et du choix des scénarios de pluie, il a été décidé d'exprimer les résultats des simulations sur des durées représentatives et non à des instants donnés.

Même si les simulations sont effectuées au pas de temps le plus fin possible, les résultats, quant à eux, seront exprimés à une échelle mensuelle, pour chaque mois calendaire. Les résultats annuels, également exprimés, résulteront bien entendu de la somme des résultats mensuels sur une année.

Il convient de préciser que, comme nous l'avons déjà évoqué lors de la définition des scénarios de pluie également définis mois par mois, certaines simulations concernant un mois donné pourront "déborder" légèrement sur le début du mois suivant (au pire de quelques heures). En effet, des situations pluvieuses peuvent intervenir à cheval sur deux mois calendaires et il a été jugé préférable, pour des raisons de stabilité de calcul, d'achever une simulation mensuelle sur un état le plus proche possible d'un état de temps sec.

A ces exceptions près, les simulations seront donc effectuées mois par mois, la situation finale de la simulation d'un mois N étant conservée pour être reprise en tant qu'état initial de la simulation d'un mois N+1.

#### **4.2.3. POUR QUELS PARAMETRES ?**

A partir du choix des périodes de référence mensuelles, on comprend bien que ces résultats ne peuvent concerner que des volumes et des charges polluantes, et non pas des débits ou des flux de pollution.

Il a donc été décidé d'exprimer les résultats des simulations mensuelles à travers les paramètres quantitatifs et qualitatifs suivants, pour chacun des deux sites retenus :

- Le volume mensuel.
- La charge mensuelle en MES (matières en suspension).
- La charge mensuelle en DBO<sub>5</sub> (demande biochimique en oxygène à 5 jours).
- La charge mensuelle en DCO (demande chimique en oxygène).
- La charge mensuelle en NTK (azote Kjeldhal, somme de l'azote organique et ammoniacal).

De plus, le débit maximum mensuel en entrée de station d'épuration sera également exprimé.

Par contre, le débit maximum à l'exutoire de l'intercepteur fictif (représentant la somme des rejets) ne sera pas exprimé, car il ne correspond à aucune réalité, les débits maximum de chaque rejet pouvant intervenir à des instants différents.

Il convient de préciser que les paramètres qualitatifs (pollution) retenus correspondent à ceux qui avaient été simulés et exprimés lors de l'étude précédemment menée.

### **4.3. DEFINITION DE L'ENVIRONNEMENT DES SIMULATIONS**

Il est donc désormais possible de définir le nombre de simulations à effectuer, puisque 11 années doivent être simulées (1998 étant simulée deux fois, en tant qu'année isolée et en tant qu'année de la très longue série) : 132 simulations mensuelles vont donc être effectuées dans le cadre de la présente étude.

### 4.3.1. LES FICHIERS UTILISES POUR LES SIMULATIONS

#### 4.3.1.1. Les fichiers de base (modèle de réseau d'assainissement)

Pour lancer une simulation avec HYDROWORKS-DM™, il faut tout d'abord définir quels fichiers de base sont utilisés. Ces fichiers représentent le modèle utilisé et concernent la schématisation du réseau d'assainissement et de ses organes spécifiques, la schématisation du bassin versant et des apports. Ce sont ces fichiers qui ont été créés à l'issue du transfert du modèle initialement construit pour être utilisé avec FLUPOL. Ils resteront donc identiques pour l'ensemble des simulations effectuées.

#### 4.3.1.2. Les fichiers de pluie

Il faut ensuite préciser quel fichier de pluie on souhaite utiliser, à moins de ne vouloir effectuer uniquement une simulation de temps sec. Ce fichier de pluie va donc être différent pour chaque simulation, et va représenter un mois de pluie, ou plutôt de successions de pluies et de périodes de temps sec, chaque événement pluvieux étant horodaté.

#### 4.3.1.3. Les fichiers d'état initial

Il faut également préciser à ce niveau si la simulation doit prendre en compte un état initial spécifique du modèle. Cet état initial représente la situation du modèle prise en compte au début de la simulation : débits, hauteurs d'eau, flux polluants, concentrations et masses de dépôts en tout point du réseau d'assainissement modélisé, ainsi que les lames d'eau et les stocks de pollution encore présents sur chaque bassin versant élémentaire.

Si aucun état initial spécifique n'est précisé (par le biais d'un fichier déjà existant), la simulation va démarrer sur un état qualifié de "blanc" correspondant à un état d'équilibre de temps sec dans le réseau d'assainissement (pour les débits, les hauteurs, les concentrations et les flux de pollution), associé à des masses de dépôts nulles, que ce soit dans le réseau (collecteurs) ou sur le bassin versant (surfaces actives).

Le tableau suivant présente, pour les 132 simulations mensuelles à effectuer, le type d'état initial utilisé :

Mois de L'année	1987 AR2	1998 AR1	1996 TLSR	1997 TLSR	1998 TLSR	1999 TLSR	2000 TLSR	2001 TLSR	AS1	AS2	AS3
Janvier	X	X	X	O	O	O	O	O	X	X	X
Février	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Mars	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Avril	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Mai	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Juin	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Juillet	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Août	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Septembre	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Octobre	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Novembre	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Décembre	O (*)	O (*)	O	O	O	O	O	O (*)	O (*)	O (*)	O (*)

Les "O" représentent les simulations pour lesquelles un état initial spécifique, correspondant à l'état final de la simulation du mois précédent, sera utilisé, par le biais d'un fichier sauvegardé et comprenant toutes les données requises indiquées plus haut. Les "O (\*)" indiquent les simulations pour lesquelles la sauvegarde de l'état final n'est pas nécessaire.

Seules 6 simulations mensuelles sur 132, représentées par des "X", feront l'objet d'un état initial "blanc". Il s'agit des simulations des mois de janvier :

- Des 5 années simulées de manière isolée : les 2 années réelles AR1 (1998) et AR2 (1987) et les 3 années synthétiques AS1, AS2 et AS3.
- De la première année démarrant la très longue série réelle TLSR, c'est à dire 1996.

On comprend donc mieux désormais l'intérêt de simuler deux fois l'année 1998, une fois en tant qu'année réelle N°1 isolée, l'autre fois en tant que troisième année de la très longue série réelle. On pourra en effet juger de l'impact sur les résultats mensuels (notamment et plus probablement sur les premiers mois de l'année) de la prise en compte d'un état initial "réel" (cas de la TLSR) par rapport à un état initial théorique "blanc" (cas de AR1).

#### 4.3.2. LES HYPOTHESES DE CALCUL RETENUES

Il faut tout d'abord préciser si l'on souhaite effectuer une simulation comprenant uniquement les aspects hydrauliques, ou bien une simulation complète, hydraulique et pollution. C'est bien ce deuxième choix qui sera toujours retenu.

Puis il faut préciser le module hydrologique retenu. Logiquement, et ne serait-ce que pour conserver la cohérence avec l'étude précédemment menée avec FLUPOL, le module hydrologique retenu pour toutes les simulations sera le module de DESBORDES.

Il faut ensuite définir les paramètres qualitatifs que l'on souhaite simuler, outre les matières en suspension qui sont automatiquement intégrées dans une simulation complète. On doit alors préciser, pour chaque paramètre, si l'on souhaite exprimer la part attachée aux MES (particulaire) et/ou la part dissoute. Dans toutes les simulations, les paramètres définis sont DBO<sub>5</sub>, DCO et NTK, en particulaire et en dissous, afin de pouvoir exprimer le total.

Après avoir précisé ces choix, il faut indiquer un nom pour la simulation (sinon, le logiciel en produit un automatiquement, avec une extension de toute façon imposée), ainsi qu'un titre. Il faut également indiquer s'il convient de sauvegarder l'état final de la simulation, et, si oui, préciser un nom de fichier dont l'extension est gérée automatiquement par le logiciel.

Les noms spécifiés pour les simulations seront basés sur une certaine logique. Tous les fichiers relatifs à une simulation mensuelle (résultats, hypothèses de simulation, état final, graphiques, ...) seront nommés sur le mode :

- "aamm" pour une année réelle, soit, par exemple, 8701 pour janvier 1987. Pour l'année 1998, simulée deux fois (AR1 et TLSR), on ajoutera un "i" au nom de base ("i" comme "isolée") pour les simulations relatives à AR1.
- "asXmm" pour une année synthétique (X = 1, 2 ou 3), soit par exemple as108 pour août de l'année synthétique N°1.

Il faut définir également le pas de temps de calcul des simulations. Initialement, l'idée était de définir ce pas de temps égal à celui définissant les événements pluvieux, soit 1 minute. Cependant, ce pas de temps, trop ambitieux, a posé d'énormes problèmes (voir chapitre suivant) et il a été décidé d'effectuer les simulations au pas de temps de 5 minutes.

A ce sujet, il convient de noter deux remarques :

- D'une part, cela ne pose pas de problème d'effectuer avec HYDROWORKS-DM™ des simulations à un pas de temps supérieur au pas de temps de discrétisation des fichiers de données de pluie.
- D'autre part, lors du calcul et de manière tout à fait transparente pour l'utilisateur, le logiciel peut affiner ponctuellement le pas de temps de calcul initialement défini en cas de problèmes de convergence, notamment pour la résolution des équations de Barré de Saint-Venant.

Il faut dès lors finaliser la préparation de la simulation en précisant la période exacte concernée par la simulation, en définissant les jours (jj/mm/aa) et heures (hh:mm) de début et de fin de simulation. Dès lors qu'un fichier de pluie a été défini, le logiciel propose par défaut :

- Pour le jour et l'heure de début de simulation, ceux correspondant au premier pas de temps du premier évènement pluvieux du fichier concerné.
- Pour le jour et l'heure de fin de simulation, ceux correspondant au dernier pas de temps du dernier évènement pluvieux du fichier concerné.

Bien entendu et parce que les débuts et fins des évènements ne coïncident jamais avec ceux des mois calendaires, ces propositions sont modifiées et remplacées :

- Pour le jour et l'heure de début de simulation, par le début du mois calendaire concerné N (1<sup>er</sup> jour du mois, 00h00) ou, le cas échéant, par l'heure de fin de la simulation du mois précédent, si celle-ci a "débordé" sur le mois concerné.
- Pour le jour et l'heure de fin de simulation, par le début du mois calendaire N+1 suivant le mois concerné (1<sup>er</sup> jour du mois N+1, 00h00) ou, le cas échéant, par une heure de fin (toujours le 1<sup>er</sup> jour du mois N+1) permettant que l'état final sauvegardé corresponde à une situation proche d'une situation de temps sec.

Concrètement, pour ce dernier point, on ajoute au moins 1 à 2 heures à l'heure de fin de simulation proposée par le logiciel. Cependant, il faut avoir au préalable contrôlé que cette fin de simulation pour le mois N ne serait pas postérieure à celle de début de simulation du mois N+1. Cependant, un gros effort d'analyse ayant été effectué lors de la séparation des données de pluie en fichiers mensuels, ce cas délicat ne s'est jamais présenté.

Il faut noter que, en procédant de la sorte, les simulations distinguent automatiquement, sans risque d'erreur possible, les mois de 28, 30 ou 31 jours, ainsi, et c'est important, les mois de février des années bissextiles (1996 et 2000, ainsi que, par hypothèse constructive, les 3 années synthétiques) comportant 29 jours.

Enfin, il convient d'évoquer les simulations de temps sec qu'il est possible d'effectuer avec HYDROWORKS-DM™. Dans ce cas, aucun fichier pluie n'est indiqué. Pour lancer la simulation, il faut alors indiquer manuellement une date et une heure de début de simulation, ainsi qu'une durée. Nous avons déjà indiqué que, dans le cas présent, le flot de temps sec pris en compte dans le modèle était constant, sans aucune variation horaire, journalière ou saisonnière, et égal à 1,5 fois le flot de temps sec moyen calculé à partir des paramètres intégrés dans le modèle.

HYDROWORKS-DM™ établissant, avant toute simulation, une situation d'équilibre de temps sec (en termes de débits et flux polluants transités), on peut donc dire, pour le réseau modélisé qui ne présente pas d'encrassement significatif par temps sec, que la simulation de 7 jours de temps sec (par exemple) donnera un volume et des charges polluantes en entrée de station d'épuration 7 fois supérieurs à ceux d'une simulation de 24 heures.

#### 4.4. LE DEROULEMENT DES SIMULATIONS

Tout est désormais construit et prévu pour effectuer les 132 simulations mensuelles. Cependant, cinq problèmes sont rapidement apparus.

**Le premier problème** relève de la logique : la plupart des simulations ayant besoin d'un état initial spécifique défini, correspondant à l'état final de la simulation du mois précédent, les possibilités de lancer plusieurs simulations simultanément (c'est à dire en parallèle) ont été rapidement épuisées ! Ce problème était bien entendu prévisible (et prévu) avant même le lancement des simulations.

**Le deuxième problème** est, quant à lui, purement informatique : pour gagner du temps, il a été décidé de lancer plusieurs simulations en série (c'est à dire les unes à la suite des autres), dans l'ordre mensuel chronologique. Il suffisait de gérer de façon rigoureuse et cohérente les noms et emplacements des fichiers intermédiaires (états finaux et états initiaux). Cependant, cette façon de procéder a vite montré ces limites, car des arrêts du système sont apparus en cours de simulations, dus à des dépassements de la capacité mémoire de l'ordinateur (RAM). Même si celle-ci a été rapidement augmentée, il est apparu que, pratiquement, il n'était pas possible de lancer plus de 5 ou 6 simulations en série.

**Le troisième problème**, le plus délicat, s'est présenté une fois les premières simulations mensuelles effectuées. En effet, malgré une parfaite exécution de la simulation, il s'est avéré impossible d'accéder aux fichiers de résultats, que ce soit sous forme brute (tableaux) ou sous forme de graphes. L'exportation de ces fichiers s'est avérée également impossible, sous EXCEL notamment.

En fait, nous nous sommes aperçus que la taille de ces fichiers (un pour l'hydraulique et l'autre pour la pollution) dépassait, pour une simulation mensuelle effectuée au pas de temps de 1 minute, le Gigaoctet, ce qui expliquait l'impossibilité, avec ou hors HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup>, d'ouvrir correctement la totalité des fichiers !

Deux solutions se sont présentées :

- Soit réduire la période de référence des simulations, en passant, par exemple, de simulations mensuelles à des simulations de 15 jours environ (1/2 mois), en conservant le pas de temps de calcul de 1 minute.
- Soit augmenter le pas de temps de calcul, jusqu'à trouver le pas de temps minimum pour lequel les fichiers résultats étaient "gérables", en conservant l'échelle mensuelle.

La première solution a été, du moins dans un premier temps, écartée, car elle imposait de reprendre complètement le traitement des données de pluie fournies par Météo-France, ce qui représentait un travail très important.

Nous avons donc augmenté le pas de temps de calcul, tout d'abord à 2 minutes, sans succès, puis à 5 minutes. Dans ce cas, les fichiers concernant les résultats, en hydraulique et en pollution, deviennent gérables (réduction des tailles de fichier de l'ordre de 30 à 40 %). Tout du moins il devient possible, sous HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup>, d'afficher pour n'importe quel nœud de calcul, l'hydrogramme et les différents pollutogrammes avec calculs des intégrales, soit en l'occurrence le volume et les charges polluantes mensuels recherchés. Il est également possible, pour l'hydrogramme, d'afficher également la valeur maximum de débit atteinte lors de la simulation (pour l'entrée en station d'épuration).

Il convient de noter, à titre d'information, que, pour les quelques simulations mensuelles effectuées au pas de temps de la minute, le passage à un pas de temps de 5 minutes n'a pas réduit la durée du calcul de manière importante. Ceci est très probablement dû au fait que le modèle simulé comporte de nombreux déversoirs d'orage, pour lesquels des problèmes de convergence évoqués précédemment imposent de nombreuses itérations et l'affinage systématique du pas de temps de calcul. A titre indicatif, une simulation mensuelle dure en moyenne de l'ordre de 3 heures.

Le fait de passer le pas de temps de calcul de 1 à 5 minutes "allège" donc surtout les fichiers résultats.

**Le quatrième problème** rencontré ne concerne pas à proprement parler le déroulement des simulations, mais plutôt l'extraction des résultats demandés.

En effet, si l'affichage de graphes (avec volumes, charges et débits maximum) sous HYDROWORKS-DM™ ne pose plus de problèmes avec un pas de temps de calcul de 5 minutes, il n'en reste pas moins que la taille énorme des fichiers résultats rend très lourd et très lent cet affichage. De plus, cette manière d'extraire les résultats souhaités (visualisation des graphes et des valeurs, reportées ensuite manuellement dans des tableaux EXCEL préparés à l'avance) reste l'unique solution possible, puisque toute exportation des fichiers résultats (vers EXCEL ou même sous forme de fichier texte) s'est avérée impossible.

A titre indicatif, le temps passé pour obtenir les résultats demandés d'une année complète (volumes et charges mensuels en entrée station et rejetés, plus les débits mensuels maximums en entrée station) est de l'ordre de la demi-journée !

**Le cinquième et dernier problème** rencontré est posé par la taille de l'ensemble des fichiers engendrés par une simulation mensuelle (fichiers résultats, fichiers relatifs à l'état final sauvegardé, fichiers d'hypothèses de simulation, fichier résumé du déroulement de la simulation, ...), qui dépasse largement la capacité d'un CD-ROM et qui, très vite au bout d'une dizaine de simulations, sature le disque dur.

Il a donc été décidé de procéder par sessions de 6 simulations mensuelles consécutives (soit la moitié d'une année), comportant chacune les étapes suivantes :

- Préparation et lancement "en série" des simulations de 6 mois consécutifs.
- Contrôle du bon déroulement des simulations.
- Préparation et visualisation des hydrogrammes mensuels, en entrée station et à l'exutoire de l'intercepteur fictif (somme des rejets), avec volumes et débit maximum (entrée station uniquement).
- Report des valeurs de volumes mensuels (rejets et entrée station) et de débit maximum en entrée station dans un tableau récapitulatif EXCEL préparé à l'avance.
- Préparation et visualisation des pollutogrammes (MES, DBO<sub>5</sub>, DCO et NTK) mensuels, en entrée station et à l'exutoire de l'intercepteur fictif (somme des rejets), avec charges polluantes.
- Report des valeurs de charges polluantes mensuelles (rejets et entrée station) dans le tableau récapitulatif.
- Contrôles de cohérence des résultats (notamment vis à vis des hauteurs mensuelles de pluie et des nombres d'évènements mensuels).
- Sauvegarde des fichiers relatifs à l'état final du dernier mois simulé et aux hypothèses de simulation.
- Effacement de tous les autres fichiers créés par la simulation.

## **PARTIE 5 - LES CONTROLES DE COHERENCE DES RESULTATS (COMPARAISONS FLUPOL / HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup>)**

## 5.1. INTRODUCTION

Il n'est pas question, dans le cadre de la présente étude, d'entreprendre des actions de calage et de validation du modèle transféré sous HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup> qui, de toute façon, ne représente probablement plus le réseau d'assainissement concerné tel qu'il est aujourd'hui.

Le modèle initialement construit lors de l'étude précédente avait fait l'objet d'un calage et de validations, par temps sec et par temps de pluie, en hydraulique et en pollution. Il était donc réputé donner une représentation correcte du réseau d'assainissement tel qu'il se présentait à l'époque.

Nous avons donc jugé pertinent de comparer, pour quelques scénarios de pluie, des résultats obtenus à l'époque avec FLUPOL, avec ceux que l'on obtient aujourd'hui avec HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup>.

Les actions de calage et de validation du modèle initial avaient porté sur des périodes de temps sec et sur 5 évènements pluvieux isolés. Les 76 évènements composant l'année synthétique AS1 avaient également été simulés.

Le problème est que de nombreuses hypothèses de simulation définies à l'époque, ainsi que certains résultats, n'ont pu être clairement retrouvés. En effet, toutes ces données et résultats avaient été archivés sur des supports informatiques (disques SYQUEST) qu'il a été impossible de relire. Nous avons donc dû nous limiter à des données que nous avons pu retrouver et identifier précisément sur des supports papier ou disquettes.

Ces données concernent essentiellement :

- Les hypothèses de simulation et les résultats hydrauliques pour 3 évènements isolés ayant servi au calage et à la validation : pluies des 14/09/94, 15/11/94 et 19/12/94.
- Les hypothèses de simulation et les résultats pour les 76 évènements pluvieux de l'année synthétique AS1.

C'est sur ces points de comparaisons "fiabiles" que vont porter les actions de ce que l'on peut qualifier de "contrôle de cohérence" entre les résultats fournis par HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup> et ceux obtenus à l'époque avec FLUPOL.

## 5.2. COMPARAISON POUR LE TEMPS SEC

Avant de comparer les résultats pour des scénarios de pluie, nous allons évoquer brièvement la base de temps sec. Nous l'avons vu, les bases de définition du flot de temps sec sont parfaitement identiques aux deux modèles, le modèle initial et le modèle transféré sous HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup>. Il n'y a donc pas, à proprement parler, d'action de contrôle de cohérence à mener sur ce thème, d'autant plus que FLUPOL n'est pas prévu pour effectuer des simulations de temps sec strict (ou alors il faut simuler une pluie nulle).

En se basant sur les paramètres de définition du flot de temps sec intégrés dans le modèle initial (et donc également intégrés dans le modèle utilisé dans le cadre de la présente étude), on peut établir le bilan de temps sec sur 24 heures suivant :

<b>Bilan TS 24h FLUPOL</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>/j)</b>	<b>Charge MES (kg/j)</b>	<b>Charge DBO<sub>5</sub> (kg/j)</b>	<b>Charge DCO (kg/j)</b>	<b>Charge NTK (kg/j)</b>
Rejeté (Rapt)	387	37	56	117	12
Entrée STEP	10 711	1 813	1 891	3 772	385

Il convient de rappeler que tous les effluents de temps sec n'arrivent pas à la station d'épuration puisqu'une partie de la commune de Rombas était, du moins il y a une dizaine d'années, "raccordée" au Rapt, petit ruisseau canalisé, qui rejoint directement la rivière Orne.

Si maintenant on simule 24 heures de temps sec avec HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup>, on obtient les résultats suivants :

<b>Simulation TS 24h HYDROWORKS</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>/j)</b>	<b>Charge MES (kg/j)</b>	<b>Charge DBO<sub>5</sub> (kg/j)</b>	<b>Charge DCO (kg/j)</b>	<b>Charge NTK (kg/j)</b>
Rejeté (Rapt)	387	37	56	117	12
Entrée STEP	10 753	1 818	1 894	3 778	388

Les résultats sont donc quasiment identiques, ce qui n'est bien entendu pas une surprise. Les très faibles écarts (inférieurs à 1 %) observés sur le volume et les charges polluantes en entrée de station d'épuration sont liés à des arrondis imposés par HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup> dans la prise en compte des débits et des concentrations d'apports d'eaux claires parasites et d'apports d'eaux usées spécifiques provenant de communes limitrophes.

### **5.3. COMPARAISON POUR DES EVENEMENTS PLUVIEUX ISOLES**

Nous l'avons dit plus haut, les comparaisons entre les résultats obtenus avec FLUPOL (une fois les actions de calage et de validation effectuées) et avec HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup> ne peuvent être effectuées qu'en hydraulique et pour 3 pluies : 14/09/94, 15/11/94 et 19/12/94. Pour les 2 autres pluies réelles utilisées pour les actions de calage et de validation, il a été impossible, notamment, de définir précisément la durée de la période simulée.

De plus, ces comparaisons ne peuvent être établies que pour les nœuds de calculs pour lesquels les hydrogrammes obtenus avec FLUPOL ont pu être identifiés et exprimés de manière fiable.

#### **5.3.1. PLUIE DU 14/09/94**

Cette pluie présentait, en moyenne sur les deux pluviographes installés sur la zone d'étude, les caractéristiques suivantes :

- durée : 330 minutes (5h30), de 4h45 à 10h15, le 14/09/94 ;
- hauteur totale précipitée : 9 mm ;
- intensité maximale observée : 7,2 mm/h ;
- durée de temps sec précédant la pluie : 1 jour.

Cette pluie, que l'on peut qualifier de "modérée", a été relativement homogène sur l'ensemble du bassin versant considéré.

Le hyétogramme a pu être parfaitement reconstitué en tant que fichier de donnée de pluie sous HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup>, au pas de temps de 5 minutes.

La durée de la simulation avec HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup> a été choisie égale à celle effectuée avec FLUPOL, soit 450 minutes (7h30), de 4h45 à 12h15.

Le pas de temps de calcul, identique dans les deux cas, est de 5 minutes.

Le tableau suivant présente, pour l'ensemble des nœuds de calcul pour lesquels les résultats de FLUPOL ont pu être identifiés de manière fiable (rejets de déversoirs d'orage, trop-pleins de postes de pompage, entrée de la station d'épuration), la comparaison des résultats obtenus avec FLUPOL et avec HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup> :

NŒUD FLUPOL	LIEN HYDROWORKS	TYPE D'EXUTOIRE	VOLUME (m <sup>3</sup> )		
			FLUPOL	HYDROWORKS	
A7	A07.2	DO unitaire	1 869	1 381	
A14	A14.2	DO unitaire	90	0	
A30	A30.2	DO unitaire	0	0	
A37	A37.2	DO unitaire	432	446	
A40	A40.2	DO unitaire	169	171	
A43	A43.2	DO unitaire	51	50	
A53	A53.2	DO unitaire	559	597	
A58	A58.2	DO unitaire	626	792	
A60	A60.2	DO unitaire	543	353	
B6	B06.2	DO unitaire	420	2 439	
B10	B10.2	DO unitaire	0	0	
B18	B18.2	DO unitaire	80	25	
B22	B22.2	DO unitaire	6	338	
B25	B25.2	DO unitaire vers B62	0	0	
B30	B30.2	DO unitaire vers B70	466	271	
B36	B36.2	DO unitaire	0	0	
B38	B38.2	DO unitaire	178	122	
B47	B47.2	DO unitaire vers B66	812	705	
C8	C08.4	TP PR unitaire	151	0	
C14	C14.2	DO unitaire vers C55	0	0	
C17	C17.2	DO unitaire	28	57	
C19	C19.2	DO unitaire vers C57	433	459	
C24	C24.2	DO unitaire	0	0	
C27	C27.2	DO unitaire	37	209	
C30	C30.2	DO unitaire	13	74	
C32	C32.2	DO unitaire	0	0	
C38	C38.2	DO unitaire vers C63	0	0	
C43	C43.2	DO unitaire vers C67	0	0	
C51	C51.2	DO unitaire vers C71	0	0	
D5	D05.2	DO unitaire	689	597	
D8	D08.2	DO unitaire	237	32	
D12	D12.2	DO unitaire	0	0	
D16	D16.2	DO unitaire	0	185	
D24	D24.2	DO unitaire	569	531	
D27	D27.2	DO unitaire vers D49	0	12	
D29	D29.3	TP PR unitaire	0	0	
D33	D33.4	TP PR unitaire	0	0	
D39	D39.2	DO unitaire	1 458	776	
D40	D40.2	DO unitaire	350	1 214	
D47	D47.2	DO unitaire	1 804	0	
<b>TOTAL REJETS CONCERNES (CEUX OU RÉSULTATS FLUPOL)</b>			<b>12 070</b>	<b>11 836</b>	<b>-1.94%</b>
D48	D48.1	ENTREE STEP	11 032	11 051	0.17%
<b>TOTAL REJETS CONCERNES + ENTREE STEP</b>			<b>23 102</b>	<b>22 887</b>	<b>-0.93%</b>

Pour cette pluie du 14/09/94, on observe une très bonne adéquation entre les résultats de FLUPOL et d'HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup>, sur le total "rejets concernés + entrée station" (1 % d'écart), mais aussi sur le total des rejets concernés (2 % d'écart) et l'entrée de la station d'épuration (écart 0 %).

Si l'on entre dans le détail des volumes rejetés, on observe, par contre, des écarts significatifs sur certains déversoirs ou trop-pleins de postes. Ces écarts sont dus aux différences fondamentales d'algorithmes utilisés pour simuler l'hydraulique entre les deux logiciels. En effet HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup> prend notamment en compte les mises en charge dans les collecteurs, ce que ne fait pas FLUPOL. Dès lors, cette prise en compte peut modifier de manière très importante la répartition entre ce qui est conservé dans le réseau et ce qui est rejeté, pour un déversoir d'orage, par exemple, à l'amont ou à l'aval duquel peuvent se produire des mises en charge.

### 5.3.2. PLUIE DU 15/11/94

Cette pluie présentait, sur le seul pluviographe ayant acquis des données (celui situé à l'amont du bassin versant étant obstrué), les caractéristiques suivantes :

- durée : 305 minutes (5h05), de 6h00 à 11h05, le 15/11/94 ;
- hauteur totale précipitée : 8,6 mm ;
- intensité maximale observée : 9,6 mm/h ;
- durée de temps sec précédant la pluie : 2 jours.

Il n'y a pas de moyen de savoir si cette pluie, que l'on peut également qualifier de "modérée", a été homogène sur l'ensemble du bassin versant considéré, et un seul hyétogramme (celui mesuré sur l'aval du bassin) a été appliqué par défaut sur l'ensemble du bassin versant, pour la simulation effectuée avec HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup>. Ce hyétogramme a pu être parfaitement reconstitué en tant que fichier de donnée de pluie sous HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup>, au pas de temps de 5 minutes.

Un doute subsiste cependant quant à l'utilisation, pour la simulation effectuée avec FLUPOL, d'un hyétogramme "extrapolé" pour la partie amont du bassin versant.

La durée de la simulation avec HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup> a été choisie égale à celle effectuée avec FLUPOL, soit 425 minutes (7h05), de 6h00 à 13h05. Le pas de temps de calcul, identique dans les deux cas, est de 5 minutes.

Le tableau suivant présente, pour l'ensemble des nœuds de calcul pour lesquels les résultats de FLUPOL ont pu être identifiés de manière fiable (rejets de déversoirs d'orage, trop-pleins de postes de pompage, entrée de la station d'épuration), la comparaison des résultats obtenus avec FLUPOL et avec HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup> :

NŒUD FLUPOL	LIEN HYDROWORKS	TYPE D'EXUTOIRE	VOLUME (m <sup>3</sup> )		
			FLUPOL	HYDROWORKS	
A7	A07.2	DO unitaire	2 627	1 307	
A14	A14.2	DO unitaire	236	0	
A30	A30.2	DO unitaire	0	0	
A37	A37.2	DO unitaire	659	436	
A40	A40.2	DO unitaire	304	81	
A43	A43.2	DO unitaire	164	92	
A53	A53.2	DO unitaire	1 024	649	
A58	A58.2	DO unitaire	750	672	
A60	A60.2	DO unitaire	1 195	595	
B6	B06.2	DO unitaire	816	2 005	
B10	B10.2	DO unitaire	0	0	
B18	B18.2	DO unitaire	313	96	
B22	B22.2	DO unitaire	18	291	
B25	B25.2	DO unitaire vers B62	0	0	
B30	B30.2	DO unitaire vers B70	678	263	
B36	B36.2	DO unitaire	1	0	
B38	B38.2	DO unitaire	419	192	
B47	B47.2	DO unitaire vers B66	1 538	863	
C8	C08.4	TP PR unitaire	1 272	0	
C14	C14.2	DO unitaire vers C55	0	0	
C17	C17.2	DO unitaire	143	100	
C19	C19.2	DO unitaire vers C57	707	454	
C24	C24.2	DO unitaire	0	0	
C27	C27.2	DO unitaire	135	388	
C30	C30.2	DO unitaire	127	380	
C32	C32.2	DO unitaire	71	0	
C38	C38.2	DO unitaire vers C63	0	0	
C43	C43.2	DO unitaire vers C67	0	0	
C51	C51.2	DO unitaire vers C71	70	24	
D5	D05.2	DO unitaire	979	716	
D6	D08.2	DO unitaire	402	71	
D12	D12.2	DO unitaire	0	0	
D16	D16.2	DO unitaire	35	248	
D24	D24.2	DO unitaire	1 044	474	
D27	D27.2	DO unitaire vers D49	0	34	
D29	D29.3	TP PR unitaire	38	0	
D33	D33.4	TP PR unitaire	310	61	
D39	D39.2	DO unitaire	1 874	721	
D40	D40.2	DO unitaire	1 457	1 352	
D47	D47.2	DO unitaire	1 976	0	
<b>TOTAL REJETS CONCERNES (CEUX OU RESULTATS FLUPOL)</b>			<b>21 382</b>	<b>12 565</b>	<b>-41.24%</b>
D48	D48.1	ENTREE STEP	10 056	10 413	3.55%
<b>TOTAL REJETS CONCERNES + ENTREE STEP</b>			<b>31 438</b>	<b>22 978</b>	<b>-26.91%</b>

Les écarts entre les résultats obtenus avec FLUPOL et HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup> sont, pour cette pluie du 15/11/94, importants : 41 % pour la somme des rejets concernés et 27 % pour le total "rejets concernés + entrée station". Néanmoins, l'écart reste tout à fait acceptable en ce qui concerne le volume entrant en station d'épuration (moins de 4 %).

Mais, nous l'avons dit, il n'est pas certain que la simulation FLUPOL ait été effectuée avec un seul hyétogramme appliqué à tous les bassins versants élémentaires. Il aurait fallu, pour le savoir, avoir accès aux fichiers utilisés pour la simulation.

### 5.3.3. PLUIE DU 19/12/94

Cette pluie présentait des caractéristiques bien distinctes d'un pluviographe à l'autre :

- durées : 340 minutes (0h05 à 5h45) sur le pluviographe "amont", et 40 minutes (1h45 à 2h25) sur le pluviographe "aval" ;
- hauteurs totales précipitées : 2,4 mm pour l'amont, 1,2 mm pour l'aval ;
- intensités maximales observées : 9,6 mm/h à l'amont, 4,8 mm/h à l'aval ;
- durée de temps sec précédant la pluie : 2 jours.

Cette pluie, que l'on peut qualifier de "faible", a donc été hétérogène sur le bassin versant considéré, et deux hyétogrammes différents ont été appliqués. Cette fois, les zones d'application de chacun des hyétogrammes étaient précisées par des annotations manuelles figurant sur des tableaux de résultats.

Les deux hyétogrammes définis ont pu être parfaitement reconstitués en tant que fichiers de donnée de pluie sous HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup>, au pas de temps de 5 minutes.

La durée de la simulation avec HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup> a été choisie égale à celle effectuée avec FLUPOL, soit 460 minutes (7h40), de 0h05 à 7h45.

Le pas de temps de calcul, identique dans les deux cas, est de 5 minutes.

Le tableau suivant présente, pour l'ensemble des nœuds de calcul pour lesquels les résultats de FLUPOL ont pu être identifiés de manière fiable (rejets de déversoirs d'orage, trop-pleins de postes de pompage, entrée de la station d'épuration), la comparaison des résultats obtenus avec FLUPOL et avec HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup> :

NŒUD FLUPOL	LIEN HYDROWORKS	TYPE D'EXUTOIRE	VOLUME (m <sup>3</sup> )		
			FLUPOL	HYDROWORKS	
A7	A07.2	DO unitaire	376	355	
A14	A14.2	DO unitaire	13	0	
A30	A30.2	DO unitaire	0	0	
A37	A37.2	DO unitaire	84	89	
A40	A40.2	DO unitaire	29	34	
A43	A43.2	DO unitaire	5	6	
A53	A53.2	DO unitaire	108	103	
A58	A58.2	DO unitaire	206	172	
A60	A60.2	DO unitaire	65	0	
B6	B06.2	DO unitaire	80	422	
B10	B10.2	DO unitaire	0	0	
B18	B18.2	DO unitaire	10	0	
B22	B22.2	DO unitaire	0	124	
B25	B25.2	DO unitaire vers B62	0	0	
B30	B30.2	DO unitaire vers B70	105	66	
B36	B36.2	DO unitaire	0	0	
B38	B38.2	DO unitaire	41	22	
B47	B47.2	DO unitaire vers B66	144	116	
C8	C08.4	TP PR unitaire	0	0	
C14	C14.2	DO unitaire vers C55	0	0	
C17	C17.2	DO unitaire	0	9	
C19	C19.2	DO unitaire vers C57	103	95	
C24	C24.2	DO unitaire	0	0	
C27	C27.2	DO unitaire	4	14	
C30	C30.2	DO unitaire	0	0	
C32	C32.2	DO unitaire	0	0	
C38	C38.2	DO unitaire vers C63	0	0	
C43	C43.2	DO unitaire vers C67	0	0	
C51	C51.2	DO unitaire vers C71	0	0	
D5	D05.2	DO unitaire	139	91	
D8	D08.2	DO unitaire	48	0	
D12	D12.2	DO unitaire	0	0	
D16	D16.2	DO unitaire	0	19	
D24	D24.2	DO unitaire	90	107	
D27	D27.2	DO unitaire vers D49	0	0	
D29	D29.3	TP PR unitaire	0	0	
D33	D33.4	TP PR unitaire	0	0	
D39	D39.2	DO unitaire	484	74	
D40	D40.2	DO unitaire	0	0	
D47	D47.2	DO unitaire	0	0	
<b>TOTAL REJETS CONCERNES (CEUX OU RESULTATS FLUPOL)</b>			<b>2 134</b>	<b>1 918</b>	<b>-10.12%</b>
D48	D48.1	ENTREE STEP	6 662	6 853	2.87%
<b>TOTAL REJETS CONCERNES + ENTREE STEP</b>			<b>8 796</b>	<b>8 771</b>	<b>-0.28%</b>

Pour cette pluie du 19/12/94, on observe une très bonne adéquation entre les résultats de FLUPOL et d'HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup>, sur le total "rejets concernés + entrée station" (0 % d'écart) et sur l'entrée de la station d'épuration (écart 3 %). L'écart (10 %) est un peu plus important sur le total des rejets concernés, mais reste tout à fait acceptable.

## 5.4. COMPARAISON POUR L'ANNEE SYNTHETIQUE AS1

### 5.4.1. LE BILAN ANNUEL OBTENU AVEC HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup>

Nous aborderons de manière plus détaillée les résultats obtenus pour l'année synthétique AS1 dans la Partie suivante, en même temps que les autres années simulées. Ces résultats seront présentés sous une forme semblable au tableau suivant, qui n'est qu'un extrait des tableaux complets qui seront présentés :

ORNE AS1	RAPPEL HAUTEUR	SOMME DES REJETS AU MILIEU NATUREL (rejets directs, DO, trop-pleins de PR, exutoires EP)					ENTREE STATION D'EPURATION					
	DE PLUIE (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Débit max (l/s)
Janvier	22.2	52 840	6 857	3 999	6 834	618	363 158	72 551	74 862	148 166	15 093	599
Février	62.5	135 877	43 242	11 024	26 913	1 672	384 769	65 293	56 120	110 609	11 100	727
Mars	24.3	50 285	8 838	4 989	7 911	723	374 638	61 245	62 802	124 840	12 750	533
Avril	2.4	14 748	4 885	3 074	5 045	471	324 241	55 480	67 955	139 675	14 310	404
Mai	45.7	94 886	28 162	8 259	19 932	1 317	394 685	62 523	65 379	134 939	13 619	589
Juin	50.8	124 009	87 784	19 077	49 552	2 792	374 751	64 051	56 827	118 028	11 706	669
Juillet	37.2	89 494	60 736	14 097	37 556	2 146	376 440	65 277	64 456	134 848	13 454	622
Août	10.4	31 278	22 415	6 507	14 533	967	349 413	61 412	60 217	121 440	12 319	470
Septembre	14.4	40 015	37 892	9 969	23 083	1 440	341 531	62 114	56 426	115 166	11 540	524
Octobre	9.6	28 537	12 267	5 007	9 158	725	347 248	58 804	61 193	122 363	12 519	532
Novembre	30.9	60 691	26 102	8 322	17 043	1 212	373 002	61 189	56 865	114 725	11 545	484
Décembre	23.4	54 768	30 101	10 007	19 287	1 370	362 767	58 333	57 765	116 284	11 819	580
<b>TOTAL</b>	<b>333.8</b>	<b>777 428</b>	<b>369 281</b>	<b>104 331</b>	<b>236 847</b>	<b>15 453</b>	<b>4 366 643</b>	<b>748 272</b>	<b>740 867</b>	<b>1 501 083</b>	<b>151 774</b>	-

L'année synthétique AS1 a donc été simulée par l'intermédiaire de 12 simulations mensuelles, avec toutes les hypothèses définies dans la Partie précédente.

Le bilan annuel pour AS1 peut donc s'établir ainsi :

HYDROWORKS AS1 (366 jours)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)
Somme des rejets	777 428	369 281	104 331	236 847	15 453
Entrée STEP	4 366 643	748 272	740 867	1 501 083	151 774
<b>TOTAL</b>	<b>5 144 071</b>	<b>1 117 553</b>	<b>845 198</b>	<b>1 737 930</b>	<b>167 227</b>

Pour la suite de la comparaison, il convient de rappeler deux remarques essentielles :

- L'année synthétique AS1, construite sur une base d'année bissextile, comprend 366 jours.
- Le flot de temps sec constant, pris en compte pour toutes les simulations mensuelles effectuées avec HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup>, donc pour toute l'année AS1, correspond à la pointe de temps sec prise en compte dans les simulations FLUPOL, et dont le bilan sur 24 heures a déjà été présenté dans le chapitre consacré à la comparaison relative au temps sec.

#### 5.4.2. LE BILAN ANNUEL PRESENTE LORS DE L'ETUDE PRECEDENTE

Le tableau suivant est extrait du rapport de synthèse rédigé dans le cadre de l'étude précédente :

N° FLUPOL			EXUTOIRE	VOLUME (m3)	CHARGES (kg)				
Bassin	Point	Type			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	5 636	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	
<b>Total rejeté dans l'Orne par temps de pluie durant l'année (sur la durée des 76 simulations)</b>				<b>570 517</b>	<b>189 978</b>	<b>122 989</b>	<b>202 992</b>	<b>11 374</b>	
<b>Entrant à l'usine d'épuration par temps de pluie durant l'année (sur la durée des 76 simulations)</b>				<b>812 189</b>	<b>249 452</b>	<b>176 291</b>	<b>303 242</b>	<b>33 025</b>	
<b>Total entrant à l'usine d'épuration durant l'année (sur 365 jours)</b>				<b>3 580 769</b>	<b>664 739</b>	<b>646 950</b>	<b>1 355 302</b>	<b>96 702</b>	

La lecture de ce tableau exige quelques explications. Il indique tout d'abord, en partant du haut, les volumes et charges polluantes annuels rejetés au milieu naturel par chaque rejet. Il convient de préciser deux aspects importants pour la suite de la comparaison :

- Ne figurent dans le tableau que les exutoires vers le milieu naturel qui ont effectivement rejeté des effluents pour au moins l'une des 76 pluies composant l'année synthétique AS1. Certains exutoires (notamment des déversoirs ou des trop-pleins de postes de pompage) pour lesquels les rejets étaient nuls n'ont pas été mentionnés dans le tableau, ce qui explique que seuls 35 exutoires y figurent, sur les 45 exutoires au milieu naturel que comprend le modèle.
- Ces volumes et charges annuels rejetés sont la somme des résultats obtenus pour chacune des 76 simulations effectuées avec FLUPOL, puisque celui-ci a simulé l'année synthétique événement par événement.

Le "total rejeté dans l'Orne par temps de pluie durant l'année" est donc la somme des 35 lignes précédentes. Ce total indique bien les volumes et charges rejetés durant l'année, mais sur une période correspondant à la somme des durées des 76 simulations FLUPOL effectuées, soit 64 170 minutes (un peu plus de 44 jours).

A l'époque, il avait été négligé qu'un rejet (le Rapt), rejetait également par temps sec (car recevant des eaux usées à cause de défauts de collecte), et le total rejeté avait été assimilé, pour le bilan annuel, à ce qui était effectivement rejeté au milieu naturel sur l'ensemble de l'année.

Pour être correct, il aurait fallu ajouter, pour la période complémentaire à la durée cumulée des simulations (365 jours moins 44,5 jours), le rejet de temps sec permanent.

L'"entrant à l'usine d'épuration par temps de pluie durant l'année" indique, en entrée de station d'épuration (soit pour le 46<sup>ème</sup> exutoire du modèle), la somme des résultats obtenus pour chacune des 76 simulations effectuées. Ce total indique donc les volumes et charges entrant en station, mais toujours sur la période correspondant au cumul des durées des 76 simulations FLUPOL effectuées, soit un peu plus de 44 jours sur l'année.

C'est pourquoi la dernière ligne du tableau ("total entrant à l'usine d'épuration durant l'année") reprend la ligne précédente et y ajoute (ce qui n'a pas été fait pour les rejets) le flot de temps sec pour la période complémentaire.

Or, à l'époque, il avait été jugé peu cohérent de prendre en compte, pour la période complémentaire (soit un peu plus de 320 jours), le flot de temps sec intégré dans les simulations de temps de pluie, et qui correspondait à une situation de pointe permanente.

Pour établir cette dernière ligne du tableau, il avait été décidé de retenir un flot de temps sec "moyen", basé sur des mesures disponibles en entrée de station. Les caractéristiques de ce flot de temps sec moyen étaient définies par un débit de 100 l/s et les concentrations suivantes : [MES] = 150 mg/l, [DBO<sub>5</sub>] = 170 mg/l, [DCO] = 380 mg/l et [NTK] = 23 mg/l.

Si l'on calcule, à partir des ces valeurs, le volume et les charges journaliers correspondant à ce flot de temps sec moyen, on obtient :

<b>TS moyen 24h calculé</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>/j)</b>	<b>Charge MES (kg/j)</b>	<b>Charge DBO<sub>5</sub> (kg/j)</b>	<b>Charge DCO (kg/j)</b>	<b>Charge NTK (kg/j)</b>
Entrée STEP	8 640	1 296	1 469	3 283	199

En multipliant ces valeurs par le nombre de jours de la période complémentaire, soit 320,4375 jours (pour une année normale de 365 jours), on retrouve bien la différence entre les deux dernières lignes du tableau.

Mais on constate également qu'on est très en deçà des volumes et charges journalières prises en compte dans les 76 simulations de temps de pluie effectuées avec FLUPOL et dans les 12 simulations mensuelles effectuées avec HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup>, correspondant à une situation de pointe, déjà présentées dans la comparaison relative au temps sec et rappelées ci-dessous :

<b>TS pointe 24h simulé</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>/j)</b>	<b>Charge MES (kg/j)</b>	<b>Charge DBO<sub>5</sub> (kg/j)</b>	<b>Charge DCO (kg/j)</b>	<b>Charge NTK (kg/j)</b>
FLUPOL	10 711	1 813	1 891	3 772	385
HYDROWORKS	10 753	1 818	1 894	3 778	388

On ne peut donc pas directement comparer les résultats présentés lors de l'étude précédente avec ceux obtenus avec HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup>, et ce pour deux raisons principales :

- D'une part le bilan annuel présenté lors de l'étude précédente n'a pas tenu compte du rejet permanent de temps sec.
- D'autre part, le flot de temps ajouté aux résultats des simulations FLUPOL, pour la période complémentaire, n'a rien à voir avec celui que simule HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup> en permanence, qu'il pleuve ou non.

Accessoirement, il faut également tenir compte du fait que les résultats obtenus avec HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup> concernent une année de 366 jours car bissextile.

### 5.4.3. PROCEDURE COMPARATIVE

Pour établir une comparaison correcte, il faut donc rendre les bilans cohérents.

Pour cela, il faut reprendre les résultats totaux obtenus pour les 76 simulations effectuées avec FLUPOL pour les 76 événements de l'année synthétique, y ajouter (tant pour les rejets que pour l'entrée station) le flot de temps sec de pointe pris en compte dans le modèle, pour la période complémentaire au cumul des durées des simulations FLUPOL, augmentée d'une journée pour avoir un bilan sur une année bissextile.

Ce bilan pourra alors être comparé à celui obtenu avec HYDROWORKS-DM™.

Le tableau suivant rappelle les résultats totaux obtenus pour les 76 simulations effectuées avec FLUPOL, dont la durée cumulée est égale à 44,5625 jours :

<b>FLUPOL Sur 44,5625 jours</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Charge MES (kg)</b>	<b>Charge DBO<sub>5</sub> (kg)</b>	<b>Charge DCO (kg)</b>	<b>Charge NTK (kg)</b>
Somme des rejets	570 517	189 978	122 989	202 992	11 374
Entrée STEP	812 189	249 452	176 291	303 242	33 025

Ces résultats "de temps de pluie" comprennent bien le flot de temps sec de pointe intégré au modèle.

Le tableau suivant exprime le calcul de ce flot de temps sec de pointe pour la période complémentaire fixée ici à 321,4375 jours :

<b>TS pointe Sur 321,4375 jours</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Charge MES (kg)</b>	<b>Charge DBO<sub>5</sub> (kg)</b>	<b>Charge DCO (kg)</b>	<b>Charge NTK (kg)</b>
Somme des rejets	124 396	11 893	18 001	37 608	3 857
Entrée STEP	3 456 417	584 373	608 803	1 214 391	124 718

Il s'agit tout simplement des résultats du tableau concernant les résultats d'une simulation de 24 heures de temps sec effectuée avec HYDROWORKS-DM™, présentés dans la comparaison du temps sec, multipliés par 321,4375.

En sommant les deux tableaux précédents, on obtient le tableau suivant :

<b>FLUPOL + TS pte Sur 366 jours</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Charge MES (kg)</b>	<b>Charge DBO<sub>5</sub> (kg)</b>	<b>Charge DCO (kg)</b>	<b>Charge NTK (kg)</b>
Somme des rejets	694 913	201 871	140 990	240 600	15 231
Entrée STEP	4 268 606	833 825	785 094	1 517 633	157 743
<b>TOTAL</b>	<b>4 963 520</b>	<b>1 035 697</b>	<b>926 083</b>	<b>1 758 233</b>	<b>172 974</b>

Ce tableau peut alors être comparé à celui déjà exprimé pour les résultats obtenus avec HYDROWORKS-DM™ et rappelé ci-dessous :

<b>HYDROWORKS AS1 (366 jours)</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Charge MES (kg)</b>	<b>Charge DBO<sub>5</sub> (kg)</b>	<b>Charge DCO (kg)</b>	<b>Charge NTK (kg)</b>
Somme des rejets	777 428	369 281	104 331	236 847	15 453
Entrée STEP	4 366 643	748 272	740 867	1 501 083	151 774
<b>TOTAL</b>	<b>5 144 071</b>	<b>1 117 553</b>	<b>845 198</b>	<b>1 737 930</b>	<b>167 227</b>

Il y a en effet désormais un contexte cohérent commun à ces résultats, tant pour la période de référence (l'année synthétique AS1 de 366 jours) que pour le flot de temps sec (de pointe tout le long de l'année), pris en compte pour l'entrée station mais aussi pour les rejets.

Il est donc possible d'exprimer les écarts, en pourcentages, entre les résultats "FLUPOL" (en fait les résultats des 76 simulations FLUPOL plus une hypothèse cohérente pour le temps sec complémentaire) et les résultats "HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup>", calculés dans le tableau suivant :

<b>Ecarts FLUPOL/ HYDROWORKS</b>	<b>Volume</b>	<b>Charge MES</b>	<b>Charge DBO<sub>5</sub></b>	<b>Charge DCO</b>	<b>Charge NTK</b>
Somme des rejets	- 10,6 %	- 45,3 %	+ 35,1 %	+ 1,6 %	- 1,4 %
Entrée STEP	- 2,2 %	+ 11,4 %	+ 6,0 %	+ 1,1 %	+ 3,9 %
<b>TOTAL</b>	<b>- 3,5 %</b>	<b>- 7,3 %</b>	<b>+ 9,6 %</b>	<b>+ 1,2 %</b>	<b>+ 3,4 %</b>

Certains écarts sont importants, notamment sur les charges annuelles rejetées, pour les MES et la DBO<sub>5</sub>, et, à un degré moindre, sur le volume annuel rejeté.

Néanmoins, nous l'avons déjà expliqué, il n'est pas surprenant que la répartition entre ce qui est rejeté et ce qui arrive à la station d'épuration soit différente, de par les différences d'algorithmes utilisés entre les deux logiciels et du fait que les déversoirs d'orage, notamment, soient pris en compte de manière similaire mais pas rigoureusement identique.

Le jugement doit essentiellement porter sur le total "rejets + entrée STEP", pour lequel les écarts obtenus restent tout à fait acceptables.

## **PARTIE 6 - LA SYNTHÈSE ET L'ANALYSE DES RESULTATS OBTENUS**

## 6.1. LE MODE DE PRESENTATION DES RESULTATS ADOPTE

Nous avons jugé nécessaire de présenter, pour chaque année simulée, les résultats sous une forme identique, c'est à dire un tableau récapitulatif comprenant :

- Le rappel des hauteurs de pluie mensuelles.
- Les volumes et charges (MES, DBO<sub>5</sub>, DCO et NTK) mensuels pour la somme des rejets au milieu naturel.
- Les volumes et charges (MES, DBO<sub>5</sub>, DCO et NTK) mensuels, ainsi que les débits maximums mensuels, pour l'entrée de la station d'épuration.
- Les volumes et charges (MES, DBO<sub>5</sub>, DCO et NTK) mensuels totaux, calculés pour le total "somme des rejets + entrée station".
- Les volumes et charges (MES, DBO<sub>5</sub>, DCO et NTK) annuels calculés comme les sommes des résultats mensuels, pour la somme des rejets, l'entrée station et le total "somme des rejets + entrée station".
- Les volumes et charges (MES, DBO<sub>5</sub>, DCO et NTK) calculés sur la période critique (mai à septembre), pour la somme des rejets, l'entrée station et le total "somme des rejets + entrée station", ainsi que ce qu'ils représentent en pourcentage par rapport aux volumes et charges annuels.

Il a été également décidé de faire figurer dans ce tableau récapitulatif le calcul, mois par mois, sur l'année et sur la période critique, de la surface active globale. Ce calcul, qui est une sorte de contrôle, permet en effet de déceler immédiatement une erreur grossière dans les résultats en volumes.

Pour calculer la surface active, il faut partir, pour chaque mois, du volume calculé pour le total "somme des rejets + entrée station", qui représente donc les apports globaux (temps sec et temps de pluie). En retranchant à ce volume celui représentant uniquement le temps sec, on obtient le volume correspondant au ruissellement par temps de pluie sur les surfaces imperméabilisées (surfaces actives). Et en divisant ce volume correspondant au ruissellement par la hauteur de pluie mensuelle, on obtient la surface active recalculée, que l'on peut alors comparer à la surface active prise en compte dans le modèle, c'est à dire 315 hectares.

Mais pour effectuer ce calcul, il faut d'abord exprimer une année fictive de temps sec (voir chapitre suivant).

Pour plus de lisibilité, le tableau récapitulatif sera scindé en deux tableaux, l'un pour les résultats directement obtenus par les simulations (somme des rejets et entrée station), l'autre pour le total calculé "somme des rejets + entrée station", ainsi que pour le calcul de la surface active.

## 6.2. PRESENTATION D'UNE ANNEE FICTIVE DE TEMPS SEC (TS)

Cette année fictive de temps sec va permettre, à partir du bilan de temps sec sur 24 heures simulé par HYDROWORKS-DM<sup>TM</sup>, d'exprimer, mois par mois, pour l'année et sur la période critique, les volumes et charges correspondant uniquement au temps sec, pour la somme des rejets (en fait un seul rejet est concerné), l'entrée en station d'épuration et le total "somme des rejets + entrée station".

Les volumes et charges mensuels calculés correspondent à ceux simulés pour le bilan 24 heures, multipliés par le nombre de jours du mois concerné.

Il a été décidé arbitrairement de considérer cette année fictive de temps sec comme une année normale non bissextile. Le mois de février exprimé comprend donc 28 jours. Il faut rappeler que les années 1996, 2000, ainsi que les trois années synthétiques AS1, AS2 et AS3, sont des années bissextiles.

Pour ces 5 années, le calcul effectué pour retrouver la surface active intégrera bien un bilan de temps sec calculé, pour le mois de février, sur une base de 29 jours.

Afin de conserver une présentation homogène avec celle décidée pour les années simulées, l'année fictive de temps sec est exprimée sous la forme des deux tableaux suivants, sauf qu'ici le calcul de la surface active n'a pas de sens et n'est donc pas indiqué :

ORNE	SOMME DES REJETS AU MILIEU NATUREL (un seul rejet direct par temps sec : le Rapt à Rombas)					ENTREE STATION D'EPURATION					
	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Débit max (l/s)
<b>24 heures</b>	<b>387</b>	<b>37</b>	<b>56</b>	<b>117</b>	<b>12</b>	<b>10 753</b>	<b>1 818</b>	<b>1 894</b>	<b>3 778</b>	<b>388</b>	<b>161</b>
Janvier	11 997	1 147	1 736	3 627	372	333 343	56 358	58 714	117 118	12 028	161
Février	10 836	1 036	1 568	3 276	336	301 084	50 904	53 032	105 784	10 864	161
Mars	11 997	1 147	1 736	3 627	372	333 343	56 358	58 714	117 118	12 028	161
Avril	11 610	1 110	1 680	3 510	360	322 590	54 540	56 820	113 340	11 640	161
Mai	11 997	1 147	1 736	3 627	372	333 343	56 358	58 714	117 118	12 028	161
Juin	11 610	1 110	1 680	3 510	360	322 590	54 540	56 820	113 340	11 640	161
Juillet	11 997	1 147	1 736	3 627	372	333 343	56 358	58 714	117 118	12 028	161
Août	11 997	1 147	1 736	3 627	372	333 343	56 358	58 714	117 118	12 028	161
Septembre	11 610	1 110	1 680	3 510	360	322 590	54 540	56 820	113 340	11 640	161
Octobre	11 997	1 147	1 736	3 627	372	333 343	56 358	58 714	117 118	12 028	161
Novembre	11 610	1 110	1 680	3 510	360	322 590	54 540	56 820	113 340	11 640	161
Décembre	11 997	1 147	1 736	3 627	372	333 343	56 358	58 714	117 118	12 028	161
<b>TOTAL</b>	<b>141 255</b>	<b>13 505</b>	<b>20 440</b>	<b>42 705</b>	<b>4 380</b>	<b>3 924 845</b>	<b>663 570</b>	<b>691 310</b>	<b>1 378 970</b>	<b>141 620</b>	<b>161</b>
<i>Mai-Sept.</i>	<i>59 211</i>	<i>5 661</i>	<i>8 568</i>	<i>17 901</i>	<i>1 836</i>	<i>1 645 209</i>	<i>278 154</i>	<i>289 782</i>	<i>578 034</i>	<i>59 364</i>	-
% total	42%	42%	42%	42%	42%	42%	42%	42%	42%	42%	-

ORNE	TOTAL SOMME REJETS + ENTREE STEP				
TEMPS SEC	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)
	<b>24 heures</b>	<b>11 140</b>	<b>1 855</b>	<b>1 950</b>	<b>3 895</b>
Janvier	345 340	57 505	60 450	120 745	12 400
Février	311 920	51 940	54 600	109 060	11 200
Mars	345 340	57 505	60 450	120 745	12 400
Avril	334 200	55 650	58 500	116 850	12 000
Mai	345 340	57 505	60 450	120 745	12 400
Juin	334 200	55 650	58 500	116 850	12 000
Juillet	345 340	57 505	60 450	120 745	12 400
Août	345 340	57 505	60 450	120 745	12 400
Septembre	334 200	55 650	58 500	116 850	12 000
Octobre	345 340	57 505	60 450	120 745	12 400
Novembre	334 200	55 650	58 500	116 850	12 000
Décembre	345 340	57 505	60 450	120 745	12 400
<b>TOTAL</b>	<b>4 066 100</b>	<b>677 075</b>	<b>711 750</b>	<b>1 421 675</b>	<b>146 000</b>
<i>Mai-Sept.</i>	<i>1 704 420</i>	<i>283 815</i>	<i>298 350</i>	<i>595 935</i>	<i>61 200</i>
% total	42%	42%	42%	42%	42%

## 6.3. LES RESULTATS OBTENUS A PARTIR DES SIMULATIONS MENSUELLES EFFECTUEES

### 6.3.1. LA 1ERE ANNEE REELLE (AR1 1998)

Les deux tableaux suivants expriment les résultats obtenus à l'issue des 12 simulations mensuelles effectuées avec HYDROWORKS-DM™ :

ORNE AR1 1998	RAPPEL HAUTEUR	SOMME DES REJETS AU MILIEU NATUREL (rejets directs, DO, trop-pleins de PR, exutoires EP)					ENTREE STATION D'EPURATION					
	DE PLUIE (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Débit max (l/s)
Janvier	61.8	132 964	30 265	8 657	20 834	1 373	409 142	60 586	56 311	113 201	11 423	661
Février	7.0	19 884	10 717	5 100	7 636	670	314 289	70 222	70 711	139 097	14 115	394
Mars	32.6	72 847	36 165	9 176	24 707	1 473	376 214	64 580	58 582	117 369	11 808	676
Avril	135.6	264 631	61 259	15 844	41 918	2 565	498 686	74 638	58 167	117 670	11 504	637
Mai	36.6	91 485	46 975	11 099	28 088	1 679	369 470	66 973	60 667	121 599	12 214	694
Juin	49.8	105 347	47 886	13 509	29 460	1 935	389 066	59 151	59 789	122 266	12 354	635
Juillet	46.2	92 694	42 546	13 101	29 946	2 088	400 898	73 270	64 275	127 978	12 802	577
Août	21.0	47 498	17 778	6 956	12 910	990	364 185	58 969	60 031	120 933	12 311	572
Septembre	88.8	189 737	65 518	20 816	49 452	3 606	425 636	62 413	87 291	188 022	18 989	764
Octobre	173.4	382 794	72 151	18 284	44 605	2 842	510 449	66 863	54 532	109 487	10 887	703
Novembre	41.6	76 734	20 721	8 472	14 710	1 176	389 914	58 381	55 441	109 560	11 147	536
Décembre	38.6	68 099	14 287	7 355	11 713	1 067	400 849	58 756	58 599	116 518	11 885	558
<b>TOTAL</b>	<b>733.0</b>	<b>1 544 714</b>	<b>466 268</b>	<b>138 369</b>	<b>315 979</b>	<b>21 464</b>	<b>4 848 798</b>	<b>774 802</b>	<b>744 396</b>	<b>1 503 700</b>	<b>151 439</b>	-
<b>Mai-Sept.</b>	<b>242.4</b>	<b>526 761</b>	<b>220 703</b>	<b>65 481</b>	<b>149 856</b>	<b>10 298</b>	<b>1 949 255</b>	<b>320 776</b>	<b>332 053</b>	<b>680 798</b>	<b>68 670</b>	-
% total	33%	34%	47%	47%	47%	48%	40%	41%	45%	45%	45%	-

ORNE AR1 1998	RAPPEL HAUTEUR	TOTAL SOMME REJETS + ENTREE STEP					CALCUL SURFACE ACTIVE GLOBALE (égale à 315 hectares en théorie)				
	DE PLUIE (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume global (m <sup>3</sup> )	Volume temps sec (m <sup>3</sup> )	Volume ruissellement (m <sup>3</sup> )	Hauteur de pluie (mm)	Surface active (ha)
Janvier	61.8	542 106	90 851	64 968	134 035	12 796	542 106	345 340	196 766	61.8	318
Février	7.0	334 173	80 939	75 811	146 733	14 785	334 173	311 920	22 253	7.0	318
Mars	32.6	449 061	100 745	67 758	142 076	13 281	449 061	345 340	103 721	32.6	318
Avril	135.6	763 317	135 897	74 011	159 588	14 069	763 317	334 200	429 117	135.6	316
Mai	36.6	460 955	113 948	71 766	149 687	13 893	460 955	345 340	115 615	36.6	316
Juin	49.8	494 413	107 037	73 298	151 726	14 289	494 413	334 200	160 213	49.8	322
Juillet	46.2	493 592	115 816	77 376	157 924	14 890	493 592	345 340	148 252	46.2	321
Août	21.0	411 683	76 747	66 987	133 843	13 301	411 683	345 340	66 343	21.0	316
Septembre	88.8	615 373	127 931	108 107	237 474	22 595	615 373	334 200	281 173	88.8	317
Octobre	173.4	893 243	139 014	72 816	154 092	13 729	893 243	345 340	547 903	173.4	316
Novembre	41.6	466 648	79 102	63 913	124 270	12 323	466 648	334 200	132 448	41.6	318
Décembre	38.6	468 948	73 043	65 954	128 231	12 952	468 948	345 340	123 608	38.6	320
<b>TOTAL</b>	<b>733.0</b>	<b>6 393 512</b>	<b>1 241 070</b>	<b>882 765</b>	<b>1 819 679</b>	<b>172 903</b>	<b>6 393 512</b>	<b>4 066 100</b>	<b>2 327 412</b>	<b>733.0</b>	<b>318</b>
<b>Mai-Sept.</b>	<b>242.4</b>	<b>2 476 016</b>	<b>541 479</b>	<b>397 534</b>	<b>830 654</b>	<b>78 968</b>	<b>2 476 016</b>	<b>1 704 420</b>	<b>771 596</b>	<b>242.4</b>	<b>318</b>
% total	33%	39%	44%	45%	46%	46%	39%	42%	33%	33%	-

Les simulations respectent les mois calendaires, à l'exception de la simulation d'octobre, qui s'achève le 01/11/98 à 7h00, celle de novembre démarrant à cette heure précise. L'état initial pris en compte pour la simulation de janvier est un état "blanc", tel que défini dans les hypothèses.

Les surfaces actives recalculées varient entre 316 et 322 hectares.

Les pourcentages représentant la période critique par rapport à l'année complète sont de 33 % pour la hauteur de pluie, 34 % pour le volume rejeté et varient de 47 à 48 % pour les charges rejetées.

### 6.3.2. LA 2EME ANNEE REELLE (AR2 1987)

Les deux tableaux suivants expriment les résultats obtenus à l'issue des 12 simulations mensuelles effectuées avec HYDROWORKS-DM™ :

ORNE AR2 1987	RAPPEL HAUTEUR	SOMME DES REJETS AU MILIEU NATUREL (rejets directs, DO, trop-pleins de PR, exutoires EP)					ENTREE STATION D'EPURATION					
	DE PLUIE (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Débit max (l/s)
Janvier	30.6	62 108	6 115	3 833	7 110	648	380 058	63 805	219 373	499 145	51 127	554
Février	57.1	108 293	40 190	10 371	26 066	1 636	382 294	70 850	54 850	106 086	10 490	652
Mars	67.5	119 571	29 503	9 503	21 756	1 518	439 318	63 432	55 535	112 193	11 214	549
Avril	16.1	35 425	19 484	6 691	13 596	977	349 775	58 061	56 137	113 096	11 447	512
Mai	64.1	119 859	48 420	13 099	31 470	1 978	426 571	66 370	57 094	115 658	11 508	590
Juin	133.3	280 765	71 405	16 149	43 115	2 528	474 023	66 967	52 703	107 826	10 593	741
Juillet	116.8	256 081	91 742	19 831	52 726	2 993	456 717	69 768	58 976	122 176	12 018	661
Août	51.3	97 692	34 007	9 388	22 557	1 513	409 796	90 084	63 110	134 085	12 769	569
Septembre	39.4	89 303	49 756	10 076	28 429	1 610	368 952	66 145	61 036	124 036	12 424	620
Octobre	99.0	198 626	43 160	12 014	29 351	1 906	460 512	63 709	58 468	119 595	11 941	669
Novembre	42.7	73 564	20 970	8 886	15 982	1 296	394 622	60 514	58 487	116 541	11 817	516
Décembre	38.7	83 536	22 044	6 775	16 382	1 105	384 618	62 226	60 519	122 415	12 353	606
<b>TOTAL</b>	<b>756.6</b>	<b>1 524 823</b>	<b>476 796</b>	<b>126 616</b>	<b>308 540</b>	<b>19 708</b>	<b>4 927 256</b>	<b>801 931</b>	<b>856 288</b>	<b>1 792 852</b>	<b>179 701</b>	-
<b>Mai-Sept.</b>	<b>404.9</b>	<b>843 700</b>	<b>295 330</b>	<b>68 543</b>	<b>178 297</b>	<b>10 622</b>	<b>2 136 059</b>	<b>359 334</b>	<b>292 919</b>	<b>603 781</b>	<b>59 312</b>	-
% total	54%	55%	62%	54%	56%	54%	43%	45%	34%	34%	33%	-

ORNE AR2 1987	RAPPEL HAUTEUR	TOTAL SOMME REJETS + ENTREE STEP					CALCUL SURFACE ACTIVE GLOBALE (égale à 315 hectares en théorie)				
	DE PLUIE (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume global (m <sup>3</sup> )	Volume temps sec (m <sup>3</sup> )	Volume ruissellement (m <sup>3</sup> )	Hauteur de pluie (mm)	Surface active (ha)
Janvier	30.6	442 166	69 920	223 206	506 255	51 775	442 166	345 340	96 826	30.6	316
Février	57.1	490 587	111 040	65 221	132 152	12 126	490 587	311 920	178 667	57.1	313
Mars	67.5	558 889	92 935	65 038	133 949	12 732	558 889	345 340	213 549	67.5	316
Avril	16.1	385 200	77 545	62 828	126 692	12 424	385 200	334 200	51 000	16.1	317
Mai	64.1	546 430	114 790	70 193	147 128	13 486	546 430	345 340	201 090	64.1	314
Juin	133.3	754 788	138 372	68 852	150 941	13 121	754 788	334 200	420 588	133.3	316
Juillet	116.8	712 798	161 510	78 807	174 902	15 011	712 798	345 340	367 458	116.8	315
Août	51.3	507 488	124 091	72 498	156 642	14 282	507 488	345 340	162 148	51.3	316
Septembre	39.4	458 255	115 901	71 112	152 465	14 034	458 255	334 200	124 055	39.4	315
Octobre	99.0	659 138	106 869	70 482	148 946	13 847	659 138	345 340	313 798	99.0	317
Novembre	42.7	468 186	81 484	67 373	132 523	13 113	468 186	334 200	133 986	42.7	314
Décembre	38.7	468 154	84 270	67 294	138 797	13 458	468 154	345 340	122 814	38.7	317
<b>TOTAL</b>	<b>756.6</b>	<b>6 452 079</b>	<b>1 278 727</b>	<b>982 904</b>	<b>2 101 392</b>	<b>199 409</b>	<b>6 452 079</b>	<b>4 066 100</b>	<b>2 385 979</b>	<b>756.6</b>	<b>315</b>
<b>Mai-Sept.</b>	<b>404.9</b>	<b>2 979 759</b>	<b>654 664</b>	<b>361 462</b>	<b>782 078</b>	<b>69 934</b>	<b>2 979 759</b>	<b>1 704 420</b>	<b>1 275 339</b>	<b>404.9</b>	<b>315</b>
% total	54%	46%	51%	37%	37%	35%	46%	42%	53%	54%	-

Les simulations respectent les mois calendaires. L'état initial pris en compte pour la simulation de janvier est un état "blanc", tel que défini dans les hypothèses.

Les surfaces actives recalculées varient entre 313 et 317 hectares.

Les pourcentages représentant la période critique par rapport à l'année complète sont de 54 % pour la hauteur de pluie, 55 % pour le volume rejeté et varient de 54 à 62 % pour les charges rejetées.

### 6.3.3. LA 1ERE ANNEE DE LA TRES LONGUE SERIE REELLE (TLSR 1996)

Les deux tableaux suivants expriment les résultats obtenus à l'issue des 12 simulations mensuelles effectuées avec HYDROWORKS-DM™ :

ORNE TLSR 1996	RAPPEL	SOMME DES REJETS AU MILIEU NATUREL					ENTREE STATION D'EPURATION					
	HAUTEUR	(rejets directs, DO, trop-pleins de PR, exutoires EP)					Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Débit max (l/s)
	DE PLUIE (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)						
Janvier	8.8	22 546	8 180	4 424	6 994	637	352 634	61 268	62 472	124 287	12 676	341
Février	53.6	113 664	28 332	8 794	20 229	1 361	379 666	61 005	54 324	108 485	10 883	668
Mars	16.4	36 842	13 401	5 967	9 570	811	362 254	57 593	60 262	121 196	12 380	505
Avril	9.4	25 876	13 766	5 892	9 819	806	338 519	54 655	57 367	115 666	11 808	440
Mai	60.6	121 979	57 833	14 174	36 049	2 161	418 303	84 585	223 767	505 890	51 432	640
Juin	39.2	91 640	54 225	13 717	29 054	1 867	367 935	59 939	55 532	112 857	11 355	623
Juillet	48.0	96 638	46 932	11 443	29 081	1 788	403 907	68 774	63 194	130 279	12 981	541
Août	64.0	140 014	65 185	14 803	33 782	2 075	405 849	63 034	58 577	119 019	11 988	640
Septembre	37.8	87 021	46 615	9 837	27 678	1 557	367 251	62 364	58 165	118 834	11 915	665
Octobre	56.4	120 891	37 169	10 789	23 826	1 561	401 134	61 712	59 436	120 252	12 124	690
Novembre	152.0	317 464	59 011	15 509	40 129	2 455	498 204	62 419	51 014	103 703	10 272	682
Décembre	46.0	83 955	17 536	7 172	14 102	1 200	408 878	58 929	56 211	111 530	11 350	568
<b>TOTAL</b>	<b>592.2</b>	<b>1 258 530</b>	<b>448 185</b>	<b>122 521</b>	<b>280 313</b>	<b>18 279</b>	<b>4 704 534</b>	<b>756 277</b>	<b>860 321</b>	<b>1 791 998</b>	<b>181 164</b>	<b>-</b>
<b>Mai-Sept.</b>	<b>249.6</b>	<b>537 292</b>	<b>270 790</b>	<b>63 974</b>	<b>155 644</b>	<b>9 448</b>	<b>1 963 245</b>	<b>338 696</b>	<b>459 235</b>	<b>986 879</b>	<b>99 671</b>	<b>-</b>
% total	42%	43%	60%	52%	56%	52%	42%	45%	53%	55%	55%	-

ORNE TLSR 1996	RAPPEL	TOTAL SOMME REJETS + ENTREE STEP					CALCUL SURFACE ACTIVE GLOBALE				
	HAUTEUR	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	(égale à 315 hectares en théorie)				
	DE PLUIE (mm)						Volume global (m <sup>3</sup> )	Volume temps sec (m <sup>3</sup> )	Volume ruissellement (m <sup>3</sup> )	Hauteur de pluie (mm)	Surface active (ha)
Janvier	8.8	375 180	69 448	66 896	131 281	13 313	375 180	345 340	29 840	8.8	339
Février	53.6	493 330	89 337	63 118	128 714	12 244	493 330	323 060	170 270	53.6	318
Mars	16.4	399 096	70 994	66 229	130 766	13 191	399 096	345 340	53 756	16.4	328
Avril	9.4	364 395	68 421	63 259	125 485	12 614	364 395	334 200	30 195	9.4	321
Mai	60.6	540 282	142 418	237 941	541 939	53 593	540 282	345 340	194 942	60.6	322
Juin	39.2	459 575	114 164	69 249	141 911	13 222	459 575	334 200	125 375	39.2	320
Juillet	48.0	500 545	115 706	74 637	159 360	14 769	500 545	345 340	155 205	48.0	323
Août	64.0	545 863	128 219	73 380	152 801	14 063	545 863	345 340	200 523	64.0	313
Septembre	37.8	454 272	108 979	68 002	146 512	13 472	454 272	334 200	120 072	37.8	318
Octobre	56.4	522 025	98 881	70 225	144 078	13 685	522 025	345 340	176 685	56.4	313
Novembre	152.0	815 668	121 430	66 523	143 832	12 727	815 668	334 200	481 468	152.0	317
Décembre	46.0	492 833	76 465	63 383	125 632	12 550	492 833	345 340	147 493	46.0	321
<b>TOTAL</b>	<b>592.2</b>	<b>5 963 064</b>	<b>1 204 462</b>	<b>982 842</b>	<b>2 072 311</b>	<b>199 443</b>	<b>5 963 064</b>	<b>4 077 240</b>	<b>1 885 824</b>	<b>592.2</b>	<b>318</b>
<b>Mai-Sept.</b>	<b>249.6</b>	<b>2 500 537</b>	<b>609 486</b>	<b>523 209</b>	<b>1 142 523</b>	<b>109 119</b>	<b>2 500 537</b>	<b>1 704 420</b>	<b>796 117</b>	<b>249.6</b>	<b>319</b>
% total	42%	42%	51%	53%	55%	55%	42%	42%	42%	42%	-

Les simulations respectent les mois calendaires. L'état initial pris en compte pour la simulation de janvier est un état "blanc", tel que défini dans les hypothèses.

Les surfaces actives recalculées varient entre 313 et 339 hectares (pour janvier, qui présente la hauteur de pluie mensuelle la plus faible avec 8,8 mm).

Les pourcentages représentant la période critique par rapport à l'année complète sont de 42 % pour la hauteur de pluie, 43 % pour le volume rejeté et varient de 52 à 60 % pour les charges rejetées.

### 6.3.4. LA 2EME ANNEE DE LA TRES LONGUE SERIE REELLE (TLSR 1997)

Les deux tableaux suivants expriment les résultats obtenus à l'issue des 12 simulations mensuelles effectuées avec HYDROWORKS-DM™ :

ORNE TLSR 1997	RAPPEL HAUTEUR	SOMME DES REJETS AU MILIEU NATUREL (rejets directs, DO, trop-pleins de PR, exutoires EP)					ENTREE STATION D'EPURATION					
	DE PLUIE (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Débit max (l/s)
Janvier	26.0	55 959	11 569	5 617	9 181	805	371 796	59 859	59 431	117 866	12 039	588
Février	129.6	284 551	49 729	12 274	34 601	2 128	436 856	58 893	53 705	110 848	11 021	715
Mars	15.4	33 503	15 565	6 469	11 379	912	362 076	62 993	84 000	176 460	17 972	477
Avril	25.4	61 815	36 993	8 880	21 939	1 357	353 724	60 285	57 453	115 589	11 689	676
Mai	71.2	137 354	54 859	14 686	36 373	2 813	435 218	76 188	67 627	135 811	13 633	567
Juin	149.4	332 862	96 526	24 186	56 238	3 475	476 074	66 007	53 183	108 507	10 701	764
Juillet	90.2	201 187	73 633	17 231	40 082	2 440	428 423	65 265	56 522	114 535	11 432	691
Août	42.8	94 132	55 979	14 812	32 166	2 022	387 231	66 376	92 751	199 143	20 145	658
Septembre	22.4	58 739	30 552	7 323	18 200	1 108	346 517	67 646	62 468	123 965	12 519	619
Octobre	45.0	94 934	30 308	9 317	21 742	1 429	392 941	62 029	59 705	121 423	12 220	642
Novembre	70.0	137 521	41 284	12 865	28 693	1 969	419 420	67 585	59 860	119 203	11 921	660
Décembre	89.2	157 633	27 338	11 035	23 234	1 790	471 918	62 311	57 138	115 711	11 611	563
<b>TOTAL</b>	<b>776.6</b>	<b>1 650 190</b>	<b>524 335</b>	<b>144 695</b>	<b>333 828</b>	<b>22 248</b>	<b>4 882 194</b>	<b>775 437</b>	<b>763 843</b>	<b>1 559 061</b>	<b>156 903</b>	-
<b>Mai-Sept.</b>	<b>376.0</b>	<b>824 274</b>	<b>311 549</b>	<b>78 238</b>	<b>183 059</b>	<b>11 858</b>	<b>2 073 463</b>	<b>341 482</b>	<b>332 551</b>	<b>681 961</b>	<b>68 430</b>	-
% total	48%	50%	59%	54%	55%	53%	42%	44%	44%	44%	44%	-

ORNE TLSR 1997	RAPPEL HAUTEUR	TOTAL SOMME REJETS + ENTREE STEP					CALCUL SURFACE ACTIVE GLOBALE (égale à 315 hectares en théorie)				
	DE PLUIE (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume global (m <sup>3</sup> )	Volume temps sec (m <sup>3</sup> )	Volume ruissellement (m <sup>3</sup> )	Hauteur de pluie (mm)	Surface active (ha)
Janvier	26.0	427 755	71 428	65 048	127 047	12 844	427 755	345 340	82 415	26.0	317
Février	129.6	721 407	108 622	65 979	145 449	13 149	721 407	311 920	409 487	129.6	316
Mars	15.4	395 579	78 558	90 469	187 839	18 884	395 579	345 340	50 239	15.4	326
Avril	25.4	415 539	97 278	66 333	137 528	13 046	415 539	334 200	81 339	25.4	320
Mai	71.2	572 572	131 047	82 313	172 184	16 446	572 572	345 340	227 232	71.2	319
Juin	149.4	808 936	162 533	77 369	164 745	14 176	808 936	334 200	474 736	149.4	318
Juillet	90.2	629 610	138 898	73 753	154 617	13 872	629 610	345 340	284 270	90.2	315
Août	42.8	481 363	122 355	107 563	231 309	22 167	481 363	345 340	136 023	42.8	318
Septembre	22.4	405 256	98 198	69 791	142 165	13 627	405 256	334 200	71 056	22.4	317
Octobre	45.0	487 875	92 337	69 022	143 165	13 649	487 875	345 340	142 535	45.0	317
Novembre	70.0	556 941	108 869	72 725	147 896	13 890	556 941	334 200	222 741	70.0	318
Décembre	89.2	629 551	89 649	68 173	138 945	13 401	629 551	345 340	284 211	89.2	319
<b>TOTAL</b>	<b>776.6</b>	<b>6 532 384</b>	<b>1 299 772</b>	<b>908 538</b>	<b>1 892 889</b>	<b>179 151</b>	<b>6 532 384</b>	<b>4 066 100</b>	<b>2 466 284</b>	<b>776.6</b>	<b>318</b>
<b>Mai-Sept.</b>	<b>376.0</b>	<b>2 897 737</b>	<b>653 031</b>	<b>410 789</b>	<b>865 020</b>	<b>80 288</b>	<b>2 897 737</b>	<b>1 704 420</b>	<b>1 193 317</b>	<b>376.0</b>	<b>317</b>
% total	48%	44%	50%	45%	46%	45%	44%	42%	48%	48%	-

Les simulations respectent les mois calendaires. L'état initial pris en compte pour la simulation de janvier correspond à l'état final de la simulation de décembre 1996.

Les surfaces actives recalculées varient entre 315 et 326 hectares (pour mars, qui présente la hauteur de pluie mensuelle la plus faible avec 15,4 mm).

Les pourcentages représentant la période critique par rapport à l'année complète sont de 48 % pour la hauteur de pluie, 50 % pour le volume rejeté et varient de 53 à 59 % pour les charges rejetées.

### 6.3.5. LA 3EME ANNEE DE LA TRES LONGUE SERIE REELLE (TLSR 1998)

Les deux tableaux suivants expriment les résultats obtenus à l'issue des 12 simulations mensuelles effectuées avec HYDROWORKS-DM™ :

ORNE  TLSR 1998	RAPPEL	SOMME DES REJETS AU MILIEU NATUREL					ENTREE STATION D'EPURATION					
	HAUTEUR	(rejets directs, DO, trop-pleins de PR, exutoires EP)										
	DE PLUIE (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Débit max (l/s)
Janvier	61.8	133 157	47 949	10 544	32 242	1 837	409 630	69 368	60 060	121 126	12 067	661
Février	7.0	19 869	10 724	5 090	7 596	668	314 373	54 530	64 349	131 548	13 435	387
Mars	32.6	72 821	36 363	9 124	24 546	1 454	375 903	65 210	60 551	122 187	12 282	676
Avril	135.6	264 634	62 167	17 686	46 220	2 989	498 670	68 209	54 435	111 985	10 954	637
Mai	36.6	91 441	47 361	10 791	27 725	1 618	369 733	65 776	61 529	124 289	12 495	687
Juin	49.8	105 414	48 680	13 592	29 628	1 937	388 970	60 294	53 986	108 048	10 880	636
Juillet	46.2	92 706	42 947	12 022	27 171	1 800	400 817	63 921	57 354	115 995	11 627	577
Août	21.0	47 513	17 793	6 979	12 926	993	364 735	60 766	58 187	115 637	11 757	571
Septembre	88.8	189 660	65 102	15 443	36 864	2 322	425 964	80 444	68 606	134 306	13 416	761
Octobre	173.4	382 860	77 051	20 812	49 224	3 250	510 622	66 291	69 559	145 745	14 610	703
Novembre	41.6	76 665	21 223	8 914	15 586	1 261	389 907	55 399	54 089	107 907	10 989	534
Décembre	38.6	68 123	14 397	7 534	12 111	1 103	400 870	57 925	56 716	112 366	11 477	559
<b>TOTAL</b>	<b>733.0</b>	<b>1 544 863</b>	<b>491 757</b>	<b>138 531</b>	<b>321 839</b>	<b>21 232</b>	<b>4 850 194</b>	<b>768 133</b>	<b>719 421</b>	<b>1 451 139</b>	<b>145 989</b>	-
<b>Mai-Sept.</b>	<b>242.4</b>	<b>526 734</b>	<b>221 883</b>	<b>58 827</b>	<b>134 314</b>	<b>8 670</b>	<b>1 950 219</b>	<b>331 201</b>	<b>299 662</b>	<b>598 275</b>	<b>60 175</b>	-
% total	33%	34%	45%	42%	42%	41%	40%	43%	42%	41%	41%	-

ORNE  TLSR 1998	RAPPEL	TOTAL SOMME REJETS + ENTREE STEP					CALCUL SURFACE ACTIVE GLOBALE				
	HAUTEUR						(égale à 315 hectares en théorie)				
	DE PLUIE (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume global (m <sup>3</sup> )	Volume temps sec (m <sup>3</sup> )	Volume ruissellement (m <sup>3</sup> )	Hauteur de pluie (mm)	Surface active (ha)
Janvier	61.8	542 787	117 317	70 604	153 368	13 904	542 787	345 340	197 447	61.8	319
Février	7.0	334 242	65 254	69 439	139 144	14 103	334 242	311 920	22 322	7.0	319
Mars	32.6	448 724	101 573	69 675	146 733	13 736	448 724	345 340	103 384	32.6	317
Avril	135.6	763 304	130 376	72 121	158 205	13 943	763 304	334 200	429 104	135.6	316
Mai	36.6	461 174	113 137	72 320	152 014	14 113	461 174	345 340	115 834	36.6	316
Juin	49.8	494 384	108 974	67 578	137 676	12 817	494 384	334 200	160 184	49.8	322
Juillet	46.2	493 523	106 868	69 376	143 166	13 427	493 523	345 340	148 183	46.2	321
Août	21.0	412 248	78 559	65 166	128 563	12 750	412 248	345 340	66 908	21.0	319
Septembre	88.8	615 624	145 546	84 049	171 170	15 738	615 624	334 200	281 424	88.8	317
Octobre	173.4	893 482	143 342	90 371	194 969	17 860	893 482	345 340	548 142	173.4	316
Novembre	41.6	466 572	76 622	63 003	123 493	12 250	466 572	334 200	132 372	41.6	318
Décembre	38.6	468 993	72 322	64 250	124 477	12 580	468 993	345 340	123 653	38.6	320
<b>TOTAL</b>	<b>733.0</b>	<b>6 395 057</b>	<b>1 259 890</b>	<b>857 952</b>	<b>1 772 978</b>	<b>167 221</b>	<b>6 395 057</b>	<b>4 066 100</b>	<b>2 328 957</b>	<b>733.0</b>	<b>318</b>
<b>Mai-Sept.</b>	<b>242.4</b>	<b>2 476 953</b>	<b>553 084</b>	<b>358 489</b>	<b>732 589</b>	<b>68 845</b>	<b>2 476 953</b>	<b>1 704 420</b>	<b>772 533</b>	<b>242.4</b>	<b>319</b>
% total	33%	39%	44%	42%	41%	41%	39%	42%	33%	33%	-

Les simulations respectent les mois calendaires. L'état initial pris en compte pour la simulation de janvier correspond à l'état final de la simulation de décembre 1997.

Les surfaces actives recalculées varient entre 316 et 322 hectares.

Les pourcentages représentant la période critique par rapport à l'année complète sont de 33 % pour la hauteur de pluie, 34 % pour le volume rejeté et varient de 41 à 45 % pour les charges rejetées.

### 6.3.6. LA 4EME ANNEE DE LA TRES LONGUE SERIE REELLE (TLSR 1999)

Les deux tableaux suivants expriment les résultats obtenus à l'issue des 12 simulations mensuelles effectuées avec HYDROWORKS-DM™ :

ORNE TLSR 1999	RAPPEL HAUTEUR DE PLUIE (mm)	SOMME DES REJETS AU MILIEU NATUREL (rejets directs, DO, trop-pleins de PR, exutoires EP)					ENTREE STATION D'EPURATION					
		Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Débit max (l/s)
Janvier	53.6	99 215	24 474	9 476	19 140	1 465	415 792	60 182	55 555	110 896	11 217	581
Février	57.8	107 174	27 752	8 887	19 444	1 356	388 363	56 126	50 687	101 661	10 229	587
Mars	64.2	119 456	22 926	8 973	17 827	1 361	430 683	58 803	56 580	113 357	11 498	618
Avril	68.4	136 983	48 532	12 647	30 066	1 865	414 889	64 721	54 434	110 837	10 963	663
Mai	34.2	67 138	27 561	9 617	18 609	1 371	387 072	63 110	65 565	133 412	13 503	584
Juin	65.6	137 244	85 642	17 779	49 727	2 823	404 753	69 606	55 072	113 898	11 162	595
Juillet	81.2	216 654	64 609	14 745	31 336	1 932	384 824	64 653	58 669	116 219	11 758	794
Août	81.8	204 291	90 649	18 916	44 226	2 570	398 835	65 150	61 464	126 304	12 668	737
Septembre	121.2	305 813	89 458	16 581	40 386	2 332	410 319	67 667	90 797	192 569	19 543	864
Octobre	57.6	126 232	52 798	12 830	30 828	1 853	402 251	66 612	57 433	116 232	11 560	706
Novembre	35.2	66 358	16 432	6 834	11 341	939	380 517	57 692	55 603	109 617	11 188	559
Décembre	183.6	378 681	60 002	16 892	43 511	2 753	545 582	68 270	52 221	106 773	10 421	685
<b>TOTAL</b>	<b>904.4</b>	<b>1 965 239</b>	<b>610 835</b>	<b>154 177</b>	<b>356 441</b>	<b>22 620</b>	<b>4 963 880</b>	<b>762 592</b>	<b>714 080</b>	<b>1 451 775</b>	<b>145 710</b>	-
<i>Mai-Sept.</i>	<i>384.0</i>	<i>931 140</i>	<i>357 919</i>	<i>77 638</i>	<i>184 284</i>	<i>11 028</i>	<i>1 985 803</i>	<i>330 186</i>	<i>331 567</i>	<i>682 402</i>	<i>68 634</i>	-
% total	42%	47%	59%	50%	52%	49%	40%	43%	46%	47%	47%	-

ORNE TLSR 1999	RAPPEL HAUTEUR DE PLUIE (mm)	TOTAL SOMME REJETS + ENTREE STEP					CALCUL SURFACE ACTIVE GLOBALE (égale à 315 hectares en théorie)				
		Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume global (m <sup>3</sup> )	Volume temps sec (m <sup>3</sup> )	Volume ruissellement (m <sup>3</sup> )	Hauteur de pluie (mm)	Surface active (ha)
Janvier	53.6	515 007	84 656	65 031	130 036	12 682	515 007	345 340	169 667	53.6	317
Février	57.8	495 537	83 878	59 574	121 105	11 585	495 537	311 920	183 617	57.8	318
Mars	64.2	550 139	81 729	65 553	131 184	12 859	550 139	345 340	204 799	64.2	319
Avril	68.4	551 872	113 253	67 081	140 903	12 828	551 872	334 200	217 672	68.4	318
Mai	34.2	454 210	90 671	75 182	152 021	14 874	454 210	345 340	108 870	34.2	318
Juin	65.6	541 997	155 248	72 851	163 625	13 985	541 997	334 200	207 797	65.6	317
Juillet	81.2	601 478	129 262	73 414	147 555	13 690	601 478	345 340	256 138	81.2	315
Août	81.8	603 126	155 799	80 380	170 530	15 238	603 126	345 340	257 786	81.8	315
Septembre	121.2	716 132	157 125	107 378	232 955	21 875	716 132	334 200	381 932	121.2	315
Octobre	57.6	528 483	119 410	70 263	147 060	13 413	528 483	345 340	183 143	57.6	318
Novembre	35.2	446 875	74 124	62 437	120 958	12 127	446 875	334 200	112 675	35.2	320
Décembre	183.6	924 263	128 272	69 113	150 284	13 174	924 263	345 340	578 923	183.6	315
<b>TOTAL</b>	<b>904.4</b>	<b>6 929 119</b>	<b>1 373 427</b>	<b>868 257</b>	<b>1 808 216</b>	<b>168 330</b>	<b>6 929 119</b>	<b>4 066 100</b>	<b>2 863 019</b>	<b>904.4</b>	<b>317</b>
<i>Mai-Sept.</i>	<i>384.0</i>	<i>2 916 943</i>	<i>688 105</i>	<i>409 205</i>	<i>866 686</i>	<i>79 662</i>	<i>2 916 943</i>	<i>1 704 420</i>	<i>1 212 523</i>	<i>384.0</i>	<i>316</i>
% total	42%	42%	50%	47%	48%	47%	42%	42%	42%	42%	-

Les simulations respectent les mois calendaires. L'état initial pris en compte pour la simulation de janvier correspond à l'état final de la simulation de décembre 1998.

Les surfaces actives recalculées varient entre 315 et 320 hectares.

Les pourcentages représentant la période critique par rapport à l'année complète sont de 42 % pour la hauteur de pluie, 47 % pour le volume rejeté et varient de 49 à 59 % pour les charges rejetées.

### 6.3.7. LA 5EME ANNEE DE LA TRES LONGUE SERIE REELLE (TLSR 2000)

Les deux tableaux suivants expriment les résultats obtenus à l'issue des 12 simulations mensuelles effectuées avec HYDROWORKS-DM™ :

ORNE TLSR 2000	RAPPEL HAUTEUR DE PLUIE (mm)	SOMME DES REJETS AU MILIEU NATUREL (rejets directs, DO, trop-pleins de PR, exutoires EP)					ENTREE STATION D'EPURATION					
		Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Débit max (l/s)
Janvier	29.4	56 807	18 283	7 537	13 509	1 106	383 750	57 864	55 693	110 654	11 280	553
Février	94.0	182 854	46 087	13 966	35 707	2 325	435 715	61 084	55 083	113 244	11 237	621
Mars	57.6	110 411	28 307	9 359	20 758	1 418	421 228	61 759	56 831	114 199	11 488	593
Avril	63.2	119 360	28 113	10 096	20 793	1 500	416 376	61 705	55 221	110 615	11 111	592
Mai	76.0	152 900	66 816	16 185	41 455	2 445	433 265	70 519	58 089	119 612	11 745	655
Juin	24.0	54 339	32 424	9 252	19 638	1 277	356 258	71 001	71 680	149 959	13 707	538
Juillet	175.2	401 137	125 899	25 515	66 972	3 770	497 993	87 799	62 410	122 216	11 954	699
Août	45.5	108 867	57 573	12 695	30 985	1 822	382 681	64 185	61 066	125 265	12 569	648
Septembre	89.6	192 149	89 874	18 901	49 374	3 003	424 789	80 955	65 250	130 021	12 847	703
Octobre	71.0	139 368	33 139	11 017	23 260	1 635	432 135	61 191	55 741	112 324	11 291	627
Novembre	108.8	203 740	56 384	15 817	38 259	2 429	477 141	66 416	54 280	111 052	10 919	578
Décembre	64.0	112 178	24 479	10 349	18 893	1 550	436 976	59 642	58 926	118 207	12 008	575
<b>TOTAL</b>	<b>898.3</b>	<b>1 834 110</b>	<b>607 378</b>	<b>160 689</b>	<b>379 603</b>	<b>24 280</b>	<b>5 098 307</b>	<b>804 120</b>	<b>710 270</b>	<b>1 437 368</b>	<b>142 156</b>	-
<b>Mai-Sept.</b>	<b>410.3</b>	<b>909 392</b>	<b>372 586</b>	<b>82 548</b>	<b>208 424</b>	<b>12 317</b>	<b>2 094 986</b>	<b>374 459</b>	<b>318 495</b>	<b>647 073</b>	<b>62 822</b>	-
<b>% total</b>	<b>46%</b>	<b>50%</b>	<b>61%</b>	<b>51%</b>	<b>55%</b>	<b>51%</b>	<b>41%</b>	<b>47%</b>	<b>45%</b>	<b>45%</b>	<b>44%</b>	-

ORNE TLSR 2000	RAPPEL HAUTEUR DE PLUIE (mm)	TOTAL SOMME REJETS + ENTREE STEP					CALCUL SURFACE ACTIVE GLOBALE (égale à 315 hectares en théorie)				
		Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume global (m <sup>3</sup> )	Volume temps sec (m <sup>3</sup> )	Volume ruissellement (m <sup>3</sup> )	Hauteur de pluie (mm)	Surface active (ha)
Janvier	29.4	440 557	76 147	63 230	124 163	12 386	440 557	345 340	95 217	29.4	324
Février	94.0	618 569	107 171	69 049	148 951	13 562	618 569	323 060	295 509	94.0	314
Mars	57.6	531 639	90 066	66 190	134 957	12 906	531 639	345 340	186 299	57.6	323
Avril	63.2	535 736	89 818	65 317	131 408	12 611	535 736	334 200	201 536	63.2	319
Mai	76.0	586 165	137 335	74 274	161 067	14 190	586 165	345 340	240 825	76.0	317
Juin	24.0	410 597	103 425	80 932	169 597	14 984	410 597	334 200	76 397	24.0	318
Juillet	175.2	899 130	213 698	87 925	189 188	15 724	899 130	345 340	553 790	175.2	316
Août	45.5	491 548	121 758	73 761	156 250	14 391	491 548	345 340	146 208	45.5	321
Septembre	89.6	616 938	170 829	84 151	179 395	15 850	616 938	334 200	282 738	89.6	316
Octobre	71.0	571 503	94 330	66 758	135 584	12 926	571 503	345 340	226 163	71.0	319
Novembre	108.8	680 881	122 800	70 097	149 311	13 348	680 881	334 200	346 681	108.8	319
Décembre	64.0	549 154	84 121	69 275	137 100	13 558	549 154	345 340	203 814	64.0	318
<b>TOTAL</b>	<b>898.3</b>	<b>6 932 417</b>	<b>1 411 498</b>	<b>870 959</b>	<b>1 816 971</b>	<b>166 436</b>	<b>6 932 417</b>	<b>4 077 240</b>	<b>2 855 177</b>	<b>898.3</b>	<b>318</b>
<b>Mai-Sept.</b>	<b>410.3</b>	<b>3 004 378</b>	<b>747 045</b>	<b>401 043</b>	<b>855 497</b>	<b>75 139</b>	<b>3 004 378</b>	<b>1 704 420</b>	<b>1 299 958</b>	<b>410.3</b>	<b>317</b>
<b>% total</b>	<b>46%</b>	<b>43%</b>	<b>53%</b>	<b>46%</b>	<b>47%</b>	<b>45%</b>	<b>43%</b>	<b>42%</b>	<b>46%</b>	<b>46%</b>	-

Les simulations respectent les mois calendaires. L'état initial pris en compte pour la simulation de janvier correspond à l'état final de la simulation de décembre 1999.

Les surfaces actives recalculées varient entre 314 et 324 hectares.

Les pourcentages représentant la période critique par rapport à l'année complète sont de 46 % pour la hauteur de pluie, 50 % pour le volume rejeté et varient de 51 à 61 % pour les charges rejetées.

### 6.3.8. LA 6EME ET DERNIERE ANNEE DE LA TRES LONGUE SERIE REELLE (TLSR 2001)

Les deux tableaux suivants expriment les résultats obtenus à l'issue des 12 simulations mensuelles effectuées avec HYDROWORKS-DM™ :

ORNE TLSR 2001	RAPPEL HAUTEUR	SOMME DES REJETS AU MILIEU NATUREL (rejets directs, DO, trop-pleins de PR, exutoires EP)					ENTREE STATION D'EPURATION					
	DE PLUIE (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Débit max (l/s)
Janvier	93.8	175 373	36 200	12 154	29 636	2 074	466 983	63 332	54 833	110 973	11 072	599
Février	42.8	73 837	18 811	7 947	15 267	1 225	374 933	58 494	56 593	112 620	11 415	508
Mars	138.2	259 815	54 104	15 803	39 040	2 538	527 724	68 574	54 247	110 624	10 859	654
Avril	93.8	169 555	36 616	13 227	26 604	2 047	463 033	61 379	52 712	105 574	10 587	615
Mai	22.2	55 301	26 307	6 716	17 723	1 094	360 420	63 289	58 782	118 053	11 917	622
Juin	29.0	56 530	28 217	9 872	17 137	1 296	371 013	62 293	57 345	114 415	11 525	506
Juillet	78.4	179 439	78 287	16 095	44 398	2 448	413 043	65 961	57 307	117 574	11 690	711
Août	88.0	198 450	374 095	49 856	142 351	7 046	427 362	65 527	55 179	112 009	11 126	699
Septembre	102.4	203 478	62 401	15 385	38 091	2 364	457 264	64 739	53 089	106 582	10 581	669
Octobre	65.8	134 092	56 596	13 802	33 917	2 020	420 818	68 081	59 748	119 381	11 928	697
Novembre	83.8	156 799	33 869	10 122	23 170	1 584	443 615	61 124	54 917	109 484	11 017	624
Décembre	64.5	132 054	24 342	7 850	18 226	1 403	417 352	60 702	63 606	129 888	13 202	667
<b>TOTAL</b>	<b>902.7</b>	<b>1 794 723</b>	<b>829 845</b>	<b>178 829</b>	<b>445 560</b>	<b>27 139</b>	<b>5 143 560</b>	<b>763 495</b>	<b>678 358</b>	<b>1 367 177</b>	<b>136 919</b>	-
<i>Mai-Sept.</i>	<b>320.0</b>	<b>693 198</b>	<b>569 307</b>	<b>97 924</b>	<b>259 700</b>	<b>14 248</b>	<b>2 029 102</b>	<b>321 809</b>	<b>281 702</b>	<b>568 633</b>	<b>56 839</b>	-
% total	35%	39%	69%	55%	58%	53%	39%	42%	42%	42%	42%	-

ORNE TLSR 2001	RAPPEL HAUTEUR	TOTAL SOMME REJETS + ENTREE STEP					CALCUL SURFACE ACTIVE GLOBALE (égale à 315 hectares en théorie)				
	DE PLUIE (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume global (m <sup>3</sup> )	Volume temps sec (m <sup>3</sup> )	Volume ruissellement (m <sup>3</sup> )	Hauteur de pluie (mm)	Surface active (ha)
Janvier	93.8	642 356	99 532	66 987	140 609	13 146	642 356	345 340	297 016	93.8	317
Février	42.8	448 770	77 305	64 540	127 887	12 640	448 770	311 920	136 850	42.8	320
Mars	138.2	787 539	122 678	70 050	149 664	13 397	787 539	345 340	442 199	138.2	320
Avril	93.8	632 588	97 995	65 939	132 178	12 634	632 588	334 200	298 388	93.8	318
Mai	22.2	415 721	89 596	65 498	135 776	13 011	415 721	345 340	70 381	22.2	317
Juin	29.0	427 543	90 510	67 217	131 552	12 821	427 543	334 200	93 343	29.0	322
Juillet	78.4	592 482	144 248	73 402	161 972	14 138	592 482	345 340	247 142	78.4	315
Août	88.0	625 812	439 622	105 035	254 360	18 172	625 812	345 340	280 472	88.0	319
Septembre	102.4	660 742	127 140	68 474	144 673	12 945	660 742	334 200	326 542	102.4	319
Octobre	65.8	554 910	124 677	73 550	153 298	13 948	554 910	345 340	209 570	65.8	318
Novembre	83.8	600 414	94 993	65 039	132 654	12 601	600 414	334 200	266 214	83.8	318
Décembre	64.5	549 406	85 044	71 456	148 114	14 605	549 406	345 340	204 066	64.5	316
<b>TOTAL</b>	<b>902.7</b>	<b>6 938 283</b>	<b>1 593 340</b>	<b>857 187</b>	<b>1 812 737</b>	<b>164 058</b>	<b>6 938 283</b>	<b>4 066 100</b>	<b>2 872 183</b>	<b>902.7</b>	<b>318</b>
<i>Mai-Sept.</i>	<b>320.0</b>	<b>2 722 300</b>	<b>891 116</b>	<b>379 626</b>	<b>828 333</b>	<b>71 087</b>	<b>2 722 300</b>	<b>1 704 420</b>	<b>1 017 880</b>	<b>320.0</b>	<b>318</b>
% total	35%	39%	56%	44%	46%	43%	39%	42%	35%	35%	-

Les simulations respectent les mois calendaires. L'état initial pris en compte pour la simulation de janvier correspond à l'état final de la simulation de décembre 2000.

Les surfaces actives recalculées varient entre 315 et 322 hectares.

Les pourcentages représentant la période critique par rapport à l'année complète sont de 35 % pour la hauteur de pluie, 39 % pour le volume rejeté et varient de 53 à 69 % pour les charges rejetées.

### 6.3.9. LA 1ERE ANNEE SYNTHETIQUE (AS1)

Les deux tableaux suivants expriment les résultats obtenus à l'issue des 12 simulations mensuelles effectuées avec HYDROWORKS-DM™ :

ORNE AS1	RAPPEL	SOMME DES REJETS AU MILIEU NATUREL (rejets directs, DO, trop-pleins de PR, exutoires EP)					ENTREE STATION D'EPURATION					
	HAUTEUR	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Débit max (l/s)
	DE PLUIE (mm)											
Janvier	22.2	52 840	6 857	3 999	6 834	618	363 158	72 551	74 862	148 166	15 093	599
Février	62.5	135 877	43 242	11 024	26 913	1 672	384 769	65 293	56 120	110 609	11 100	727
Mars	24.3	50 285	8 838	4 989	7 911	723	374 638	61 245	62 802	124 840	12 750	533
Avril	2.4	14 748	4 885	3 074	5 045	471	324 241	55 480	67 955	139 675	14 310	404
Mai	45.7	94 886	28 162	8 259	19 932	1 317	394 685	62 523	65 379	134 939	13 619	589
Juin	50.8	124 009	87 784	19 077	49 552	2 792	374 751	64 051	56 827	118 028	11 706	669
Juillet	37.2	89 494	60 736	14 097	37 556	2 146	376 440	65 277	64 456	134 848	13 454	622
Août	10.4	31 278	22 415	6 507	14 533	967	349 413	61 412	60 217	121 440	12 319	470
Septembre	14.4	40 015	37 892	9 969	23 083	1 440	341 531	62 114	56 426	115 166	11 540	524
Octobre	9.6	28 537	12 267	5 007	9 158	725	347 248	58 804	61 193	122 363	12 519	532
Novembre	30.9	60 691	26 102	8 322	17 043	1 212	373 002	61 189	56 865	114 725	11 545	484
Décembre	23.4	54 768	30 101	10 007	19 287	1 370	362 767	58 333	57 765	116 284	11 819	580
<b>TOTAL</b>	<b>333.8</b>	<b>777 428</b>	<b>369 281</b>	<b>104 331</b>	<b>236 847</b>	<b>15 453</b>	<b>4 366 643</b>	<b>748 272</b>	<b>740 867</b>	<b>1 501 083</b>	<b>151 774</b>	-
<i>Mai-Sept.</i>	<i>158.5</i>	<i>379 682</i>	<i>236 989</i>	<i>57 909</i>	<i>144 656</i>	<i>8 662</i>	<i>1 836 820</i>	<i>315 377</i>	<i>303 305</i>	<i>624 421</i>	<i>62 638</i>	-
% total	47%	49%	64%	56%	61%	56%	42%	42%	41%	42%	41%	-

ORNE AS1	RAPPEL	TOTAL SOMME REJETS + ENTREE STEP					CALCUL SURFACE ACTIVE GLOBALE (égale à 315 hectares en théorie)				
	HAUTEUR	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume global (m <sup>3</sup> )	Volume temps sec (m <sup>3</sup> )	Volume ruissellement (m <sup>3</sup> )	Hauteur de pluie (mm)	Surface active (ha)
	DE PLUIE (mm)										
Janvier	22.2	415 998	79 408	78 861	155 000	15 711	415 998	345 340	70 658	22.2	318
Février	62.5	520 646	108 535	67 144	137 522	12 772	520 646	323 060	197 586	62.5	316
Mars	24.3	424 923	70 083	67 791	132 751	13 473	424 923	345 340	79 583	24.3	328
Avril	2.4	338 989	60 365	71 029	144 720	14 781	338 989	334 200	4 789	2.4	200
Mai	45.7	489 571	90 685	73 638	154 871	14 936	489 571	345 340	144 231	45.7	316
Juin	50.8	498 760	151 835	75 904	167 580	14 498	498 760	334 200	164 560	50.8	324
Juillet	37.2	465 934	126 013	78 553	172 404	15 600	465 934	345 340	120 594	37.2	324
Août	10.4	380 691	83 827	66 724	135 973	13 286	380 691	345 340	35 351	10.4	340
Septembre	14.4	381 546	100 006	66 395	138 249	12 980	381 546	334 200	47 346	14.4	329
Octobre	9.6	375 785	71 071	66 200	131 521	13 244	375 785	345 340	30 445	9.6	317
Novembre	30.9	433 693	87 291	65 187	131 768	12 757	433 693	334 200	99 493	30.9	322
Décembre	23.4	417 535	88 434	67 772	135 571	13 189	417 535	345 340	72 195	23.4	309
<b>TOTAL</b>	<b>333.8</b>	<b>5 144 071</b>	<b>1 117 553</b>	<b>845 198</b>	<b>1 737 930</b>	<b>167 227</b>	<b>5 144 071</b>	<b>4 077 240</b>	<b>1 066 831</b>	<b>333.8</b>	<b>320</b>
<i>Mai-Sept.</i>	<i>158.5</i>	<i>2 216 502</i>	<i>552 366</i>	<i>361 214</i>	<i>769 077</i>	<i>71 300</i>	<i>2 216 502</i>	<i>1 704 420</i>	<i>512 082</i>	<i>158.5</i>	<i>323</i>
% total	47%	43%	49%	43%	44%	43%	43%	42%	48%	47%	-

Les simulations respectent les mois calendaires, à l'exception des simulations de mars, qui s'achève le 01/04 à 10h00 (celle d'avril démarrant à cette heure précise) et de novembre, qui s'achève le 01/12 à 3h00 (celle de décembre démarrant à cette heure précise). L'état initial pris en compte pour la simulation de janvier est un état "blanc", tel que défini dans les hypothèses.

Les surfaces actives recalculées varient entre 200 hectares (pour avril, qui présente une hauteur d'eau quasiment nulle, et une durée de simulation inférieure de 10 heures à un mois d'avril classique) et 340 hectares (pour août, qui présente une hauteur d'eau très faible avec 10,4 mm).

Les pourcentages représentant la période critique par rapport à l'année complète sont de 47 % pour la hauteur de pluie, 49 % pour le volume rejeté et varient de 56 à 64 % pour les charges rejetées.

### 6.3.10. LA 2EME ANNEE SYNTHETIQUE (AS2)

Les deux tableaux suivants expriment les résultats obtenus à l'issue des 12 simulations mensuelles effectuées avec HYDROWORKS-DM™ :

ORNE AS2	RAPPEL HAUTEUR DE PLUIE (mm)	SOMME DES REJETS AU MILIEU NATUREL (rejets directs, DO, trop-pleins de PR, exutoires EP)					ENTREE STATION D'EPURATION					
		Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Débit max (l/s)
Janvier	82.7	182 960	46 398	14 830	36 479	2 462	423 921	61 644	55 283	112 839	11 282	652
Février	44.0	93 372	38 204	11 208	25 905	1 693	370 641	61 006	53 688	109 401	10 906	562
Mars	48.2	108 801	43 089	10 969	29 564	1 843	390 223	65 290	58 301	119 825	11 947	644
Avril	74.8	185 446	39 466	9 759	28 048	1 635	385 013	61 054	55 095	112 074	11 214	709
Mai	18.5	52 591	30 819	7 743	20 292	1 244	352 288	60 119	58 230	118 508	11 986	591
Juin	80.2	183 500	93 456	21 853	56 307	3 227	406 851	69 365	58 827	122 254	12 002	641
Juillet	45.9	118 232	65 581	14 930	37 639	2 174	373 543	72 681	67 909	136 461	13 709	690
Août	27.9	64 420	29 477	8 617	20 479	1 339	370 106	63 686	61 726	125 026	12 624	567
Septembre	20.1	52 901	25 554	7 228	19 513	1 223	344 909	63 284	61 771	124 676	12 591	584
Octobre	10.0	33 680	37 974	11 078	21 930	1 431	343 688	59 258	66 103	136 092	13 832	594
Novembre	63.1	150 183	70 109	14 966	44 874	2 457	385 380	66 181	61 274	128 337	12 705	670
Décembre	30.0	66 704	28 968	10 088	20 791	1 514	374 244	63 072	60 437	121 815	12 308	558
<b>TOTAL</b>	<b>545.4</b>	<b>1 292 790</b>	<b>549 095</b>	<b>143 269</b>	<b>361 821</b>	<b>22 242</b>	<b>4 520 807</b>	<b>766 640</b>	<b>718 644</b>	<b>1 467 308</b>	<b>147 106</b>	-
<b>Mai-Sept.</b>	<b>192.6</b>	<b>471 644</b>	<b>244 887</b>	<b>60 371</b>	<b>154 230</b>	<b>9 207</b>	<b>1 847 697</b>	<b>329 135</b>	<b>308 463</b>	<b>626 925</b>	<b>62 912</b>	-
<b>% total</b>	<b>35%</b>	<b>36%</b>	<b>45%</b>	<b>42%</b>	<b>43%</b>	<b>41%</b>	<b>41%</b>	<b>43%</b>	<b>43%</b>	<b>43%</b>	<b>43%</b>	-

ORNE AS2	RAPPEL HAUTEUR DE PLUIE (mm)	TOTAL SOMME REJETS + ENTREE STEP					CALCUL SURFACE ACTIVE GLOBALE (égale à 315 hectares en théorie)				
		Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume global (m <sup>3</sup> )	Volume temps sec (m <sup>3</sup> )	Volume ruissellement (m <sup>3</sup> )	Hauteur de pluie (mm)	Surface active (ha)
Janvier	82.7	606 881	108 042	70 113	149 318	13 744	606 881	345 340	261 541	82.7	316
Février	44.0	464 013	99 210	64 896	135 306	12 599	464 013	323 060	140 953	44.0	320
Mars	48.2	499 024	108 379	69 270	149 389	13 790	499 024	345 340	153 684	48.2	319
Avril	74.8	570 459	100 520	64 854	140 122	12 849	570 459	334 200	236 259	74.8	316
Mai	18.5	404 879	90 938	65 973	138 800	13 230	404 879	345 340	59 539	18.5	322
Juin	80.2	590 351	162 821	80 680	178 561	15 229	590 351	334 200	256 151	80.2	319
Juillet	45.9	491 775	138 262	82 839	174 100	15 883	491 775	345 340	146 435	45.9	319
Août	27.9	434 526	93 163	70 343	145 505	13 963	434 526	345 340	89 186	27.9	320
Septembre	20.1	397 810	88 838	68 999	144 189	13 814	397 810	334 200	63 610	20.1	316
Octobre	10.0	377 368	97 232	77 181	158 022	15 263	377 368	345 340	32 028	10.0	320
Novembre	63.1	535 563	136 290	76 240	173 211	15 162	535 563	334 200	201 363	63.1	319
Décembre	30.0	440 948	92 040	70 525	142 606	13 822	440 948	345 340	95 608	30.0	319
<b>TOTAL</b>	<b>545.4</b>	<b>5 813 597</b>	<b>1 315 735</b>	<b>861 913</b>	<b>1 829 129</b>	<b>169 348</b>	<b>5 813 597</b>	<b>4 077 240</b>	<b>1 736 357</b>	<b>545.4</b>	<b>318</b>
<b>Mai-Sept.</b>	<b>192.6</b>	<b>2 319 341</b>	<b>574 022</b>	<b>368 834</b>	<b>781 155</b>	<b>72 119</b>	<b>2 319 341</b>	<b>1 704 420</b>	<b>614 921</b>	<b>192.6</b>	<b>319</b>
<b>% total</b>	<b>35%</b>	<b>40%</b>	<b>44%</b>	<b>43%</b>	<b>43%</b>	<b>43%</b>	<b>40%</b>	<b>42%</b>	<b>35%</b>	<b>35%</b>	-

Les simulations respectent les mois calendaires. L'état initial pris en compte pour la simulation de janvier est un état "blanc", tel que défini dans les hypothèses.

Les surfaces actives recalculées varient entre 316 et 322 hectares.

Les pourcentages représentant la période critique par rapport à l'année complète sont de 35 % pour la hauteur de pluie, 36 % pour le volume rejeté et varient de 41 à 45 % pour les charges rejetées.

### 6.3.11. LA 3EME ANNEE SYNTHETIQUE (AS3)

Les deux tableaux suivants expriment les résultats obtenus à l'issue des 12 simulations mensuelles effectuées avec HYDROWORKS-DM™ :

ORNE AS3	RAPPEL HAUTEUR DE PLUIE (mm)	SOMME DES REJETS AU MILIEU NATUREL (rejets directs, DO, trop-pleins de PR, exutoires EP)					ENTREE STATION D'EPURATION					
		Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Débit max (l/s)
Janvier	64.3	138 113	32 521	9 675	23 009	1 495	411 665	60 978	57 973	117 580	11 842	632
Février	43.7	95 917	35 225	10 976	24 657	1 665	366 511	66 007	59 564	119 322	11 944	626
Mars	34.8	77 237	20 603	7 703	16 086	1 194	377 967	64 672	70 260	143 324	14 549	579
Avril	53.8	101 990	36 449	11 780	25 148	1 740	404 788	63 296	56 816	114 330	11 451	539
Mai	130.6	310 471	101 521	21 648	60 550	3 387	446 799	68 149	55 133	113 913	11 195	750
Juin	60.4	153 689	74 006	15 473	39 800	2 255	377 316	62 406	57 064	115 912	11 644	718
Juillet	60.3	136 721	54 801	13 628	33 368	2 030	401 873	63 803	56 398	114 458	11 445	656
Août	93.7	228 506	114 809	23 861	59 579	3 415	420 116	71 793	58 948	120 164	11 895	681
Septembre	46.4	119 098	79 420	15 985	40 343	2 319	371 436	77 197	65 556	134 591	13 304	645
Octobre	30.9	61 576	30 910	11 409	21 501	1 647	384 826	63 376	77 622	162 270	16 482	504
Novembre	99.6	232 851	53 201	13 729	35 851	2 180	416 835	64 533	60 789	125 413	12 503	710
Décembre	37.2	78 557	22 247	7 990	16 317	1 191	384 563	58 321	57 098	114 437	11 642	590
<b>TOTAL</b>	<b>755.7</b>	<b>1 734 726</b>	<b>655 713</b>	<b>163 857</b>	<b>396 209</b>	<b>24 518</b>	<b>4 764 695</b>	<b>784 531</b>	<b>733 221</b>	<b>1 495 714</b>	<b>149 896</b>	-
<i>Mai-Sept.</i>	<i>391.4</i>	<i>948 485</i>	<i>424 557</i>	<i>90 595</i>	<i>233 640</i>	<i>13 406</i>	<i>2 017 540</i>	<i>343 348</i>	<i>293 099</i>	<i>599 038</i>	<i>59 483</i>	-
% total	52%	55%	65%	55%	59%	55%	42%	44%	40%	40%	40%	-

ORNE AS3	RAPPEL HAUTEUR DE PLUIE (mm)	TOTAL SOMME REJETS + ENTREE STEP					CALCUL SURFACE ACTIVE GLOBALE (égale à 315 hectares en théorie)				
		Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume global (m <sup>3</sup> )	Volume temps sec (m <sup>3</sup> )	Volume ruissellement (m <sup>3</sup> )	Hauteur de pluie (mm)	Surface active (ha)
Janvier	64.3	549 778	93 499	67 648	140 589	13 337	549 778	345 340	204 438	64.3	318
Février	43.7	462 428	101 232	70 540	143 979	13 609	462 428	323 060	139 368	43.7	319
Mars	34.8	455 204	85 275	77 963	159 410	15 743	455 204	345 340	109 864	34.8	316
Avril	53.8	506 778	99 745	68 596	139 478	13 191	506 778	334 200	172 578	53.8	321
Mai	130.6	757 270	169 670	76 781	174 463	14 582	757 270	345 340	411 930	130.6	315
Juin	60.4	531 005	136 412	72 537	155 712	13 899	531 005	334 200	196 805	60.4	326
Juillet	60.3	538 594	118 604	70 026	147 826	13 475	538 594	345 340	193 254	60.3	320
Août	93.7	648 622	186 602	82 809	179 743	15 310	648 622	345 340	303 282	93.7	324
Septembre	46.4	490 534	156 617	81 541	174 934	15 623	490 534	334 200	156 334	46.4	337
Octobre	30.9	446 402	94 286	89 031	183 771	18 129	446 402	345 340	101 062	30.9	327
Novembre	99.6	649 686	117 734	74 518	161 264	14 683	649 686	334 200	315 486	99.6	317
Décembre	37.2	463 120	80 568	65 088	130 754	12 833	463 120	345 340	117 780	37.2	317
<b>TOTAL</b>	<b>755.7</b>	<b>6 499 421</b>	<b>1 440 244</b>	<b>897 078</b>	<b>1 891 923</b>	<b>174 414</b>	<b>6 499 421</b>	<b>4 077 240</b>	<b>2 422 181</b>	<b>755.7</b>	<b>321</b>
<i>Mai-Sept.</i>	<i>391.4</i>	<i>2 966 025</i>	<i>767 905</i>	<i>383 694</i>	<i>832 678</i>	<i>72 889</i>	<i>2 966 025</i>	<i>1 704 420</i>	<i>1 261 605</i>	<i>391.4</i>	<i>322</i>
% total	52%	46%	53%	43%	44%	42%	46%	42%	52%	52%	-

Les simulations respectent les mois calendaires, à l'exception de la simulation de mai, qui s'achève le 01/06 à 1h00 (celle de juin démarrant à cette heure précise). L'état initial pris en compte pour la simulation de janvier est un état "blanc", tel que défini dans les hypothèses.

Les surfaces actives recalculées varient entre 315 et 337 hectares (pour septembre).

Les pourcentages représentant la période critique par rapport à l'année complète sont de 52 % pour la hauteur de pluie, 55 % pour le volume rejeté et varient de 55 à 65 % pour les charges rejetées.

## 6.4. PRESENTATION D'UNE ANNEE MOYENNE POUR LA TRES LONGUE SERIE REELLE (TLSR MOY)

Il a été décidé d'exprimer une année moyenne pour la très longue série réelle, composée de mois moyens. Ainsi, le bilan d'un mois donné de cette année moyenne est calculé comme la moyenne arithmétique (somme divisée par 6) des 6 mois correspondants des années de la TLSR. Le bilan annuel de cette année moyenne est, de fait, la moyenne des 6 bilans annuels.

Les deux tableaux suivants expriment les résultats calculés à partir des résultats simulés pour les 6 années de la très longue série réelle TLSR (1996, 1997, 1998, 1999, 2000 et 2001) :

ORNE TLSR MOY	RAPPEL HAUTEUR	SOMME DES REJETS AU MILIEU NATUREL (rejets directs, DO, trop-pleins de PR, exutoires EP)					ENTREE STATION D'EPURATION					
	DE PLUIE (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Débit max (l/s)
Janvier	45.6	90 510	24 443	8 292	18 450	1 321	400 098	61 979	58 007	115 967	11 725	-
Février	64.1	130 325	30 239	9 493	22 141	1 511	388 318	58 355	55 790	113 068	11 370	-
Mars	54.1	105 475	28 444	9 283	20 520	1 416	413 311	62 489	62 079	126 337	12 747	-
Avril	66.0	129 704	37 698	11 405	25 907	1 761	414 202	61 826	55 270	111 711	11 185	-
Mai	50.1	104 352	46 790	12 028	29 656	1 917	400 669	70 578	89 227	189 511	19 121	-
Juin	59.5	129 672	57 619	14 733	33 570	2 113	394 167	64 857	57 800	117 947	11 555	-
Juillet	86.5	197 960	72 051	16 175	39 840	2 363	421 501	69 396	59 243	119 470	11 907	-
Août	57.2	132 211	110 212	19 677	49 406	2 755	394 449	64 173	64 537	132 896	13 376	-
Septembre	77.0	172 810	64 000	13 912	35 099	2 114	405 351	70 636	66 396	134 380	13 470	-
Octobre	78.2	166 396	47 844	13 095	30 466	1 958	426 650	64 319	60 270	122 560	12 289	-
Novembre	81.9	159 758	38 034	11 677	26 196	1 773	434 801	61 773	54 961	110 161	11 051	-
Décembre	81.0	155 437	28 016	10 139	21 680	1 633	446 929	61 297	57 470	115 746	11 678	-
<b>TOTAL</b>	<b>801.2</b>	<b>1 674 609</b>	<b>585 389</b>	<b>149 907</b>	<b>352 931</b>	<b>22 633</b>	<b>4 940 445</b>	<b>771 676</b>	<b>741 049</b>	<b>1 509 753</b>	<b>151 474</b>	-
<b>Mai-Sept.</b>	<b>330.4</b>	<b>737 005</b>	<b>350 672</b>	<b>76 525</b>	<b>187 571</b>	<b>11 262</b>	<b>2 016 136</b>	<b>339 639</b>	<b>337 202</b>	<b>694 204</b>	<b>69 429</b>	-
% total	41%	44%	60%	51%	53%	50%	41%	44%	46%	46%	46%	-

ORNE TLSR MOY	RAPPEL HAUTEUR	TOTAL SOMME REJETS + ENTREE STEP					CALCUL SURFACE ACTIVE GLOBALE (égale à 315 hectares en théorie)				
	DE PLUIE (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume global (m <sup>3</sup> )	Volume temps sec (m <sup>3</sup> )	Volume ruissellement (m <sup>3</sup> )	Hauteur de pluie (mm)	Surface active (ha)
Janvier	45.6	490 607	86 421	66 299	134 417	13 046	490 607	345 340	145 267	45.6	319
Février	64.1	518 643	88 595	65 283	135 208	12 881	518 643	323 060	195 583	64.1	305
Mars	54.1	518 786	90 933	71 361	146 857	14 162	518 786	345 340	173 446	54.1	321
Avril	66.0	543 906	99 524	66 675	137 618	12 946	543 906	334 200	209 706	66.0	318
Mai	50.1	505 021	117 367	101 255	219 167	21 038	505 021	345 340	159 681	50.1	319
Juin	59.5	523 839	122 476	72 533	151 518	13 668	523 839	334 200	189 639	59.5	319
Juillet	86.5	619 461	141 447	75 418	159 310	14 270	619 461	345 340	274 121	86.5	317
Août	57.2	526 660	174 385	84 214	182 302	16 130	526 660	345 340	181 320	57.2	317
Septembre	77.0	578 161	134 636	80 308	169 478	15 585	578 161	334 200	243 961	77.0	317
Octobre	78.2	593 046	112 163	73 365	153 026	14 247	593 046	345 340	247 706	78.2	317
Novembre	81.9	594 559	99 806	66 637	136 357	12 824	594 559	334 200	260 359	81.9	318
Décembre	81.0	602 367	89 312	67 608	137 425	13 311	602 367	345 340	257 027	81.0	317
<b>TOTAL</b>	<b>801.2</b>	<b>6 615 054</b>	<b>1 357 065</b>	<b>890 956</b>	<b>1 862 684</b>	<b>174 107</b>	<b>6 615 054</b>	<b>4 077 240</b>	<b>2 537 814</b>	<b>801.2</b>	<b>317</b>
<b>Mai-Sept.</b>	<b>330.4</b>	<b>2 753 141</b>	<b>690 311</b>	<b>413 727</b>	<b>881 775</b>	<b>80 690</b>	<b>2 753 141</b>	<b>1 704 420</b>	<b>1 048 721</b>	<b>330.4</b>	<b>317</b>
% total	41%	42%	51%	46%	47%	46%	42%	42%	41%	41%	-

Les surfaces actives recalculées, dont la représentativité peut être considérée ici comme limitée, varient entre 305 et 321 hectares. Les pourcentages représentant la période critique par rapport à l'année complète sont de 41 % pour la hauteur de pluie, 44 % pour le volume rejeté et varient de 50 à 60 % pour les charges rejetées.

## 6.5. PRESENTATION ET ANALYSE DES BILANS ANNUELS

### 6.5.1. PRESENTATION DES BILANS ANNUELS SOUS FORME DE TABLEAUX

Les deux tableaux suivants récapitulent l'ensemble des bilans annuels obtenus, pour l'année fictive de temps sec TS, pour les 2 années réelles AR1 et AR2, pour les 6 années de la très longue série réelle TLSR, pour l'année moyenne de la très longue série réelle TLSR MOY et pour les 3 années synthétiques AS1, AS2 et AS3 :

ORNE BILANS ANNUELS	RAPPEL	SOMME DES REJETS AU MILIEU NATUREL (rejets directs, DO, trop-pleins de PR, exutoires EP)					ENTREE STATION D'EPURATION					
	HAUTEUR	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Débit max (l/s)
	DE PLUIE (mm)											
"Temps Sec"	-	141 255	13 505	20 440	42 705	4 380	3 924 845	663 570	691 310	1 378 970	141 620	161
AR1 1998	733.0	1 544 714	466 268	138 369	315 979	21 464	4 848 798	774 802	744 396	1 503 700	151 439	764
AR2 1987	756.6	1 524 823	476 796	126 616	308 540	19 708	4 927 256	801 931	856 288	1 792 852	179 701	741
TLSR 1996	592.2	1 258 530	448 185	122 521	280 313	18 279	4 704 534	756 277	860 321	1 791 998	181 164	690
TLSR 1997	776.6	1 650 190	524 335	144 695	333 828	22 248	4 882 194	775 437	763 843	1 559 061	156 903	764
TLSR 1998	733.0	1 544 863	491 757	138 531	321 839	21 232	4 850 194	768 133	719 421	1 451 139	145 989	761
TLSR 1999	904.4	1 965 239	610 835	154 177	356 441	22 620	4 963 880	762 592	714 080	1 451 775	145 710	864
TLSR 2000	898.3	1 834 110	607 378	160 689	379 603	24 280	5 098 307	804 120	710 270	1 437 368	142 156	703
TLSR 2001	902.7	1 794 723	829 845	178 829	445 560	27 139	5 143 560	763 495	678 358	1 367 177	136 919	711
TLSR MOY	801.2	1 674 609	585 389	149 907	352 931	22 633	4 940 445	771 676	741 049	1 509 753	151 474	-
AS1	333.8	777 428	369 281	104 331	236 847	15 453	4 366 643	748 272	740 867	1 501 083	151 774	727
AS2	545.4	1 292 790	549 095	143 269	361 821	22 242	4 520 807	766 640	718 644	1 467 308	147 106	709
AS3	755.7	1 734 726	655 713	163 857	396 209	24 518	4 764 695	784 531	733 221	1 495 714	149 896	750

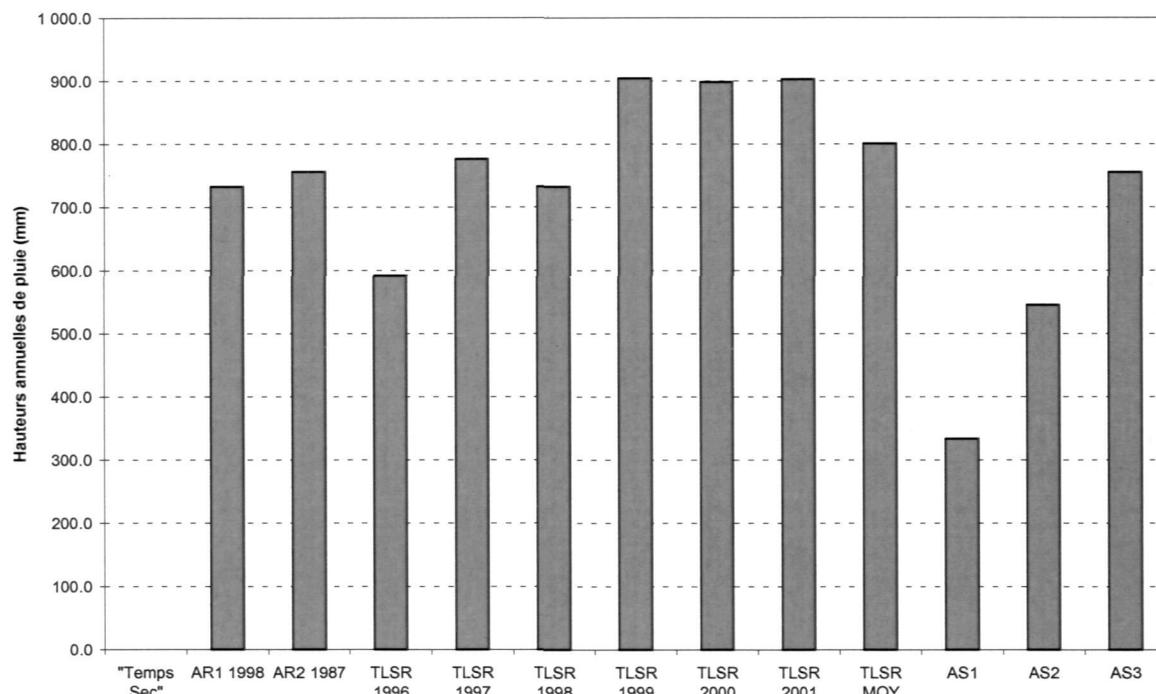
ORNE BILANS ANNUELS	RAPPEL	TOTAL SOMME REJETS + ENTREE STEP					CALCUL SURFACE ACTIVE GLOBALE (égale à 315 hectares en théorie)				
	HAUTEUR	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume global (m <sup>3</sup> )	Volume temps sec (m <sup>3</sup> )	Volume ruissellement (m <sup>3</sup> )	Hauteur de pluie (mm)	Surface active (ha)
	DE PLUIE (mm)										
"Temps Sec"	-	4 066 100	677 075	711 750	1 421 675	146 000	-	-	-	-	-
AR1 1998	733.0	6 393 512	1 241 070	882 765	1 819 679	172 903	6 393 512	4 066 100	2 327 412	733.0	318
AR2 1987	756.6	6 452 079	1 278 727	982 904	2 101 392	199 409	6 452 079	4 066 100	2 385 979	756.6	315
TLSR 1996	592.2	5 963 064	1 204 462	982 842	2 072 311	199 443	5 963 064	4 077 240	1 885 824	592.2	318
TLSR 1997	776.6	6 532 384	1 299 772	908 538	1 892 889	179 151	6 532 384	4 066 100	2 466 284	776.6	318
TLSR 1998	733.0	6 395 057	1 259 890	857 952	1 772 978	167 221	6 395 057	4 066 100	2 328 957	733.0	318
TLSR 1999	904.4	6 929 119	1 373 427	868 257	1 808 216	168 330	6 929 119	4 066 100	2 863 019	904.4	317
TLSR 2000	898.3	6 932 417	1 411 498	870 959	1 816 971	166 436	6 932 417	4 077 240	2 855 177	898.3	318
TLSR 2001	902.7	6 938 283	1 593 340	857 187	1 812 737	164 058	6 938 283	4 066 100	2 872 183	902.7	318
TLSR MOY	801.2	6 615 054	1 357 065	890 956	1 862 684	174 107	6 615 054	4 077 240	2 537 814	801.2	317
AS1	333.8	5 144 071	1 117 553	845 198	1 737 930	167 227	5 144 071	4 077 240	1 066 831	333.8	320
AS2	545.4	5 813 597	1 315 735	861 913	1 829 129	169 348	5 813 597	4 077 240	1 736 357	545.4	318
AS3	755.7	6 499 421	1 440 244	897 078	1 891 923	174 414	6 499 421	4 077 240	2 422 181	755.7	321

Ces tableaux concernent donc 13 bilans annuels, dont :

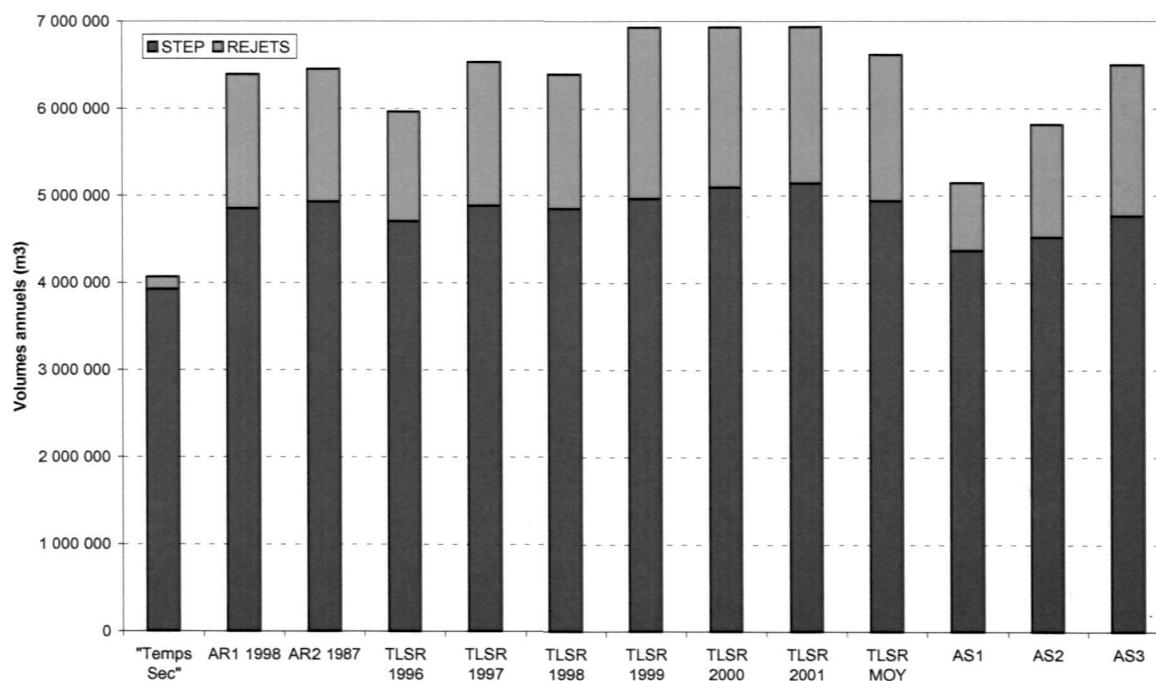
- 11 (AR1 1998, AR2 1987, TLSR 1996, TLSR 1997, TLSR 1998, TLSR 1999, TLSR 2000, TLSR 2001, AS1, AS2 et AS3) sont calculés directement à partir des résultats des 132 simulations mensuelles effectuées ;
- 1 ("Temps Sec") est calculé à partir d'une simulation de 24 heures de temps sec ;
- 1 (TLSR MOY) est calculé comme une moyenne des 6 années de la TLSR.

## 6.5.2. PRESENTATION DES BILANS ANNUELS SOUS FORME DE GRAPHIQUES

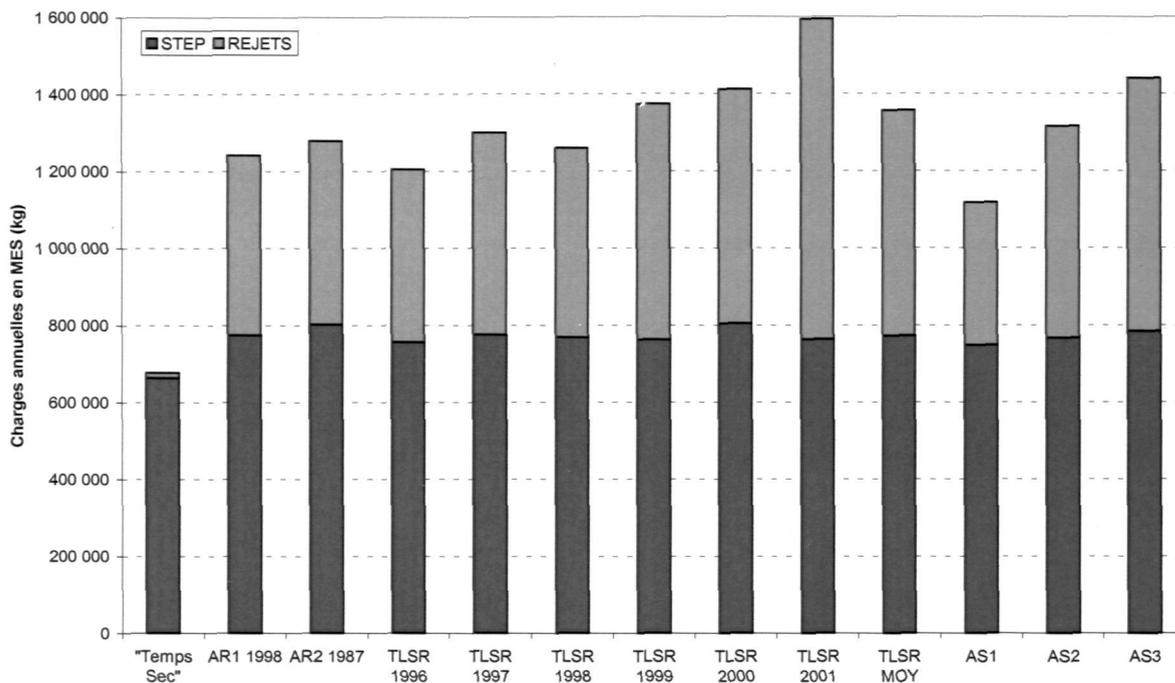
Le graphique suivant permet de comparer les bilans annuels, pour les hauteurs de pluie :



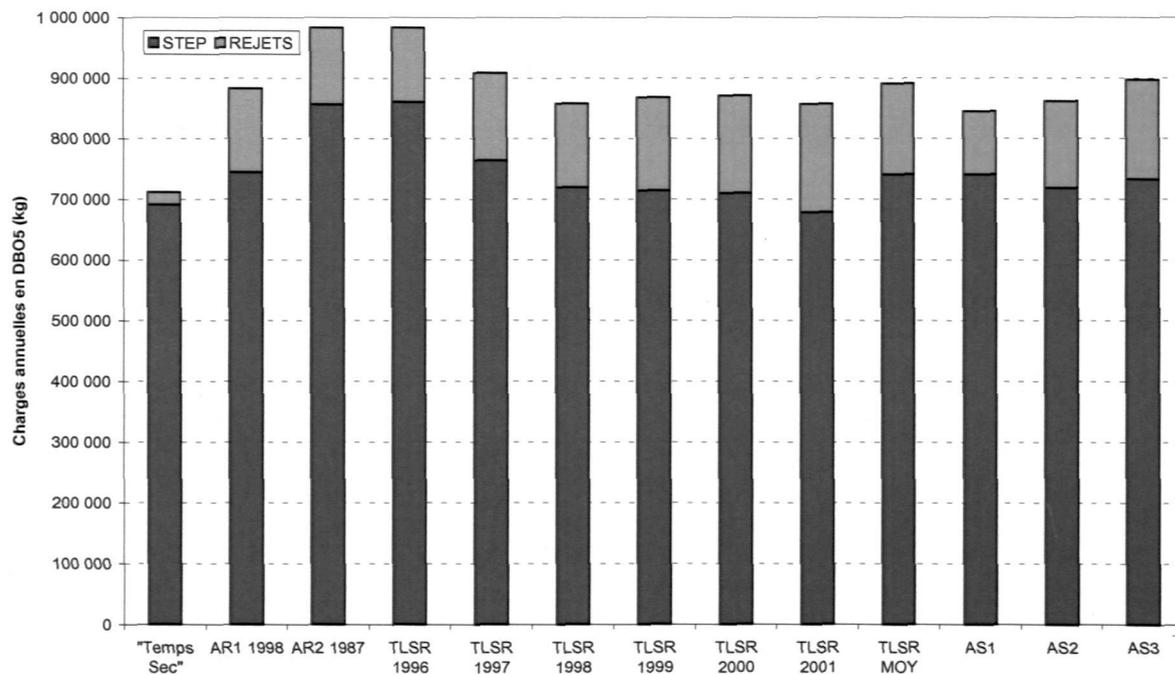
Le graphique suivant permet de comparer les bilans annuels, pour les volumes globaux, en distinguant ce qui est rejeté et ce qui entre en station d'épuration :



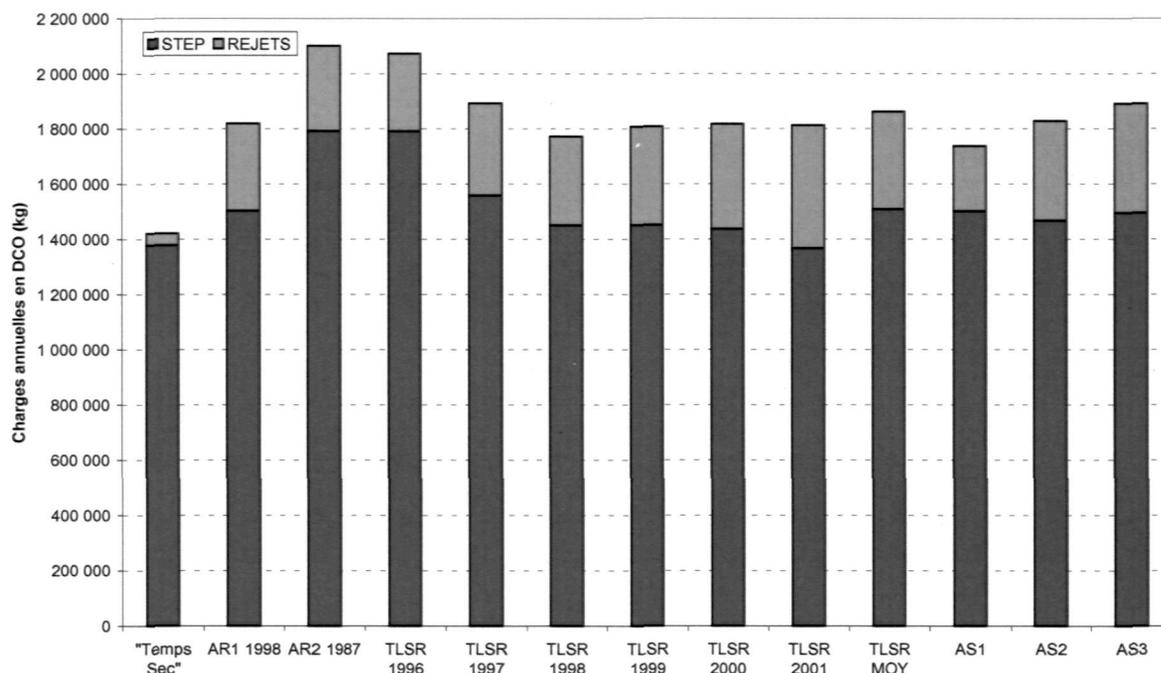
Le graphique suivant permet de comparer les bilans annuels, pour les charges globales en MES, en distinguant ce qui est rejeté et ce qui entre en station d'épuration :



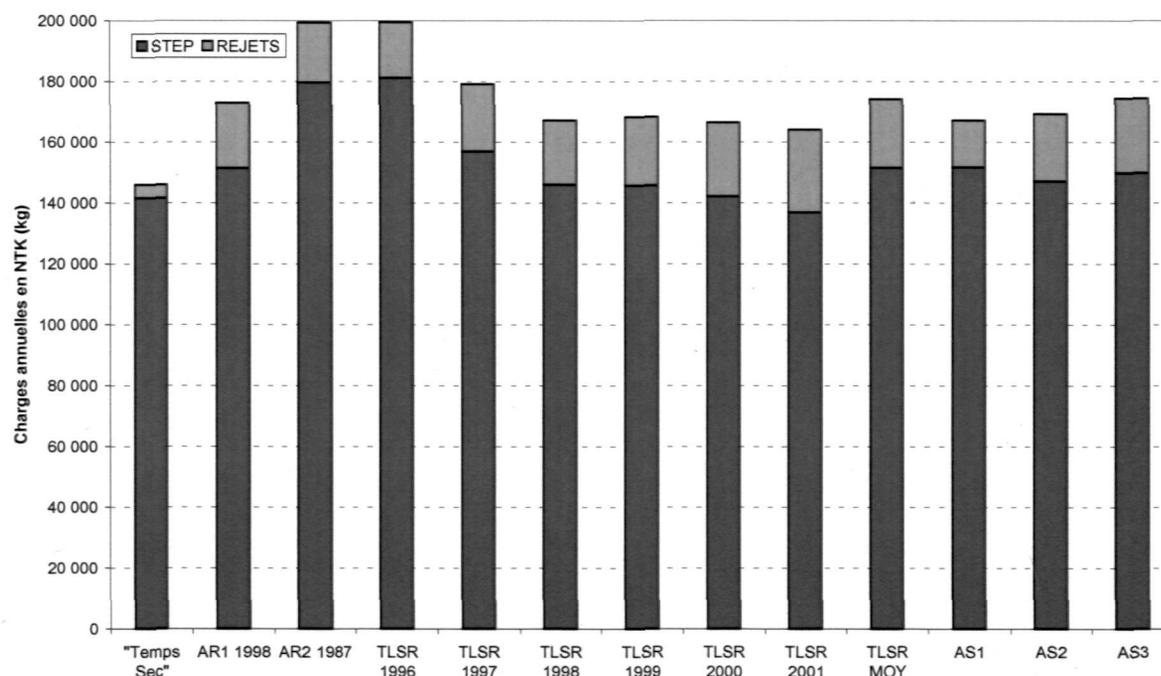
Le graphique suivant permet de comparer les bilans annuels, pour les charges globales en DBO<sub>5</sub>, en distinguant ce qui est rejeté et ce qui entre en station d'épuration :



Le graphique suivant permet de comparer les bilans annuels, pour les charges globales en DCO, en distinguant ce qui est rejeté et ce qui entre en station d'épuration :



Le graphique suivant permet de comparer les bilans annuels, pour les charges globales en NTK, en distinguant ce qui est rejeté et ce qui entre en station d'épuration :



### 6.5.3. REPARTITION ENTRE SOMME DES REJETS ET ENTREE STATION

Le tableau suivant exprime, pour les 13 bilans annuels, la répartition entre ce qui est rejeté au milieu naturel et ce qui arrive à la station d'épuration, par rapport au global "rejets + entrée station" :

	VOLUME		Charge MES		Charge DBO5		Charge DCO		Charge NTK	
	Rejets	Step	Rejets	Step	Rejets	Step	Rejets	Step	Rejets	Step
"Temps Sec"	3%	97%	2%	98%	3%	97%	3%	97%	3%	97%
AR1 1998	24%	76%	38%	62%	16%	84%	17%	83%	12%	88%
AR2 1987	24%	76%	37%	63%	13%	87%	15%	85%	10%	90%
TLSR 1996	21%	79%	37%	63%	12%	88%	14%	86%	9%	91%
TLSR 1997	25%	75%	40%	60%	16%	84%	18%	82%	12%	88%
TLSR 1998	24%	76%	39%	61%	16%	84%	18%	82%	13%	87%
TLSR 1999	28%	72%	44%	56%	18%	82%	20%	80%	13%	87%
TLSR 2000	26%	74%	43%	57%	18%	82%	21%	79%	15%	85%
TLSR 2001	26%	74%	52%	48%	21%	79%	25%	75%	17%	83%
TLSR MOY	25%	75%	43%	57%	17%	83%	19%	81%	13%	87%
AS1	15%	85%	33%	67%	12%	88%	14%	86%	9%	91%
AS2	22%	78%	42%	58%	17%	83%	20%	80%	13%	87%
AS3	27%	73%	46%	54%	18%	82%	21%	79%	14%	86%

Pour l'année fictive de temps sec, seuls 3 % des volumes et charges annuels globaux sont rejetés au milieu naturel, par l'intermédiaire d'un rejet direct (le Rapt à Rombas).

Pour les autres bilans annuels, le volume rejeté représente entre 15 % (pour l'année synthétique AS1) et 28 % (pour l'année réelle 1999 de la TLSR) du volume global. On notera que AS1 présente la hauteur de pluie annuelle la plus faible, alors que l'année 1999 présente la hauteur de pluie la plus forte.

Cette répartition est différente pour les charges, et même entre les charges selon le paramètre considéré. On peut à ce titre distinguer les MES des trois autres paramètres.

En ce qui concerne les MES, les charges annuelles rejetées représentent entre 33 % (toujours pour AS1) et 52 % (pour l'année 2001 de la TLSR) des charges globales. On notera que 2001 présente la deuxième hauteur de pluie la plus forte, quasiment égale à celle de 1999. La part des charges MES rejetées, par rapport aux charges globales, est de l'ordre de 1,5 à 2 fois plus importante que la part des volumes rejetés par rapport aux volumes globaux.

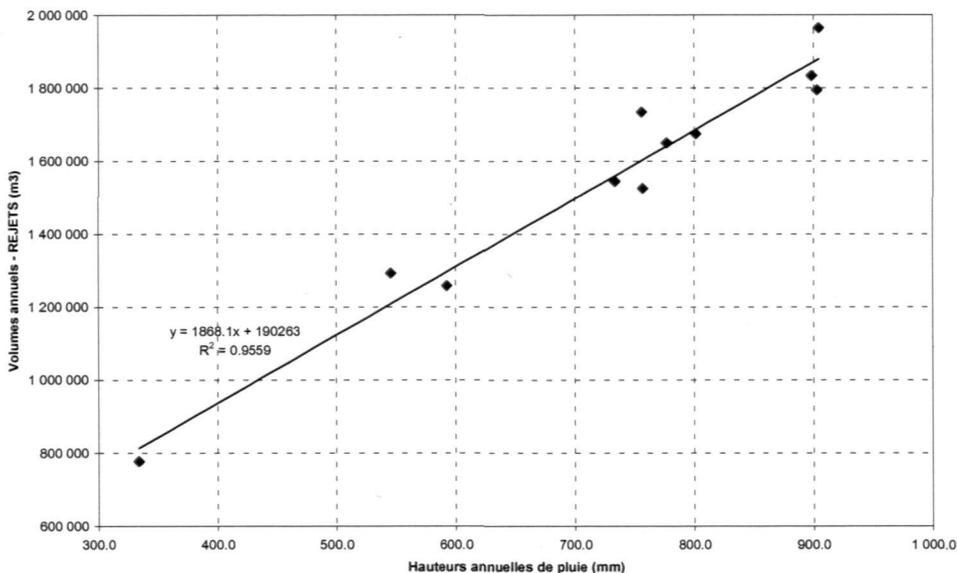
En ce qui concerne les trois autres paramètres, les charges annuelles rejetées représentent entre 9 % et 25 % des charges globales, soit des pourcentages toujours plus faibles que ceux exprimés pour les volumes. C'est pour le paramètre NTK que ces pourcentages sont les plus faibles, et pour la DCO qu'ils sont les plus forts.

En résumé, les effluents rejetés par temps de pluie au milieu naturel seraient donc significativement plus chargés en matières en suspension qu'en matières organiques ou azotées, ce qui semble être une conclusion déjà rencontrée lors de nombreuses études menées sur les rejets urbains de temps de pluie.

## 6.5.4. RECHERCHE DE CORRELATIONS ENTRE PARAMETRES

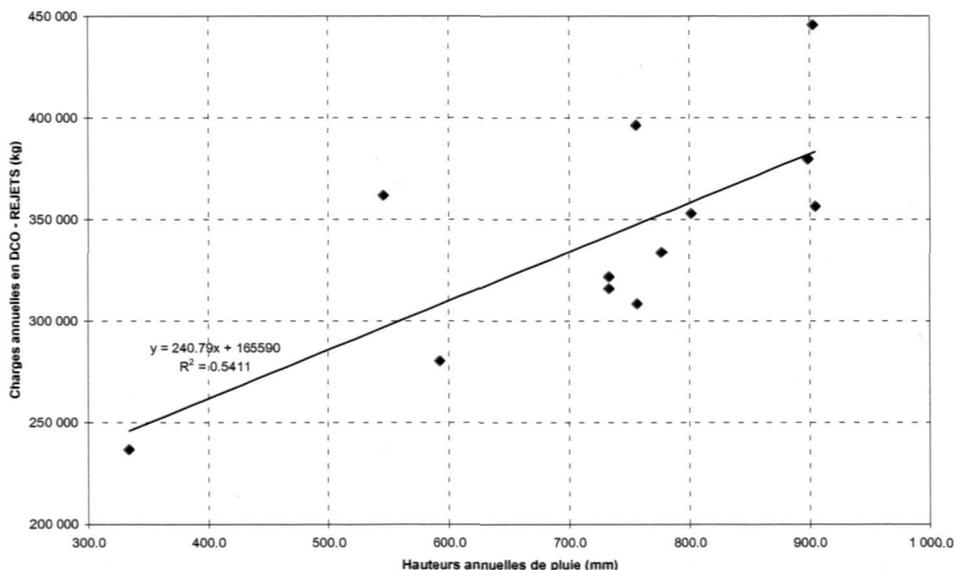
### 6.5.4.1. Entre volumes ou charges rejetés et hauteurs de pluie

Le graphe suivant exprime les volumes annuels rejetés (hors année fictive de temps sec), en fonction des hauteurs annuelles de pluie :



Il existe donc une bonne corrélation entre volumes annuels rejetés et hauteurs annuelles de pluie, ce qui tendrait à montrer que, pour le réseau d'assainissement modélisé, la connaissance de la hauteur annuelle de pluie permet de fournir une bonne estimation du volume annuel rejeté.

Cette corrélation n'est plus du tout évidente entre les charges annuelles rejetées et les hauteurs de pluies, et ce quel que soit le paramètre considéré, comme l'illustre le graphe suivant (pour la DCO) :



En effet, on peut observer que, pour des hauteurs annuelles de pluie équivalentes, il peut exister de grosses différences sur les charges rejetées, avec des écarts pouvant atteindre 30, voire 50 % selon le paramètre considéré. L'estimation des charges rejetées à partir de la hauteur de pluie s'avère donc nettement plus critiquable que pour les volumes.

#### 6.5.4.2. Entre volumes ou charges en entrée station et hauteurs de pluie

La corrélation entre volumes annuels en entrée station et hauteurs annuelles de pluie reste tout à fait correcte.

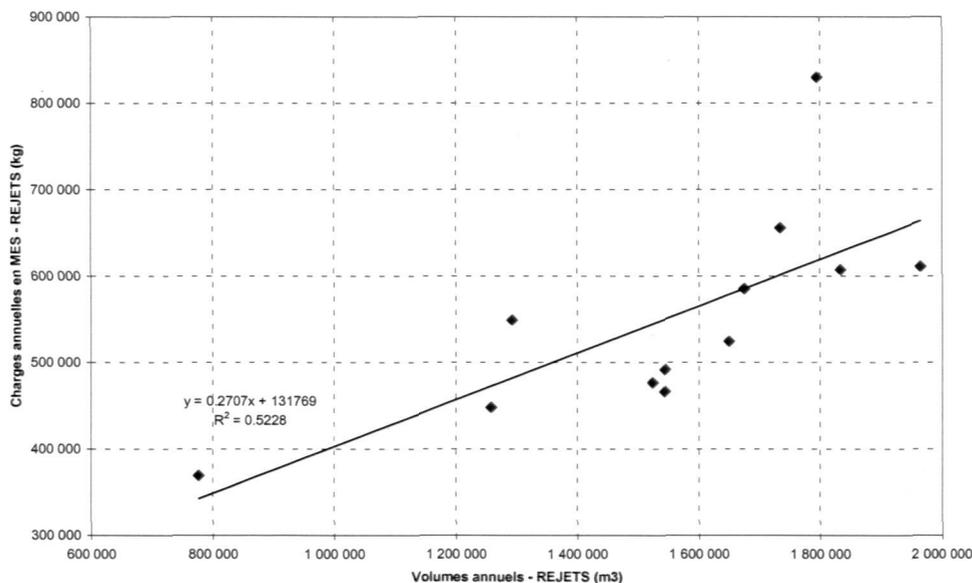
Par contre, il n'existe aucune corrélation entre les charges annuelles en entrée station et les hauteurs annuelles de pluie, pour MES, DBO<sub>5</sub>, DCO et NTK.

#### 6.5.4.3. Entre volumes ou charges globaux et hauteurs de pluie

Pour ce qui est du total "somme des rejets + entrée station", logiquement, la corrélation entre les volumes et les hauteurs de pluie reste correcte, et elle est inexistante entre les charges annuelles globales et les hauteurs annuelles de pluie, et ce quel que soit le paramètre considéré.

#### 6.5.4.4. Entre charges rejetées et volumes rejetés

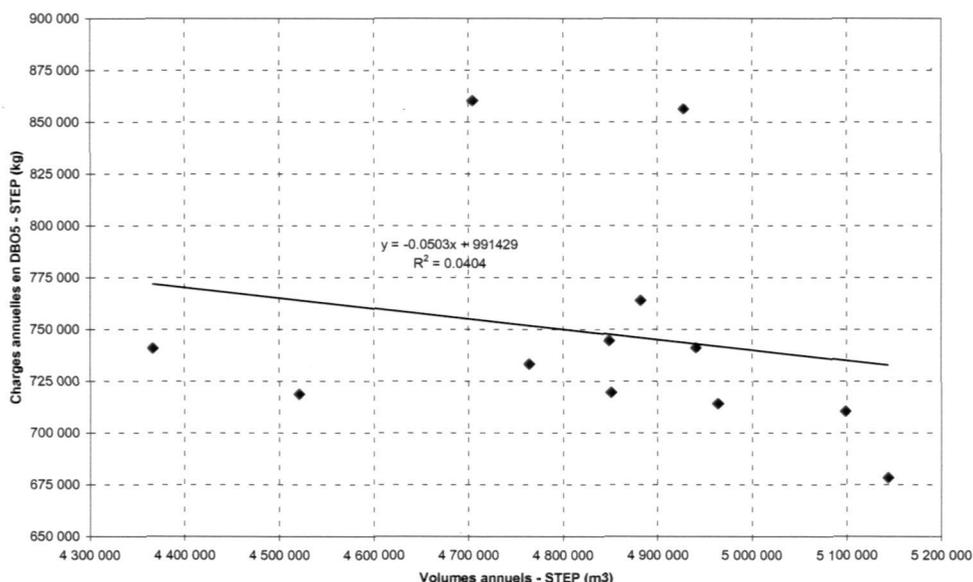
Les corrélations entre charges annuelles rejetées et volumes annuels rejetés sont peu évidentes, comme on peut le constater sur le graphe suivant (exprimé pour les MES) :



Cela voudrait donc dire qu'il pourrait être dangereux de vouloir évaluer les charges rejetées par temps de pluie à partir des volumes et de concentrations "moyennes" et qu'une estimation correcte de ces charges passerait, sans doute, par une modélisation intégrant à la fois l'hydraulique et l'aspect qualitatif.

#### 6.5.4.5. Entre charges en entrée station et volumes en entrée station

Le constat établi pour ce qui est rejeté reste valable pour l'entrée en station d'épuration, et il est même amplifié parce que, cette fois, on peut dire qu'aucune corrélation correcte ne peut être établie entre les charges en MES, en DBO<sub>5</sub>, en DCO et en NTK, d'une part, et les volumes d'autre part, comme le montre le graphe suivant (exprimé pour la DBO<sub>5</sub>) :



Il paraît donc illusoire de penser évaluer des charges annuelles de pollution en entrée station à partir des volumes et de concentrations "moyennes", même en distinguant une concentration moyenne de temps sec et une concentration moyenne de temps de pluie.

Ici encore, il est probable que seule une modélisation "hydraulique et pollution" puisse permettre une estimation correcte de ces charges, et qu'il soit délicat de s'en tenir à des résultats de modélisations simplement hydrauliques, associées à des notions de concentrations moyennes.

#### 6.5.4.6. Entre charges globales et volumes globaux

Au vu des constats précédents, il est logique d'observer qu'il n'existe aucune corrélation valable entre les charges annuelles globales et les volumes globaux, et ce quel que soit le paramètre considéré.

Là encore, il est important de répéter qu'une modélisation portant uniquement sur l'hydraulique, associée à des valeurs moyennes de concentrations, par temps sec et par temps de pluie, n'aurait pas permis d'aboutir à des résultats satisfaisants.

### 6.5.5. ELEMENTS D'ANALYSE COMPARATIVE POUR LES DEUX ANNEES REELLES

On peut s'attacher maintenant à comparer de manière un peu plus détaillée les résultats obtenus pour les deux années réelles AR1 (1998) et AR2 (1987) :

ORNE	RAPPEL HAUTEUR DE PLUIE (mm)	SOMME DES REJETS AU MILIEU NATUREL (rejets directs, DO, trop-pleins de PR, exutoires EP)					ENTREE STATION D'EPURATION					
		Volume	Charge MES	Charge DBO <sub>5</sub>	Charge DCO	Charge NTK	Volume	Charge MES	Charge DBO <sub>5</sub>	Charge DCO	Charge NTK	Débit max
		(m <sup>3</sup> )	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(m <sup>3</sup> )	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(l/s)
AR1 1998	733.0	1 544 714	466 268	138 369	315 979	21 464	4 848 798	774 802	744 396	1 503 700	151 439	764
AR2 1987	756.6	1 524 823	476 796	126 616	308 540	19 708	4 927 256	801 931	856 288	1 792 852	179 701	741

ORNE	RAPPEL HAUTEUR DE PLUIE (mm)	TOTAL SOMME REJETS + ENTREE STEP					CALCUL SURFACE ACTIVE GLOBALE (égale à 315 hectares en théorie)				
		Volume	Charge MES	Charge DBO <sub>5</sub>	Charge DCO	Charge NTK	Volume global	Volume temps sec	Volume ruissellement	Hauteur de pluie	Surface active
		(m <sup>3</sup> )	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(mm)	(ha)
AR1 1998	733.0	6 393 512	1 241 070	882 765	1 819 679	172 903	6 393 512	4 066 100	2 327 412	733.0	318
AR2 1987	756.6	6 452 079	1 278 727	982 904	2 101 392	199 409	6 452 079	4 066 100	2 385 979	756.6	315

Bien que la hauteur de pluie annuelle soit légèrement plus importante pour AR2, le volume et les charges rejetées pour AR1 (à l'exception des MES) sont légèrement supérieures à ceux calculés pour AR2.

Cependant, sur le bilan global "somme des rejets + entrée station", la hiérarchie est respectée et le bilan calculé pour AR2 est légèrement supérieur à celui calculé pour AR1.

Pour rappel, ces deux années réelles avaient été sélectionnées pour avoir une hauteur totale annuelle proche de la moyenne calculée à partir de toutes les données annuelles. En outre, AR1 devait présenter la plus faible hauteur totale observée sur la période critique (mai-septembre), alors que AR2 devait présenter la plus forte hauteur totale observée sur cette même période critique.

Ceci explique que AR2 présente une hauteur totale annuelle légèrement supérieure à celle de AR1.

Ceci explique également que les bilans concernant la somme des rejets sur la période critique soient nettement plus importants pour AR2 que pour AR1, comme le rappellent les deux tableaux suivants :

ORNE	RAPPEL HAUTEUR DE PLUIE (mm)	SOMME DES REJETS AU MILIEU NATUREL (rejets directs, DO, trop-pleins de PR, exutoires EP)					ENTREE STATION D'EPURATION					
		Volume	Charge MES	Charge DBO <sub>5</sub>	Charge DCO	Charge NTK	Volume	Charge MES	Charge DBO <sub>5</sub>	Charge DCO	Charge NTK	Débit max
		(m <sup>3</sup> )	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(m <sup>3</sup> )	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(l/s)
TOTAL	733.0	1 544 714	466 268	138 369	315 979	21 464	4 848 798	774 802	744 396	1 503 700	151 439	-
Mai-Sept.	242.4	526 761	220 703	65 481	149 856	10 298	1 949 255	320 776	332 053	680 798	68 670	-
% total	33%	34%	47%	47%	47%	48%	40%	41%	45%	45%	45%	-

ORNE	RAPPEL HAUTEUR DE PLUIE (mm)	SOMME DES REJETS AU MILIEU NATUREL (rejets directs, DO, trop-pleins de PR, exutoires EP)					ENTREE STATION D'EPURATION					
		Volume	Charge MES	Charge DBO <sub>5</sub>	Charge DCO	Charge NTK	Volume	Charge MES	Charge DBO <sub>5</sub>	Charge DCO	Charge NTK	Débit max
		(m <sup>3</sup> )	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(m <sup>3</sup> )	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(l/s)
TOTAL	756.6	1 524 823	476 796	126 616	308 540	19 708	4 927 256	801 931	856 288	1 792 852	179 701	-
Mai-Sept.	404.9	843 700	295 330	68 543	178 297	10 622	2 136 059	359 334	292 919	603 781	59 312	-
% total	54%	55%	62%	54%	58%	54%	43%	45%	34%	34%	33%	-

En ce qui concerne l'entrée station, si les volumes et charges en MES exprimés pour AR2 restent supérieurs à ceux exprimés pour AR1, il n'en est pas de même pour les charges en DBO<sub>5</sub>, DCO et NTK.

## 6.5.6. ELEMENTS D'ANALYSE COMPARATIVE POUR LES TROIS ANNEES SYNTHETIQUES

Le tableau suivant rappelle les hypothèses de construction des 3 années synthétiques :

Rappel hypothèses définition années synthétiques			
Paramètres	AS1	AS2	AS3
Hauteur mini	2 mm	2 mm	1 mm
Durée TS mini	30 mn	30 mn	30 mn
Période référence pour construction	82-87 (6 ans)	96-01 (6 ans)	96-01 (6 ans)

On peut essentiellement établir deux comparaisons :

- Entre AS1 et AS2, entre lesquelles seule la période de référence (période utilisée pour établir l'inventaire des événements sur lequel repose le reste de la démarche constructive) change, puisque cette période de 6 années est "rafraîchie" pour AS2.
- Entre AS2 et AS3, entre lesquelles seule la hauteur minimum de définition d'un événement change, puisqu'elle passe de 2 mm pour AS2 à 1 mm pour AS3.

Dans la Partie relative aux scénarios de pluie retenus, la comparaison détaillée du contenu des trois années synthétiques avait déjà été présentée. On peut donc s'attacher à comparer de manière un peu plus détaillée les résultats obtenus pour les trois années synthétiques AS1, AS2 et AS3 :

ORNE  BILANS ANNUELS	RAPPEL HAUTEUR	SOMME DES REJETS AU MILIEU NATUREL (rejets directs, DO, trop-pleins de PR, exutoires EP)					ENTREE STATION D'EPURATION					
	DE PLUIE (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Débit max (l/s)
	AS1	333.8	777 428	369 281	104 331	236 847	15 453	4 366 643	748 272	740 867	1 501 083	151 774
AS2	545.4	1 292 790	549 095	143 269	361 821	22 242	4 520 807	766 640	718 644	1 467 308	147 106	709
AS3	755.7	1 734 726	655 713	163 857	396 209	24 518	4 764 695	784 531	733 221	1 495 714	149 896	750

ORNE  BILANS ANNUELS	RAPPEL HAUTEUR	TOTAL SOMME REJETS + ENTREE STEP					CALCUL SURFACE ACTIVE GLOBALE (égale à 315 hectares en théorie)				
	DE PLUIE (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume global (m <sup>3</sup> )	Volume temps sec (m <sup>3</sup> )	Volume ruissellement (m <sup>3</sup> )	Hauteur de pluie (mm)	Surface active (ha)
	AS1	333.8	5 144 071	1 117 553	845 198	1 737 930	167 227	5 144 071	4 077 240	1 066 831	333.8
AS2	545.4	5 813 597	1 315 735	861 913	1 829 129	169 348	5 813 597	4 077 240	1 736 357	545.4	318
AS3	755.7	6 499 421	1 440 244	897 078	1 891 923	174 414	6 499 421	4 077 240	2 422 181	755.7	321

Globalement, on peut dire que la logique ayant prévalu pour la construction des trois années synthétiques se retrouve parfaitement au niveau des bilans annuels obtenus.

Entre AS1 et AS2, la hauteur annuelle de pluie, ainsi que le nombre d'évènements, augmentent de manière très importante (+ 63 % pour la hauteur, + 38 % pour le nombre d'évènements), et il en va de même sur les bilans annuels, pour la somme des rejets, pour l'entrée en station ou pour le total des deux, à l'exception, ici encore, des charges en DBO<sub>5</sub>, DCO et NTK en entrée station. Ceci est du à une très grosse augmentation des charges rejetées.

Entre AS2 et AS3, la hauteur annuelle de pluie, ainsi que le nombre d'évènements, augmentent également de manière très importante (+ 39 % pour la hauteur, + 83 % pour le nombre d'évènements), et il en va de même sur les bilans annuels, pour la somme des rejets, pour l'entrée en station ou pour le total des deux, cette fois-ci sans exception.

## **PARTIE 7 - CONCLUSIONS**

## 7.1. RAPPEL DE L'OBJECTIF PRINCIPAL DE NOTRE DEMARCHE

Globalement, l'objectif principal de la démarche mise en place dans la présente étude est d'apporter des éléments de réponse à la question suivante :

**Quel type de scénario annuel de pluie est-il le plus judicieux d'adopter, pour établir des bilans annuels représentatifs du fonctionnement global d'un réseau d'assainissement, à l'aide d'un modèle et de simulations informatiques ?**

De ce qui a été fait dans le cadre de la présente étude, cette question générale pourrait alors se transformer ainsi, selon trois grands types de choix :

- 1) Est-il préférable de sélectionner, sur la base de critères de choix généraux (hauteur annuelle de pluie proche de la moyenne observée sur la plus grande période possible, par exemple), une **année réelle** "isolée" et de simuler cette année réelle ?
- 2) Est-il plus pertinent de sélectionner une **longue série d'années réelles consécutives**, de les simuler les unes à la suite des autres, puis d'établir, à partir des résultats obtenus, une année moyenne représentative de cette très longue série ?
- 3) Vaut-il mieux en passer par la construction d'une **année synthétique** de pluie, basée sur des hypothèses constructives les plus fines et les plus récentes possibles ?

D'une part une première difficulté se présente : sur quels critères juger qu'un bilan annuel est représentatif du fonctionnement d'un réseau d'assainissement ?

Un élément de réponse à cette question pourrait résider dans la comparaison des bilans obtenus par le biais de la modélisation et de l'utilisation de scénarios de pluie avec des bilans obtenus par le biais de mesures d'exploitation (par exemple en entrée de station d'épuration).

Ce débat est délicat à aborder dans le cadre de la présente étude, qui ne présente qu'une démarche comparative relative, sur la base d'un modèle donné, entre différents scénarios annuels de pluie.

Cependant, avant même d'aborder la représentativité des résultats, il faut tenir compte, pour le choix du scénario de pluie le plus pertinent, de la complexité de sa mise en œuvre, et sur ce thème, la présente étude peut apporter des éléments de réponse.

## 7.2. COMPLEXITE DE MISE EN ŒUVRE DES SCENARIOS DE PLUIE

Si l'on en revient aux trois grands types de choix auxquels on peut être confronté, définis plus haut, on peut préciser, pour chacun d'entre eux la complexité de mise en œuvre.

### 7.2.1. UNE OU DES ANNEES REELLES "ISOLEES"

C'est certainement le scénario annuel de pluie le plus simple et le plus rapide à mettre en œuvre.

En effet, la définition de critères de sélection généraux n'est pas très compliquée. La sélection d'une, voire de plusieurs années réelles ne pose pas de problèmes particuliers, mais il faut disposer pour cela de la plus grande base de données fiables possible.

Enfin, le nombre de simulations annuelles reste très limité, ce qui réduit le nombre et la durée des simulations à effectuer. Mais, à l'inverse, il sera alors impossible d'établir de manière fiable une courbe  $V=f(H)$ , avec  $V$  volume annuel (rejeté ou en entrée station) et  $H$  hauteur annuelle de pluie.

### **7.2.2. UNE TRES LONGUE SERIE D'ANNEES REELLES AVEC ETABLISSEMENT D'UNE ANNEE MOYENNE**

Cette fois, le problème de sélection n'intervient pas : il semble évident de retenir une succession d'années réelles sur la période la plus récente possible, toujours dans le cadre d'une base de données fiables (pas d'absence significative de données).

Idéalement, la série chronologique réelle doit comporter le plus grand nombre d'années successives possible. Il faut cependant établir un compromis entre un très grand nombre d'années, qui va apporter une meilleure représentativité, et un nombre limité d'années, qui va faciliter la mise en œuvre en réduisant le nombre et la durée des simulations. Par exemple, dans le cadre de la présente étude, il avait été décidé de limiter à 6 le nombre d'années composant la très longue série réelle.

L'établissement d'une année moyenne, à partir des résultats obtenus pour chacune des années de la très longue série réelle, s'effectue alors très facilement. Il est de plus possible de tenter d'établir des corrélations entre volumes annuels (rejetés et/ou en entrée station) et hauteurs annuelles de pluie, qui soit extrapolables par la suite.

### **7.2.3. UNE ANNEE SYNTHETIQUE DE PLUIE**

Pour construire une année synthétique de pluie, il faut tout d'abord entreprendre un gros travail sur les hypothèses de construction, notamment sur ce qu'on entend par événement pluvieux pour le traitement des données qui sera effectué. Il faut également définir sur quelle période de données disponibles on se base pour établir un inventaire des événements, puis une classification, étapes indispensables avant le traitement statistique aboutissant à l'établissement de l'année synthétique.

Pour ce dernier point, il paraît logique et cohérent de retenir la période la plus longue et la plus récente possible et qui ne présente pas d'absences significatives de données. C'est à dire en fait sur la période que l'on retiendrait en première approche (avant limitation éventuelle) pour la très longue série réelle.

C'est bien ce qui a été fait, pour la présente étude : la période de référence choisie pour la construction des années synthétiques AS2 et AS3 correspond à la très longue série réelle, soit la période 1996-2001.

Ensuite, pour les hypothèses de définition d'un événement pluvieux, il faut établir un compromis. Initialement, il faut fixer des hypothèses les plus "fines" possibles, cohérentes avec la zone d'étude, afin d'avoir un inventaire d'événements, sur la période de référence, le plus représentatif possible. Mais on prend alors le risque d'aboutir à une classification trop complexe ne permettant pas de poursuivre la démarche de construction de l'année synthétique. Si tel est le cas, et l'expérience l'a montré, il faut "dégrader" quelque peu les hypothèses initiales, au risque de perdre en représentativité.

C'est bien là la différence, dans la présente étude, entre la construction de l'année synthétique AS2, pour laquelle un événement était considéré pour une hauteur supérieure ou égale à 2 mm, et celle de AS3, pour laquelle un événement était considéré pour une hauteur supérieure ou égale à 1 mm.

Il faut également préciser que la construction d'une année synthétique représente, pour Météo-France, des efforts et des délais supérieurs à ceux nécessaires pour sélectionner une année réelle ou une très longue série réelle. Cependant, la méthode de construction des années synthétiques étant désormais bien éprouvée, la différence n'est pas forcément significative.

Par contre, du moins pour l'instant, l'année synthétique construite n'est exprimée que sous la forme de données globales définissant chacun des événements qui la composent (hauteur, durée, période de temps sec précédant l'événement, ...).

Des hypothèses doivent donc être faites (formes des hyétogrammes), ainsi que des efforts de traitement complémentaire, pour discrétiser chaque événement, ce qui n'est bien sûr pas le cas pour des années réelles.

Il faut toutefois rappeler ici que, dans le cadre de la construction d'une année synthétique, Météo-France traite un certain nombre d'années réelles, et que l'on peut considérer que la fourniture d'une année synthétique comprend, de fait, un inventaire et une classification d'événements réels.

#### 7.2.4. SYNTHÈSE CONCERNANT LES SCÉNARIOS DE PLUIE

Devant l'accroissement autant de la quantité et de la qualité des bases de données de pluie que des performances des outils de calculs (rapidité et aptitude à calculer à des pas de temps faibles et sur des longues durées), le meilleur compromis quant au choix de scénarios de pluie est clairement la très longue série de pluie. S'il est délicat de préconiser une durée minimale, il semble indispensable de disposer d'années très différentes au sein de cette série. Les éléments à analyser sont au minimum les hauteurs de pluies (non seulement annuelles, mais aussi sur la période dite critique en terme d'impact sur le milieu, voire au niveau des saisons), et le nombre de pluies.

### 7.3. COMPARAISON RELATIVE DES RESULTATS

*En préalable à cette comparaison des résultats, il est indispensable de rappeler que ces résultats ont été obtenus avec un modèle calé et validé en temps sec et temps de pluie et ceci en hydraulique et en pollution.*

L'étude des trois grands types de choix auxquels on peut être confronté, définis plus haut, se traduit, pour notre présente étude, par l'analyse réduite aux 5 scénarios suivants :

- Année réelle : **AR1** et **AR2**, plus l'année réelle **1997**.
- Très longue série réelle et établissement d'une année moyenne : **TLSR MOY**.
- Année synthétique : **AS3**.

En effet :

- Il est délicat de faire un choix entre AR1 et AR2, vu les critères de sélection retenus. Il aurait fallu sélectionner une année réelle ayant une hauteur annuelle de pluie proche de la moyenne historique (ce qui est le cas pour AR1 et AR2), mais également une hauteur sur la période critique proche de la moyenne (alors que AR1 présente la hauteur sur la période critique la plus faible et AR2 la deuxième plus forte). Or, l'année réelle 1997 (avec une hauteur annuelle de 776,6 mm et une hauteur sur la période critique de 376,0 mm), bien que simulée de manière "non isolée" dans le cadre de la très longue série réelle, répond correctement à ce double critère, ce qui explique son intégration dans la présente analyse.
- AS3 est bien l'année synthétique à considérer, car elle a été construite sur la base des hypothèses les plus "fines", et pour une période de référence égale à la très longue série réelle.

Les deux tableaux suivants expriment les bilans annuels obtenus pour ces 5 scénarios :

ORNE BILANS ANNUELS	RAPPEL	SOMME DES REJETS AU MILIEU NATUREL					ENTREE STATION D'EPURATION					
	HAUTEUR	(rejets directs, DO, trop-pleins de PR, exutoires EP)										
	DE PLUIE (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Débit max (l/s)
AR1 1998	733.0	1 544 714	466 268	138 369	315 979	21 464	4 848 798	774 802	744 396	1 503 700	151 439	764
AR2 1987	756.6	1 524 823	476 796	126 616	308 540	19 708	4 927 256	801 931	856 288	1 792 852	179 701	741
TLSR 1997	776.6	1 650 190	524 335	144 695	333 828	22 248	4 882 194	775 437	763 843	1 559 061	156 903	764
TLSR MOY	801.2	1 674 609	585 389	149 907	352 931	22 633	4 940 445	771 676	741 049	1 509 753	151 474	-
AS3	755.7	1 734 726	655 713	163 857	396 209	24 518	4 764 695	784 531	733 221	1 495 714	149 896	750

ORNE BILANS ANNUELS	RAPPEL	TOTAL SOMME REJETS + ENTREE STEP					CALCUL SURFACE ACTIVE GLOBALE				
	HAUTEUR						(égale à 315 hectares en théorie)				
	DE PLUIE (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge MES (kg)	Charge DBO <sub>5</sub> (kg)	Charge DCO (kg)	Charge NTK (kg)	Volume global (m <sup>3</sup> )	Volume temps sec (m <sup>3</sup> )	Volume ruissellement (m <sup>3</sup> )	Hauteur de pluie (mm)	Surface active (ha)
AR1 1998	733.0	6 393 512	1 241 070	882 765	1 819 679	172 903	6 393 512	4 066 100	2 327 412	733.0	318
AR2 1987	756.6	6 452 079	1 278 727	982 904	2 101 392	199 409	6 452 079	4 066 100	2 385 979	756.6	315
TLSR 1997	776.6	6 532 384	1 299 772	908 538	1 892 889	179 151	6 532 384	4 066 100	2 466 284	776.6	318
TLSR MOY	801.2	6 615 054	1 357 065	890 956	1 862 684	174 107	6 615 054	4 077 240	2 537 814	801.2	317
AS3	755.7	6 499 421	1 440 244	897 078	1 891 923	174 414	6 499 421	4 077 240	2 422 181	755.7	321

Pour compléter ces tableaux, il convient de préciser le nombre d'évènements pris en compte pour chacun de ces 5 scénarios : 541 évènements réels pour AR1, 314 pour AR2, 561 pour 1997, 590 pour TLSR MOY (il s'agit d'une moyenne) et 192 pour AS3 (il s'agit d'évènements au sens des hypothèses retenues, et non pas au sens "réel" du terme).

On ne peut établir sur ces résultats qu'une comparaison relative, et il est impossible ici de déterminer quel scénario représente le mieux le fonctionnement "réel" du réseau d'assainissement modélisé.

Les bilans annuels apparaissent, pour les volumes, globalement homogènes et relativement cohérents vis à vis des hauteurs annuelles de pluie. En ce qui concerne les charges polluantes, on observe des écarts relativement importants d'un scénario à l'autre, y compris pour les charges annuelles globales (somme des rejets + entrée station), qui ne peuvent être expliqués par les différences de hauteurs de pluie (la comparaison des bilans pour AR2 et AS3 le prouve).

Le tableau suivant établit le classement (1 pour la valeur la plus forte, 5 pour la valeur la plus faible) de chacun des 5 scénarios, pour chaque paramètre représentatif des bilans annuels :

Paramètre (annuel)	Classement AR1	Classement AR2	Classement TLSR 1997	Classement TLSR MOY	Classement AS3
Hauteur de pluie	5	3	2	1	4
Volume rejeté	4	5	3	2	1
Charge MES rejetée	4	5	3	2	1
Charge DBO <sub>5</sub> rejetée	4	5	3	2	1
Charge DCO rejetée	4	5	3	2	1
Charge NTK rejetée	4	5	3	2	1
Volume entrée station	4	2	3	1	5
Charge MES entrée station	4	1	3	5	2
Charge DBO <sub>5</sub> entrée station	3	1	2	4	5
Charge DCO entrée station	4	1	2	3	5
Charge NTK entrée station	4	1	2	3	5
Volume global	5	4	2	1	3
Charge MES globale	5	4	3	2	1

Charge DBO <sub>5</sub> globale	5	1	2	4	3
Charge DCO globale	5	1	2	4	3
Charge NTK globale	5	1	2	4	3

En terme de hauteur annuelle de pluie, c'est l'année moyenne de la très longue série réelle (TLSR MOY) qui présente la valeur la plus forte.

Pour ce qui est du volume et des charges rejetés, c'est systématiquement l'année synthétique AS3 qui présente les valeurs les plus fortes. Ceci est peut être du, mais ce n'est qu'une hypothèse, à la forme triangulaire adoptée systématiquement pour tous les hyétogrammes, qui aurait tendance à augmenter les déversements.

En ce qui concerne le bilan en entrée de station d'épuration, c'est l'année moyenne de la très longue série réelle (TLSR MOY) qui présente le volume le plus important, mais c'est l'année réelle AR2 qui présente les charges les plus fortes (et aussi le 2<sup>ème</sup> volume par ordre d'importance).

Enfin, en ce qui concerne le bilan global, pour la somme de ce qui est rejeté et de ce qui entre en station, la situation est plus confuse : si c'est encore l'année moyenne de la très longue série réelle (TLSR MOY) qui présente le volume le plus important, c'est l'année synthétique AS3 qui présente la plus forte charge en MES, et l'année réelle AR2 qui présente les charges les plus fortes en DBO<sub>5</sub>, DCO et NTK. Il convient de noter cependant que l'année réelle AR1 présente le bilan global le plus faible, quel que soit le paramètre considéré.

### 7.3.1. SYNTHÈSE CONCERNANT LA COMPARAISON RELATIVE DES RESULTATS

Le choix du scénario est donc à la fois délicat et logique puisque dépendant des objectifs poursuivis. Il est alors possible d'établir un autre tableau découlant du premier en faisant un détail entre l'hydraulique seule, la pollution seule et enfin un global hydraulique+pollution.

Pour ce faire, nous avons retenu uniquement les paramètres ayant trait aux volumes et aux charges rejetés et en entrée de station d'épuration. Les hauteurs précipitées ne sont pas utilisées car on juge les résultats aux principaux exutoires et les volumes et charges globales sont également écartées car faisant double emploi avec celles des exutoires.

Ainsi, la tableau suivant comporte :

- Pour hydraulique : somme des classements de deux paramètres,
- Pour la pollution : somme des classements de huit paramètres,
- Pour la global, une pondération équivalente pour l'hydraulique et la pollution calculée comme suit : Total pondéré=(Hydraulique/2+Pollution/8)\*(2+8)

Paramètre (annuel)	Nb paramètres	Classement AR1	Classement AR2	Classement TLRSR 1997	Classement TLRSR MOY	Classement AS3
Hydraulique (Volumes)	2	8	7	6	3	6
Pollution (Masses tous les polluants)	8	31	24	21	23	21
TOTAL pondéré (hydraulique&pollution)	10	140	97	80	69	93

Pour l'aspect hydraulique, le scénario de la TLSRmoy semble le plus adapté, les autres fournissant sensiblement les mêmes résultats.

Pour la partie pollution, le seul scénario qui se démarque des autres est celui de l'AR1, les autres fournissant sensiblement les mêmes résultats.

Pour la globalité, le scénario de la TLSRmoy semble le plus adapté, et hormis TLSR1997, les autres étant largement supérieurs.

Le meilleur compromis quant au choix de scénarios de pluie est clairement la très longue série de pluie.

## 7.4. EN GUISE DE CONCLUSION ...

Il faut revenir à la justification de la modélisation et des simulations de scénarios de pluie, c'est à dire à la définition du cadre dans lequel elles sont entreprises.

Si, par exemple (et c'était le cas de l'étude précédemment menée sur la rivière Orne), l'objectif de la modélisation et des simulations effectuées sur le réseau d'assainissement considéré s'intègre dans un cadre plus général d'étude d'impact sur le milieu naturel, on pourrait être tenté de dire, au vu des résultats obtenus, que l'année synthétique AS3 aurait été le choix à retenir, puisqu'elle présente le volume et les charges rejetés les plus importants.

Mais si l'objectif portait plus sur un dimensionnement de station d'épuration, on aurait été tenté de dire que l'année réelle AR2 pouvait être le scénario à retenir, puisqu'elle présente le 2<sup>ème</sup> volume et les charges en entrée station les plus importants.

Au delà de ces considérations pratiques, il est un fait que l'utilisation d'une très longue série réelle TLSR permet d'obtenir plusieurs bilans annuels et offre donc la possibilité d'établir des corrélations, notamment entre les volumes, rejetés ou arrivant en station d'épuration, et les hauteurs de pluie.

Mais cette analyse rapide ne prend aucunement en compte des notions importantes, tant pour l'impact sur le milieu naturel que pour le dimensionnement d'une station d'épuration (voire de bassins de stockage), telles que des débits ou des flux polluants maximums.

Il est donc difficile, par la seule analyse de bilans annuels, voire mensuels, d'expliquer l'ensemble des résultats obtenus. Il faudrait, pour bien faire, entrer dans le détail des hydrogrammes et des pollutogrammes, pour des événements et en des points bien précis.

La méthodologie employée dans le cadre de la présente étude aurait tout à fait permis d'aller vers ce genre d'analyse détaillée, mais le problème réside alors dans l'énorme travail d'expression et d'analyse des résultats, qui doit alors se faire à un pas de temps nettement plus fin et porter sur un nombre de sites nettement plus important que ce qui a été décidé ici.

**Ce que l'on peut cependant retirer d'une telle étude est de deux ordres, à savoir, :**

- **d'une manière générale, c'est l'utilisation d'une très longue série réelle qui représente le meilleur compromis,**
- **c'est que si la modélisation hydraulique d'un réseau d'assainissement apparaît aujourd'hui comme un point de passage obligé, les résultats obtenus par une modélisation plus poussée (hydraulique et pollution) semblent montrer une certaine pertinence à utiliser une telle modélisation pour obtenir des estimations correctes de charges polluantes.**

Pour le réseau d'assainissement de la vallée de l'Orne tel qu'il a été modélisé, l'utilisation d'une modélisation purement hydraulique, associée à des notions de concentrations moyennes de temps sec et de temps de pluie, n'aurait sans doute pas permis d'évaluer correctement les charges polluantes rejetées au milieu naturel ou entrant en station d'épuration.

Ce constat doit bien entendu être jugé au cas par cas, d'autant plus qu'il est évident qu'une modélisation quantitative et qualitative d'un réseau d'assainissement impose des actions significativement plus lourdes que celles nécessitées par une modélisation purement hydraulique, notamment en termes de mesures pour le calage et la validation.

## **BIBLIOGRAPHIE**

ANJOU RECHERCHE (1996). *Etude méthodologique de l'impact de déversements en temps de pluie : application à la rivière Orne (57)*. Rapport de synthèse, 39p.

ANJOU RECHERCHE (2003). *Etude de comparaison des résultats des simulations pour différentes données de pluie et différents niveaux de modèles*. Rapport Final (octobre 2003), 108p.

METEO-FRANCE (1994). *Traitement de données pluviographiques de la station de Metz*. SCEM/CBD/DEV, août 1994, 33p.

METEO-FRANCE (1994). *Traitement de données pluviographiques de la station de Metz*. SCEM/CBD/DEV, novembre 1994, 30p.

METEO-FRANCE (2002). *Modélisation des réseaux d'assainissement - Données de précipitation - Etude de l'Orne*. DCLIM/HYDRO, 27/05/02, 34p.

SAVART C., HERREMANS L., ZOBRIST C. (1998). *Méthode d'analyse des pluies pour l'évaluation de l'impact de la pollution générée par le ruissellement urbain*. In La Houille Blanche, N°7, pp. 40-45.

## **ANNEXE**

### **ANNEXE 1** : Principe de la méthode de constitution d'une année synthétique

## **ANNEXE 1** : Principe de la méthode de constitution d'une année synthétique

### **1) Principe de la méthode de constitution d'une année synthétique**

Cette méthode est notamment exposée dans deux articles, rédigés conjointement par Catherine SAVART, Louis HERREMANS et Christophe ZOBRIST, pour Anjou Recherche, et Christophe MERLIER pour Météo-France, intitulés "Méthode d'analyse des pluies pour l'évaluation de l'impact de la pollution générée par le ruissellement urbain" et parus respectivement dans :

- "Le Climat", Volume 14, Numéro 1, mai 1996, Québec, Canada ;
- "La Houille Blanche", Numéro 7, 1998, Paris, France.

Les traitements statistiques se déroulent de la façon suivante :

- Définition précise des éléments de l'étude (terminologie, période d'observation, individus statistiques...).
- Analyse du temps de pluie, qui consiste à inventorier les événements enregistrés au cours de la période d'observation, puis à les classer.
- Traitement des durées de temps sec précédant un événement pluvieux, afin d'observer un lien éventuel entre leur répartition et la classe à laquelle appartient l'événement.
- Détermination d'une année synthétique à partir des résultats obtenus lors des phases précédentes.

Chacun des termes est défini au vu des objectifs généraux de l'étude et des caractéristiques de la zone concernée :

- "Épisode pluvieux" : intervalle de temps d'intensité pluvieuse constante, qui constitue la donnée de base des enregistrements pluviographiques de Météo-France.
- "Événement pluvieux" : somme d'épisodes pluvieux consécutifs dont le cumul  $h$  est supérieur à  $H_0$  mm et dont la fin est fixée par une interruption des précipitations d'au moins  $D_0$  minutes (épisode sec durant au moins  $D_0$  mn),  $H_0$  et  $D_0$  étant des paramètres dépendant du site étudié et des objectifs de l'étude.
- "Temps sec au sens strict" : noté *TSS*, correspond à la durée de temps sec précédant immédiatement l'événement pluvieux.
- "Temps sec au sens large" : noté *TSL*, correspond à la durée de temps sec précédant immédiatement l'événement pluvieux, augmentée de la durée des épisodes n'entrant pas dans la définition d'un événement pluvieux car ne répondant pas aux critères fixés plus haut.

Les données proviennent du poste d'observation de Météo-France le plus proche de la zone d'étude. La période d'observation a été déterminée par la qualité des enregistrements pluviographiques. Les traitements statistiques envisagés imposent en effet de travailler à partir d'enregistrements chronologiques continus, c'est-à-dire sur une période ne présentant pas ou peu d'épisodes manquants.

### **2) Traitement du temps de pluie**

#### **Inventaire des événements pluvieux**

Chaque événement inventorié est décrit par sa date de début (repérée par l'année, le mois, le jour, l'heure et les minutes), sa durée ( $d$ ) en minutes, sa hauteur totale ( $h$ ) en millimètres, sa durée de temps sec au sens strict (*TSS*) en minutes et sa durée de temps sec au sens large (*TSL*) en minutes.

L'inventaire permet de mettre en évidence un certain nombre d'événements sur l'ensemble de la période d'observation.

### Classification des événements pluvieux

Le principe consiste à regrouper les événements pluvieux recensés précédemment, sur la valeur du couple  $(h, d)$ , de manière à obtenir des classes les plus compactes et les plus distantes possible.

Dans un premier temps, on procède à une analyse graphique du nuage de points d'abscisse  $d$  et d'ordonnée  $h$ , afin de dégager les tendances générales. Cependant, le recours à un outil statistique plus complexe s'avère souvent indispensable pour effectuer la classification des événements pluvieux.

Les variables  $h$  et  $d$  n'étant pas homogènes du point de vue dimensionnel ( $d$  est exprimée en minutes et  $h$  en millimètres), leurs plages de variations sont très différentes.

Il n'est donc pas possible de définir la distance entre deux événements par la distance euclidienne comme il est classique de le faire d'une manière générale entre deux éléments  $(i, j)$ .

Cette distance se note  $\delta(i, j)$  et s'exprime par :

$$\delta^2(i, j) = (d_i - d_j)^2 + (h_i - h_j)^2$$

Afin de s'affranchir de ces problèmes de dimension, les variables ont été réduites par la valeur maximale observée de l'échantillon. Cette méthode permet d'obtenir la formulation suivante pour la définition de la distance réduite entre les deux variables :

$$\delta^2(i, j) = \left( \frac{d_i - d_j}{d_{\max}} \right)^2 + \left( \frac{h_i - h_j}{h_{\max}} \right)^2$$

Cette normalisation par division par la valeur maximale permet de ramener les deux variables dans le même intervalle  $[0, 1]$  (ceci n'est pas du tout le cas si l'on norme par la valeur moyenne).

Le type de classification adopté est une classification hiérarchique ascendante. Le critère d'agglomération de Ward a été utilisé afin de minimiser la variance intra classe et maximiser la variance interclasse. Ce critère est l'un des plus répandu en matière de classification, du moins en météorologie, car il a l'avantage de produire des classes à la fois très compactes (ramassées sur elles-mêmes: variance intra classe minimale) et très bien différenciées les unes des autres (variance interclasse maximale).

On obtient grâce à cette procédure un nombre de classes qui, pour être pertinent, doit être limité (5 à 15 classes est un bon intervalle).

#### 4) Traitement du temps sec

L'objectif est d'étudier 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 appartient l'événement.

Pour cela, les variations de  $TSS$  et de  $TSL$  ont été réparties en 5 intervalles de fréquence équivalente (20 %) selon des quintiles de distribution, au sein des différentes périodes.

Pour chaque classe, on dispose du nombre de cas correspondant aux 5 intervalles définis précédemment, soit 5 valeurs  $(n_i)_{i=1,5}$  décrivant la répartition des valeurs de  $TSS$  et de  $TSL$ .

La variable  $Y^2 = \sum_{i=1}^5 \frac{(n_i - N/5)^2}{N/5}$  (où  $N = \sum_{i=1}^5 n_i$ )

suit une loi du  $\chi^2$  à  $\nu = 5-1 = 4$  degrés de liberté.

La valeur  $N/5$  correspond au nombre théorique d'observations que l'on aurait si la distribution se faisait au hasard, c'est-à-dire si la distribution au sein d'une classe était la même que celle observée pour la totalité de l'échantillon.

Pour un couple de valeurs  $(Y^2, \nu)$ , on peut calculer la probabilité, notée  $p$ , correspondant à la valeur observée de  $Y^2$ , d'après la loi théorique de distribution de  $Y^2$ .

En fonction de la valeur de cette probabilité, on peut donc avoir une idée de la façon dont sont distribuées les occurrences de *TSS* et de *TSL* et conclure si elles le sont ou non au hasard.

Pour les cas traités, on a constaté à plusieurs reprises que la répartition des *TSS* et/ou des *TSL* est biaisée (valeur de  $p > 90\%$ ), c'est-à-dire que les *TSS* et les *TSL* sont plus longues ou plus courtes que celles déterminées sur la totalité de l'échantillon. Il apparaît donc que la distribution des périodes de temps sec n'est pas aléatoire pour toutes les classes.

## 5) Détermination d'une année synthétique

### Objectif

Afin de pouvoir utiliser les résultats précédents pour simuler l'impact des précipitations sur la pollution générée par le ruissellement, on a cherché à reproduire une année "synthétique" en ce sens qu'elle représente correctement les précipitations au sens de divers critères. L'objectif est donc d'obtenir une série chronologique correspondant à une année, constituée de valeurs pour les variables  $d$  (durée de l'événement),  $h$  (hauteur précipitée pendant l'événement) et *TSL* (durée de temps sec le précédant), représentatives de la pluviométrie annuelle de la station considérée.

### Méthodologie

La chronologie des événements est créée à partir d'un processus itératif (de type "générateur de séries climatiques"). Le traitement débute le 1er janvier à 00h00.

- Détermination de la classe d'appartenance de l'événement à générer

L'affectation de l'événement à une classe se déroule en deux étapes : tirage au sort d'une valeur dans l'intervalle  $[0, 1]$ , puis détermination de la classe correspondant à cette valeur (avec prise en compte de la date courante pour détermination de la période) en fonction des probabilités d'occurrence des différentes classes.

- Détermination des valeurs des variables  $d$ ,  $h$  et *TSL* pour une classe donnée

On dispose par classe, des distributions de ces variables, c'est-à-dire de toutes les valeurs prises par ces variables au sein de la classe. Un tirage au sort est effectué de la même manière que précédemment. Une valeur est ainsi prise au hasard dans l'intervalle  $[0,1]$ , puis on détermine la valeur de la variable dont la fréquence cumulée d'apparition correspond à cette valeur tirée au sort.

Une telle démarche suppose que les variables sont indépendantes au sein de chaque classe. Une étude des liens entre les variables d'une même classe a donc été effectuée. Une première analyse graphique

du nuage de points de coordonnées  $(d,h)$ ,  $(d, TSL)$  et  $(h, TSL)$  a permis de représenter visuellement les éventuelles liaisons. Le calcul de corrélations entre ces couples de variables a confirmé les tendances observées par une analyse graphique.

Dans le cas où un lien a été établi entre deux variables, les deux valeurs ne sont pas tirées au sort : la deuxième variable est estimée une fois que la première a été déterminée.

#### *Évaluation de la valeur de $d$*

- Tirage au sort d'une valeur dans l'intervalle  $[0, 1]$ .
- Détermination de la valeur de  $d$  calculée, en tenant compte de la répartition de cette variable au sein de la classe.

#### *Évaluation de la valeur de $h$*

On distingue deux cas :

- Une liaison a été mise en évidence entre  $d$  et  $h$  pour la classe considérée, la valeur de  $h$  est alors déterminée en prenant en compte cette liaison.
- Aucune liaison ne semble exister : on détermine alors  $h$  de la même façon que  $d$ , c'est-à-dire de manière purement aléatoire.

Le rapport de Météo-France précise, classe par classe et pour chacune des 2 années synthétiques construites dans le cadre de la présente étude, si une corrélation a pu être établie entre  $h$  et  $d$ .

#### *Évaluation de la valeur de $TSL$*

Le traitement est identique à celui retenu pour l'évaluation de  $h$ , à la différence que les éventuelles liaisons constatées entre  $TSL$  et  $d$  ou  $TSL$  et  $h$  sont prises en compte.

Ici encore, le rapport de Météo-France précise, classe par classe et pour chacune des 2 années synthétiques construites dans le cadre de la présente étude, si une corrélation a pu être établie entre  $TSL$  et  $d$  ou  $TSL$  et  $h$ .

Ces différents paramètres étant déterminés, il reste à définir la date (mois, jour, heure) de la fin de chaque événement. On retourne ensuite à la première étape, qui correspond à la détermination de la classe de l'événement suivant, tant que l'on n'a pas atteint le 31/12 à 23h59.

### **Critères de validation**

La méthodologie présentée permet de produire un certain nombre d'années "synthétiques". Il est alors judicieux de ne retenir que celle qui semble la plus représentative de la pluviométrie de la station considérée. Un critère de qualité a donc été appliqué sur l'ensemble des années produites. Ce critère s'appuie sur les paramètres suivants : le nombre total d'événements, la durée totale de précipitations, la hauteur totale de précipitations et la durée totale de temps sec au sens large ( $TSL$ ).

Les quintiles correspondant aux fréquences de non-dépassement de 20, 40, 45, 50, 55, 60 et 80 % ont été calculés pour ces quatre paramètres, sur la période d'observation. L'année-type devant être proche d'une année "médiane", il faut alors rechercher l'année qui présente des valeurs des quatre paramètres considérés comme peu éloignés des valeurs médianes ( $q50$ ).