



27290 RM



- 1.

 <p>Agence de l'eau Rhin-Meuse</p>	<p>AGENCE DE L'EAU</p> <p>RHIN-MEUSE</p>
---	--

<p>ETUDE COMPARATIVE DES METHODES DE TRAITEMENT DES PLUIES</p> <p>ooo</p> <p>RAPPORT DE SYNTHESE</p>
--

A : VANDOEUVRE	Le : 10 septembre 2001	Département : ETUDES
	<p style="text-align: center;">Siège Social</p> <p style="text-align: center;">11bis rue Gabriel Péri – BP 286 54515 Vandoeuvre-lès-Nancy</p> <p>☎ : 03 83 50 36 00 - 📠 03 83 50 36 99</p>	<p style="text-align: center;">Agence Régionale Centre-Est</p> <p style="text-align: center;">11bis rue Gabriel Péri – BP 286 54515 Vandoeuvre-lès-Nancy</p> <p>☎ : 03 83 50 36 82 - 📠 03 83 50 34 89 M@il : centreest@irh.fr</p>

SOMMAIRE

I. OBJECTIFS 4

II. SCHÉMA SYNOPTIQUE DU RÉSEAU MODÉLISÉ 4

III. METHODE 5

III.1 CONSTITUTION DE CHRONIQUES DE PLUIES..... 5

III.2 SIMULATIONS..... 5

III.3 CALCUL DE L'IMPACT 5

III.4 COMPARAISON DES DIFFÉRENTES MÉTHODES DE TRAITEMENT DES PLUIES..... 6

IV. RESULTATS 6

IV.1 ANALYSE DE LA PLUVIOMÉTRIE ANNUELLE 6

IV.2 COMPARAISON DES DIFFÉRENTES MÉTHODES DE TRAITEMENT DES PLUIES EN TERME
D'IMPACT DIFFÉRÉ - VOLUME ANNUEL DÉVERSÉ 7

IV.3 COMPARAISON DES DIFFÉRENTES MÉTHODES DE TRAITEMENT DES PLUIES SUR L'IMPACT
IMMÉDIAT – DURÉE DE DÉCLASSEMENT 8

PLUVIOMÉTRIE DE LA PÉRIODE CRITIQUE..... 8

IV.3.2 SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DE SIMULATION SUR LA PÉRIODE CRITIQUE..... 9

IV.4 VERS UNE APPROCHE TECHNICO-ÉCONOMIQUE 10

IV.5 ANALYSE DE L'IMPACT À L'ÉCHELLE ÉVÉNEMENTIELLE 11

IV.5.1 1987 ANNÉE « PLUVIEUSE » 11

1991 ANNÉE « SÈCHE » 11

V. CONCLUSIONS..... 12

V.1 COMPARAISON DES DIFFÉRENTES MÉTHODES DE TRAITEMENT DES PLUIES 12

V.2 ÉLÉMENTS MÉTHODOLOGIQUES 12

V.3 AXES D'AMÉLIORATION 13

I. OBJECTIFS

Il s'agit de comparer sur un site, pour lequel on dispose déjà d'une étude de temps de pluie, intégrant une modélisation des écoulements, différentes méthodes de traitement de la pluviométrie :

- Le classement ascendant hiérarchique (C.A.H.)
- L'année synthétique
- La chronique de pluies réelles

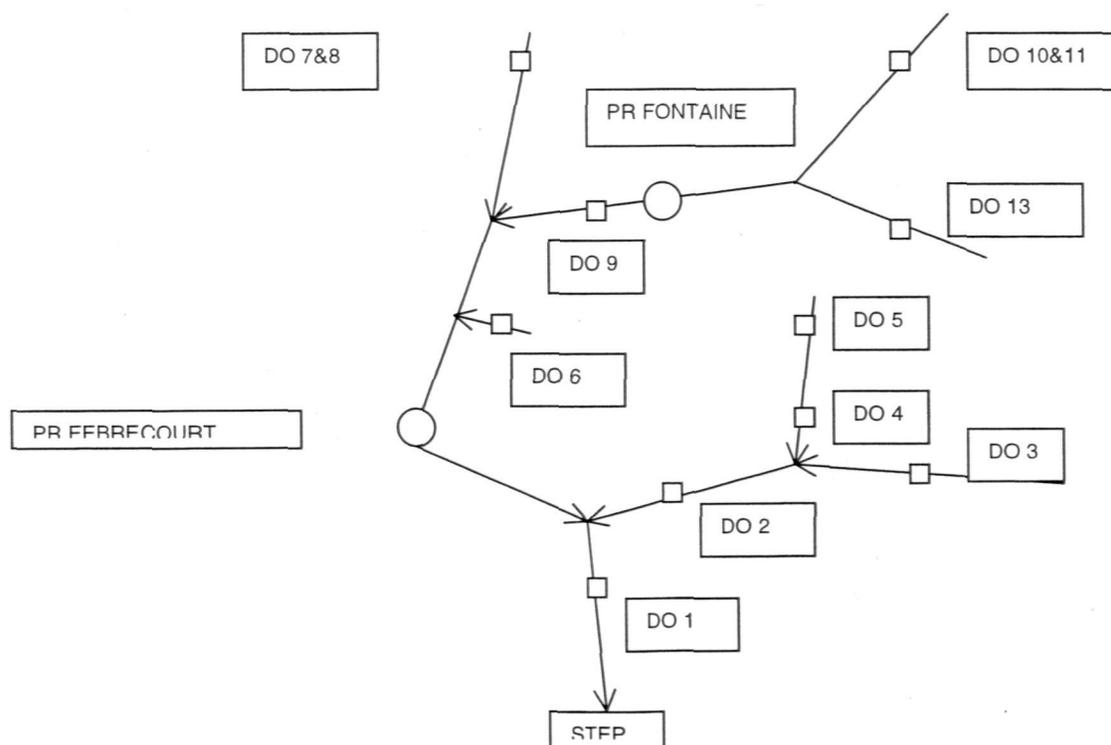
Le site retenu pour cette analyse est celui de Neufchâteau (88).

L'analyse des résultats obtenus, doit permettre de dégager des recommandations, afin **d'améliorer la méthodologie** actuellement utilisée sur le bassin de l'agence de l'eau Rhin – Meuse, pour évaluer l'impact sur le milieu naturel, et définir les volumes de bassins d'orage associés.

II. SCHEMA SYNOPTIQUE DU RESEAU MODELISE

Le réseau de Neufchâteau en situation actuelle est constitué des ouvrages suivants:

- 13 déversoirs d'orage
- 2 PR
- 1 station d'épuration



III. METHODE

III.1 Constitution de chroniques de pluies

La méthode utilisée peut être décomposée en 3 étapes principales :

● L'acquisition du fichier METEO-France, constitué d'environ 45 000 lignes, au format intensité constante et pas de temps variable, de 1983 à 1997 (15 années). Ce fichier intègre les durées de temps sec comme des événements pluvieux d'intensité nulle.

● L'importation des données pluviométriques dans la base de données du logiciel de simulation des écoulements, à l'aide d'une macro permettant l'extraction des événements pluvieux :

- L'événement pluvieux est défini comme une succession d'épisodes pluvieux et de périodes de temps sec séparés par une durée de temps sec < **1 heure** qui correspond au temps de concentration du site.
- Le hyétogramme est décomposé au pas de temps **6 minutes**.

Les données de pluies réelles datées sont ensuite importées dans la base de données du logiciel de simulation des écoulements (300 à 400 événements pluvieux par an)

● La constitution de 15 chroniques de pluies (1/an)

III.2 Simulations

● Logiciel de simulation des écoulements : le logiciel utilisé est CANOE 1.9 avec modèle MUSKINGUM.

● Pluviométrie : les 15 années réelles, l'année synthétique, les pluies classées issues de la Classification ascendante hiérarchique (CAH).

● Le réseau de Neufchâteau est configuré dans la situation actuelle selon la 1^{ière} étude temps de pluie de Neufchâteau.

III.3 Calcul de l'impact

● Impact différé: il repose sur le simple calcul du volume annuel déversé par ouvrage, puis une consolidation sur l'ensemble du réseau d'assainissement de Neufchâteau.

● Impact immédiat : il repose sur l'application de la méthodologie Rhin-Meuse pour évaluer l'impact par temps de pluie sur le milieu naturel. La démarche repose sur :

- le calcul en période critique pour le milieu naturel, **l'étiage**, de la durée de déclassement engendrée par la succession des déversements du réseau d'assainissement par temps de pluie
- la fixation d'un objectif de protection du milieu naturel décliné en 2 termes :
 1. la durée de déclassement par rapport à la **qualité objectif**, doit être inférieure à **10 %** de la durée de la période critique,
 2. et la durée de déclassement de **plus d'un rang**, doit être inférieure à **5 %** de la durée de la période critique.

La méthode a été utilisée avec les bases de calcul suivantes :

- Période critique retenue pour l'analyse : mai à octobre
- Le tronçon de référence retenu pour les calculs est la Meuse aval relié à la station RNB Meuse à Domremy caractérisé par :

Objectif qualité : 1B

Débits rivière : $QMNA \frac{1}{2} = 0.735 \text{ m}^3/\text{s}$ et $QMNA \frac{1}{5} = 0.47 \text{ m}^3/\text{s}$

CDCO rivière Meuse par temps sec = 19.6 mg/l

Durée minimum d'effet : 10 heures

III.4 Comparaison des différentes méthodes de traitement des pluies

Les trois méthodes de traitement des pluies ont été comparées sur les paramètres suivants issus des simulations :

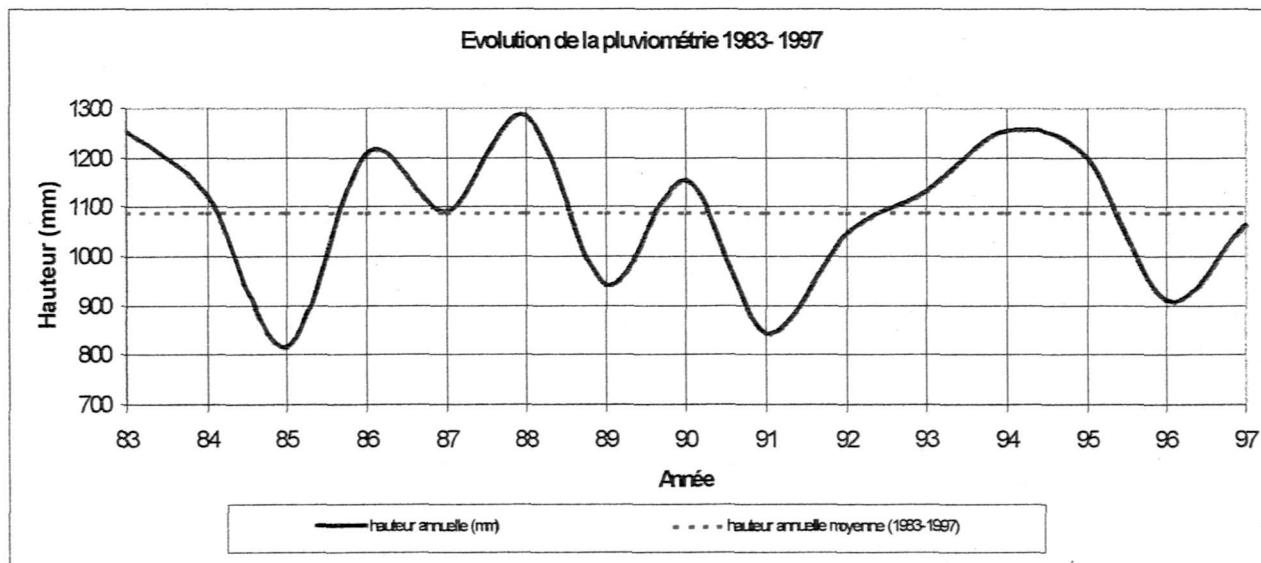
- volume annuel déversé
- durée de déclassement en période d'étiage
- durée de déversement en période d'étiage
- volume de bassin d'orage nécessaire au respect des objectifs

IV. RESULTATS

IV.1 Analyse de la pluviométrie annuelle

De l'analyse des données de pluviométrie annuelle de METEO-France sur le poste de Grand on retiendra les principaux éléments suivants :

- Moyenne sur 15 ans (1983-1997) : 1089 mm
- Minimum : 818 mm en 1985
- Maximum : 1286 mm en 1988



IV.2 Comparaison des différentes méthodes de traitement des pluies en terme d'impact différé - volume annuel déversé

Année	Volume annuellement déversé (m3)	Hauteur annuelle précipitée (mm)
1983	493000	1253
1984	425000	1123
1985	294000	818
1986	473000	1208
1987	409000	1092
1988	510000	1286
1989	383000	941
1990	461000	1154
1991	319000	844
1992	406000	1047
1993	449000	1131
1994	490000	1255
1995	476000	1200
1996	349000	913
1997	418000	1063
<i>Moyenne (1983-1997)</i>	<i>424000</i>	<i>1089</i>
Année synthétique	293000	740
CAH Classes de pluie	338000	832

● Hauteur annuelle précipitée

La hauteur précipitée de l'année synthétique est inférieure à celle de l'année la plus sèche de la période 1983-1997, soit l'année 1985. La hauteur précipitée des classes de pluie (CAH) est quant à elle du même ordre de grandeur que celle de l'année 1985.

● Volume annuel rejeté par l'ensemble des surverses du réseau d'assainissement (trop-pleins des PR et déversoirs d'orage)

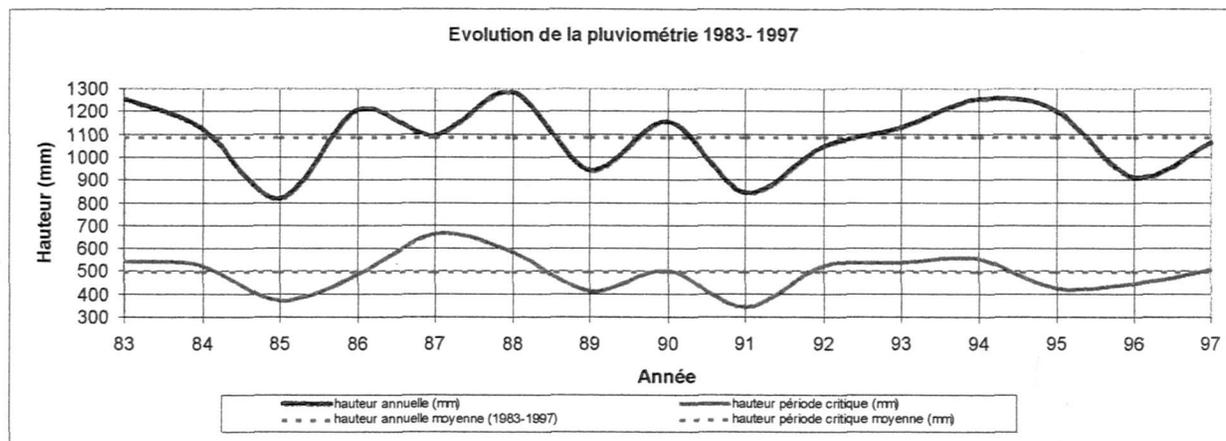
Il suit étroitement la pluviométrie annuelle. L'année synthétique génère un volume sensiblement égal à celui produit par l'année la plus sèche (1985). Le volume déversé calculé pour les classes de pluies, bien que supérieur à celui de l'année synthétique, est plus faible que le volume moyen annuel rejeté (1983-1997).



Les méthodes CAH et année synthétique tendent à **sous estimer** le volume annuel déversé.

IV.3 Comparaison des différentes méthodes de traitement des pluies sur l'impact immédiat – durée de déclassement

IV.3.1 Pluviométrie de la période critique



année	h annuelle (mm)	h période critique (mm)	Volume rejeté (m3) annuel	volume rejeté en période critique (m3)
83	1253	543	493000	224000
84	1123	523	425000	205000
85	818	372	294000	147000
86	1208	487	473000	206000
87	1092	661	409000	260000
88	1286	585	510000	242000
89	941	415	383000	177000
90	1154	504	461000	213000
91	844	344	319000	133000
92	1047	522	406000	212000
93	1131	539	449000	217000
94	1255	555	490000	230000
95	1200	426	476000	172000
96	913	445	349000	175000
97	1063	509	418000	206000
Moyenne (1983-1997)	1089	495	424000	201000
Année synthétique	740	509	293000	203000
CAH Classes de pluie	832	399	338000	162000

● La hauteur précipitée en période critique tend à suivre les variations de la hauteur annuelle précipitée pour les années étudiées.

● La hauteur précipitée moyenne en période critique représente 46 % de la hauteur totale précipitée. Deux années se distinguent, 1987 où elle représente plus de 60 % d'une année moyenne, et 1995 où elle ne représente que 35 % d'une année pluvieuse.

● L'année 1987 est caractérisée par la plus forte hauteur précipitée en période critique, et 1991 par la plus faible hauteur précipitée. L'année synthétique est proche de la période critique moyenne, les classes de pluie génèrent quant à elles un déficit de 100 mm par rapport à l'année moyenne.

IV.3.2 Synthèse des résultats de simulation sur la période critique

Année	Volume déversé (m3)	Nb déclassement / qualité objectif 1B (j)	Volume nécessaire : déclassement / qualité objectif (1B) < 10 % durée période critique (m3)	Nb déclassement / de plus d'un rang (j)	Volume nécessaire : déclassement de plus d'un rang < 5 % durée de la période critique (m3)
83	224000	45	1600	31	4600
84	205000	47	1800	35	3400
85	147000	43	1100	34	2100
86	206000	41	1400	29	3700
87	260000	60	2500	48	4600
88	242000	50	2000	38	3600
89	177000	35	1000	27	2800
90	213000	37	1700	28	3500
91	133000	32	1100	23	2300
92	212000	50	1600	37	3300
93	217000	49	1700	37	4400
94	230000	46	1700	39	3700
95	172000	40	1100	29	3000
96	175000	40	1300	32	3200
97	206000	43	1800	37	3300

Moy.	201267	44	1560	34	3433
CAH CANOE	162000	49	700	49	1400
année synth.	203000	53	1800	47	2900

● Le volume de stockage nécessaire au respect des objectifs s'étage entre 2100 m3 et 4600 m3, les périodes critiques associées aux fortes hauteurs totales précipitées, sont généralement celles qui nécessitent les plus importantes capacités. Les périodes critiques de plus faibles hauteurs totales précipitées sont généralement celles qui nécessitent les plus faibles volumes de stockage soit 2100 m3 en 1985, et 2300 m3 en 1991,

● Le volume de stockage nécessaire moyen sur la période 1983 -1997 est de l'ordre de **3400** m3. Il est dépassé 7 années sur les 15 analysées, et il est supérieur à 4000 m3 pour 3 des 15 années en 1987, 1983 et 1993.

● La CAH donne un volume de stockage ~ **2 fois plus faible** (1400 à 1600 m3) que le volume moyen calculé sur l'ensemble des années ~ 3400 m3, et l'année synthétique nécessite un volume de stockage légèrement inférieur au volume moyen de la période 1983 -1997.

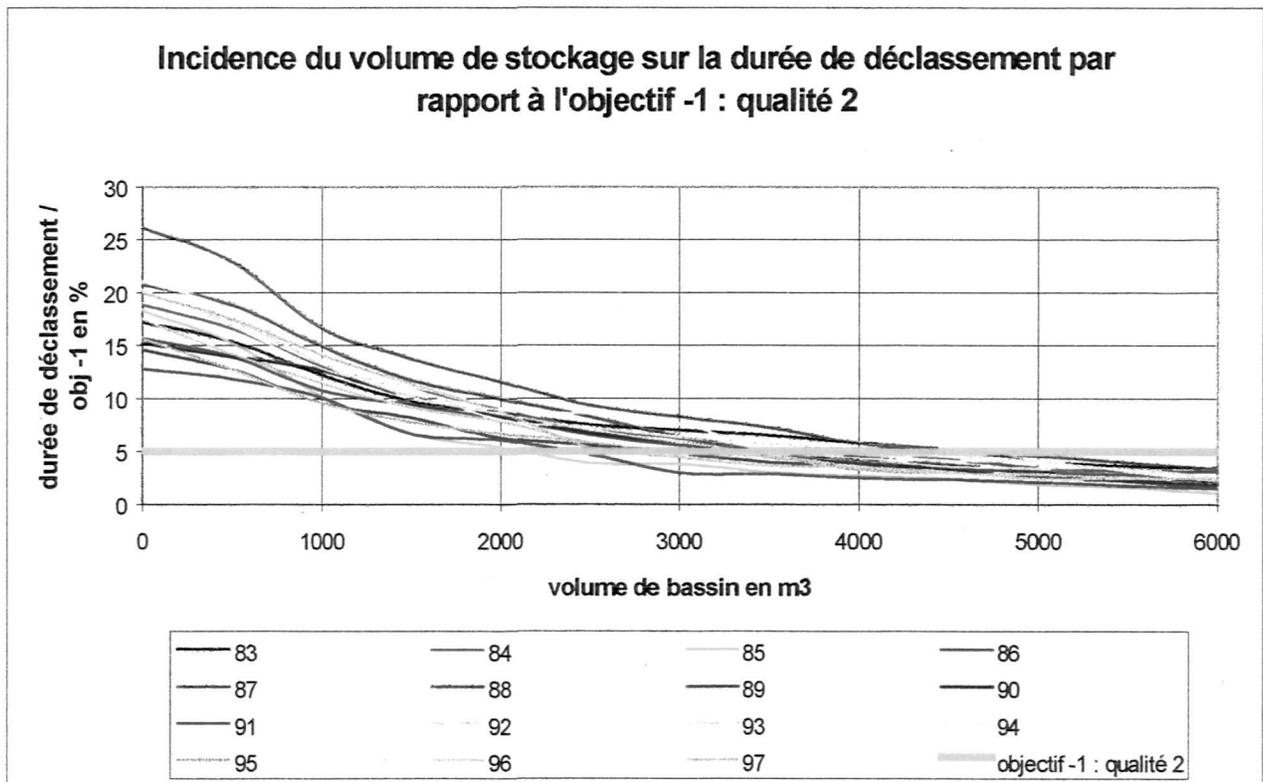


La méthode CAH tend à **sous estimer** le volume de stockage nécessaire au respect des objectifs de protection du milieu naturel par temps de pluie.

IV.4 Vers une approche technico-économique

L'incidence de volumes de stockage croissants sur la réduction des durées de déclassement pour les 15 années étudiées met en évidence les phases suivantes:

Volume bassin d'orage (m3)	Phases observées sur le faisceau de courbe ci-après
$0 < V \leq 1000$	Une décroissance rapide de la durée de déclassement, correspondant à l'interception des faibles pluies. La mise en place d'une capacité de stockage a une efficacité très marquée.
$1000 < V \leq 3000$	Une décroissance ralentie de la durée de déclassement, correspondant à l'interception de fortes lames d'eau précipitées qui génèrent des déclassements de plus d'un rang. L'efficacité de la mise en place d'une capacité de stockage diminue.
> 3000	Une très faible décroissance de la durée de déclassement (asymptote), il s'agit d'évènements exceptionnels. Les investissements sont coûteux pour une efficacité faible.



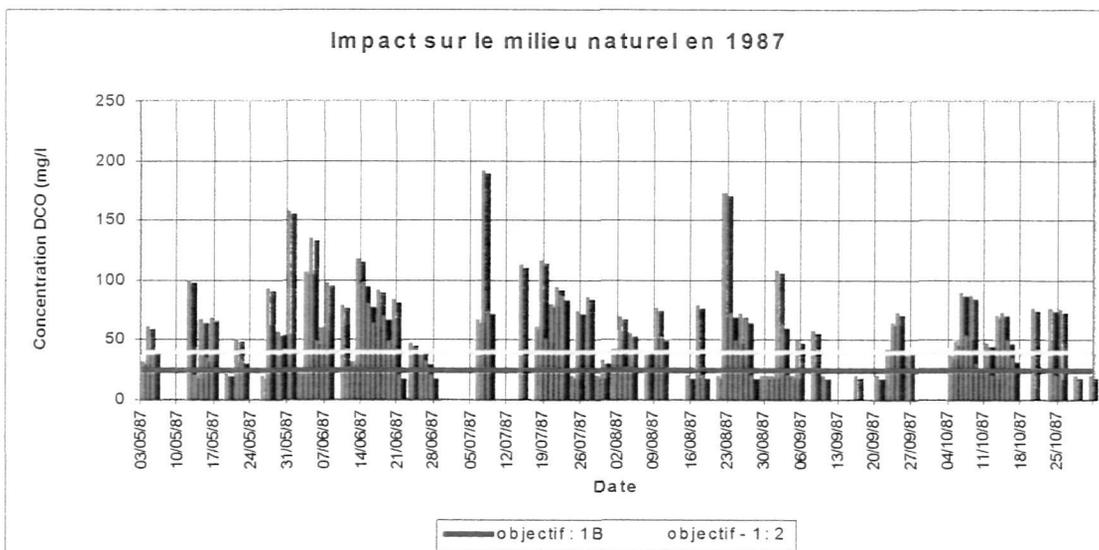
● Le volume de stockage nécessaire au respect du 1er terme de l'objectif (durée de déclassement par rapport à l'objectif qualité < 10 % de la durée de la période critique) doit être **double** pour atteindre le deuxième terme de l'objectif (durée de déclassement de plus d'un rang < 5 % de la durée de la période critique).



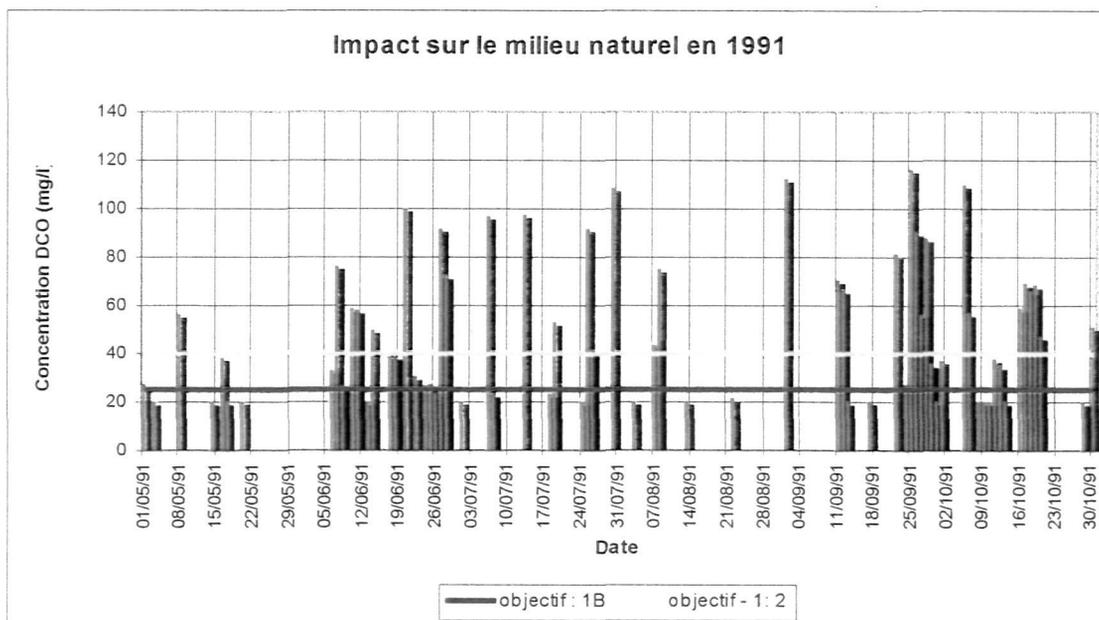
L'utilisation des années réelles de pluie permet d'étayer une stratégie de mise en place **progressive** des ouvrages de stockage.

IV.5 Analyse de l'impact à l'échelle événementielle

IV.5.1 1987 année « pluvieuse »



IV.5.2 1991 année « sèche »



Les concentrations maximales les plus importantes dépassant 200 mg/l sont observées dans la Meuse à l'occasion d'orages très importants se produisant 1 à 2 fois par an sur la période critique en 1989, 1990, 1994, et 1996. En 1989 elles dépassent même 300 mg/l. Les concentrations les plus faibles sont observées en 1991 (période critique très sèche). Elles ne dépassent pas 120 mg/l.

1987 (période critique très pluvieuse) et 1983 qui nécessitent les plus gros volumes de stockage, ne sont pas caractérisées par des concentrations plus élevées, mais plutôt par la **densité du déclassement**, même de faible ampleur.

V. CONCLUSIONS

V.1 Comparaison des différentes méthodes de traitement des pluies

L'argumentaire présenté ci-après pour la commune de Neufchâteau ne peut être généralisé à d'autres sites sans précautions particulières.

☞ On retiendra cependant de ce travail les principaux résultats suivants :

● La classification ascendante hiérarchique (CAH) est **nettement en retrait par rapport aux autres méthodes**. La raison principale réside probablement dans la perte d'information sur la dynamique de la succession d'évènements pluvieux. Le nombre de classes de pluies est vraisemblablement insuffisant pour décrire avec l'exhaustivité nécessaire la pluviométrie locale.

● L'année synthétique se situe **légèrement en dessous de la moyenne pour le volume de stockage nécessaire**, est dans la partie haute pour la durée de déclassement.

● Le volume de stockage nécessaire au respect des objectifs de protection du milieu naturel varie du **simple au double** selon l'importance de la hauteur totale précipitée sur la période critique.

☞ Nous considérons qu'il est préférable de travailler avec une **année réelle de pluie** pour les principales raisons suivantes :

● On ne peut se contenter d'un volume moyen de stockage car il est insuffisant pour 7 années sur les 15 étudiées en 1983, 1986, 1987, 1988, 1990 et 1994.

● Sur la période critique l'année synthétique comporte un nombre équivalent d'épisodes pluvieux qu'une année réelle sèche comme 1989, soit environ 130. Pour une année humide, constitué de nombreux épisodes pluvieux, (généralement de l'ordre de 200), le temps de calcul n'est pas significativement augmenté.

● Le classement ascendant hiérarchique risque de sous-estimer sensiblement le volume de stockage nécessaire.

V.2 Eléments méthodologiques

La méthodologie pour dimensionner les ouvrages pourrait comporter les étapes suivantes :

● La sélection de l'année dont la période critique est la plus pluvieuse sur la période d'étude (10 ans minimum).

● L'acquisition des données de l'année retenue auprès de METEO-France, ou autre gestionnaire, au format intensité constante, pas de temps variable.

● La définition de la durée de temps sec pour extraire et constituer les événements pluvieux. On retiendra par l'ordre de grandeur du temps de concentration du site.

● La constitution de la chronique de pluie de dans le modèle au pas de temps 6 minutes

- La simulation continue de la chronique pour intégrer l'incidence des éventuelles vidanges d'ouvrages.
- La récupération des hydrogrammes et pollutogrammes de déversement au pas de temps événementiel.
- Le calcul du déclassement épisode pluvieux par épisode pluvieux.
- L'obtention du graphique durée de déclassement cumulée sur la période critique en fonction du volume de stockage pour intégrer une première notion de **coût-efficacité**.

V.3 Axes d'amélioration

☞ La principale difficulté méthodologique réside dans le **calcul de l'impact sur le milieu** qui repose sur l'application du principe de dilution :

- Quel débit et quelle concentration retenir pour la partie amont du tronçon de référence ?

Le calcul repose sur le débit QMNA 1/2 et la concentration temps sec corrigée du rapport QMNA1/2 et QMNA 1/5. C'est vraisemblablement très sécuritif notamment lorsqu'on examine la gamme de variation des débits mensuels de la Meuse sur la période critique.

L'idée de retenir le débit mensuel moyen pour le calcul, nécessiterait de définir une concentration amont de temps sec associée, ce qui semble délicat compte tenu de l'état des connaissances sur ce bassin versant.

- Quelle durée d'effet ?

Il a été montré lors de précédentes études que ce paramètre joue un rôle majeur dans le calcul de la durée de déclassement.

Pour améliorer les performances de la démarche, il faudrait ainsi pouvoir connecter le modèle réseau à un modèle rivière, qui évaluerait de façon plus fine le déclassement à l'échelle événementielle. La difficulté est de trouver un **modèle plus précis, sans tomber dans un excès de sophistication**, qui ne permettrait pas de le caler à un coût raisonnable, pour des collectivités de taille petite ou moyenne, placées sur des milieux récepteurs sensibles aux RUTP.

☞ Les **modèles réseau** doivent être adaptés à la simulation de longues séries chronologiques de pluie. Le logiciel CANOE 1.9 utilisé présente de nombreuses fonctionnalités nécessaires à cette opération. Il devrait toutefois être complété sur les 2 principaux aspects suivants :

- disposer d'une interface pour importer directement les pluies du fichier METEO-France et constituer ainsi en automatique les chroniques de précipitation,

- permettre à l'utilisateur d'obtenir à une échelle paramétrable les principales caractéristiques du déversement :

date début,
date de fin,
volume déversé.

Ces informations ne sont pas à ce jour disponibles automatiquement dans ce logiciel, et nécessitent de nombreuses manipulations notamment en terme d'exportation de résultats.