

Ville d'Aix Les Bains



Document No

rhône méditerranée & corse

2-4, allée de Lodz

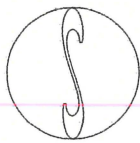
69363 LYON Cedex 07

Tél. 04 72 71 26 00 - Fax 04 72 71 26 01

ELABORATION DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT

PHASE 2 :

Modélisation des flux polluants



hydratec

AGENCE DE LYON



AGENCE DE CHAMBERY

LE BRITANNIA C
20, boulevard Eugène Deruelle
69432 LYON CEDEX 03

Tél : 04.78 60 90 07

Fax : 04.78 60 74 89

SAVOIE TECHNOLAC
BP 318
73375 LE BOURGET DU LAC CEDEX

Tél : 04.79.26.46.00

Fax : 04.79.26.46.08

SOMMAIRE

	Page
1 OBJECTIFS DE LA MODELISATION	1
2 CONSTRUCTION DU MODELE DE POLLUTION	2
3 CALAGE DU MODELE MATHEMATIQUE	3
3.1 CALAGE DU FLUX DE TEMPS SEC	3
3.2 CALAGE SUR LES DEVERSEMENTS OBSERVES (TEMPS DE PLUIE)	4
4 ANALYSE STATISTIQUE DE LA PLUVIOMETRIE	5
5 RESULTATS DES TESTS DE SIMULATION (SITUATION ACTUELLE)	7
5.1 BILANS ANNUELS	7
6 ANALYSE DE L'IMPACT DE DIFFERENTS SCENARIOS D'AMENAGEMENT	10
6.1 RAPPEL DES ENJEUX	10
6.2 SCENARIO 1 : BASSIN DE STOCKAGE	10
6.3 SCENARIO 2 : TRAITEMENT EN LIGNE	13
6.4 COMPARATIF DES COUTS DES DIFFERENTS AMENAGEMENTS	16
6.4.1 Choix d'un lieu d'implantation du bassin de stockage	16
6.4.2 Utilisation des bassins de la station d'épuration	19
6.4.3 Implantation d'un bassin en aval	20
6.4.4 Bassin à la STEP + Bassin en aval	21
6.4.5 Recherche d'un optimum économique	22
6.5 CAS DE LA CONTAMINATION BACTERIENNE : PROLONGEMENT DU COLLECTEUR DES BIATRES	24
6.6 CONCLUSIONS	25

ANNEXES

Annexe 1 : Calage du modèle sur les déversements observés par temps de pluie

- Annexe 1.1 : pluie du 25 juillet 2000
- Annexe 1.2 : pluie du 15 décembre 2000
- Annexe 1.3 : pluie du 2 janvier 2001

Annexe 2 : Impact du bassin de stockage sur la réduction de pollution

- Annexe 2.1 : scénario 1.1 : bassin de 5 000 m³
- Annexe 2.2 : scénario 1.2 : bassin de 3 500 m³

Annexe 3 : Pollutogrammes rejetés au lac (paramètre DCO) pour les différentes classes de pluies

Liste des

Tableau 1:	Calage du modèle par temps sec _____	3
Tableau 2:	Caractéristiques des pluies de calage _____	4
Tableau 3:	Caractéristiques des classes de pluies. _____	6
Tableau 4:	Comparaison des valeurs mesurées et calculées par le modèle en entrée de la station d'épuration _____	7
Tableau 5:	Bilan annuel des rejets au lac via les Biâtres (simulations en situation actuelle) _____	8
Tableau 6:	Rejets au lac : effet du bassin de stockage _____	12
Tableau 7:	Rejets au lac : effet du traitement en ligne _____	15
Tableau 8:	Impact et coût d'un stockage à la STEP _____	19
Tableau 9:	Impact et coût d'un stockage en aval du réseau _____	20
Tableau 10:	Impact et coût de deux bassins de stockage _____	21

Figure n° 1 :	Répartition des classes de pluies. _____	6
Figure n° 2 :	Volumes déversés au lac pour chaque classe pluviométrique, pour les trois saisons (année, hiver, été) _____	9
Figure n° 3 :	Influence de la capacité du bassin de stockage sur les volume déversés (3 500 m ³ et 5 000 m ³) _____	11
Figure n° 4 :	Débits de pointe des hydrogrammes déversés pour les différentes classes de pluie _____	14
Figure n° 5 :	Impact du traitement en ligne sur la réduction des rejets polluants _____	15
Figure n° 6 :	Localisation possible d'un bassin de stockage _____	18
Figure n° 7 :	Coût et efficacité d'un bassin de stockage en aval _____	21
Figure n° 8 :	Coût et efficacité d'un bassin de stockage à la STEP et d'un double stockage STEP + aval _____	22
Figure n° 9 :	Recherche d'un optimum économique pour les aménagements stockage + traitement _____	23

SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE D'AIX-LES-BAINS
Phase 2 : Etude diagnostic du réseau

1 OBJECTIFS DE LA MODELISATION

L'élaboration du schéma directeur d'assainissement doit notamment répondre à des objectifs d'amélioration de la qualité des eaux du milieu récepteur (Lac du Bourget et cours d'eau affluents) et de préservation des ressources en eaux souterraines.

A ce titre, la mise en œuvre d'un modèle des flux polluants dans le réseau permet de déterminer, pour différentes classes de pluies, les charges polluantes rejetées au milieu naturel dans la situation actuelle. Des bilans annuels de rejets peuvent donc être établis.

Les simulations de flux polluants permettent également de tester les différents scénarios d'aménagement possibles, et d'estimer l'impact en terme de réduction de rejet polluant de ces aménagements sur le milieu récepteur.

2 CONSTRUCTION DU MODELE DE POLLUTION

Le module de pollution en réseau est un composant de la chaîne de simulation hydra-assainissement, et intervient à la suite du module hydraulique. Il s'agit du programme POL, qui effectue un bilan de pollution et le calcul des pollutogrammes associés pour une pluie donnée, à partir de deux sources d'information :

- les hydrogrammes fournis par le module hydraulique d'HYDRA aux points d'entrée et de sortie du réseau,
- les paramètres de génération de pollution sur chaque bassin versant.

Les paramètres polluants pris en compte par le modèle sont : MES, DCO, phosphore et NTK.

Les sources de pollution considérées sont de deux natures :

- d'une part, la charge polluante associée au flux de temps sec,
- d'autre part, la masse polluante disponible sur chaque bassin versant et susceptible d'être entraînée par la pluie par arrachement, en fonction de l'intensité de la pluie.

Les calculs de transport en réseau sont basés sur l'hypothèse simplificatrice de mélange parfait dans chaque cellule de calcul : cette hypothèse est généralement bien vérifiée dans les réseaux d'assainissement compte tenu des temps de transit des effluents qui sont du même ordre de grandeur que la durée de ruissellement.

Le domaine de l'étude couvert par le réseau structurant est décomposé en un nombre limité de cellules arborescentes, reliées par des liaisons de nature diverses.

Chaque liaison est définie par un hydrogramme fourni par le calcul hydraulique, et par son pollutogramme. Chaque cellule recouvre une partie de réseau qui peut être composée de plusieurs branches hydrauliques.

Le calcul des flux polluants par cellule repose sur l'hypothèse d'un mélange parfait des pollutogrammes rentrant à chaque instant dans la cellule. On peut donc calculer à tout instant la concentration de pollution résultant de ce mélange et l'affecter aux liaisons associées aux hydrogrammes sortants.

Le réseau d'Aix-les-Bains a ainsi été découpé en une dizaine de cellules, dont l'agencement reprend l'architecture principale du réseau unitaire aixois. Les principaux exutoires de ce modèle sont d'une part la station d'épuration, et d'autre part le milieu naturel, via les différents déversoirs d'orage (Chambre de Gamont, carrefour Lamartine et croisement Lepic/Petit-Port).

SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE D'AIX-LES-BAINS
Phase 2 : Etude diagnostic du réseau

3 CALAGE DU MODELE MATHEMATIQUE

Le calage du modèle de pollution a été effectué à partir des résultats issus des deux campagnes de mesures par temps de pluie menées en juillet et décembre 2000. Il se base sur les bilans de déversement observés aux différents déversoirs d'orages instrumentés lors de ces campagnes.

L'estimation de la pollution mobilisée par temps de pluie sur chacun des bassins repose sur deux paramètres :

- Le stock initial de pollution disponible en début de pluie sur le bassin et dans les réseaux sous forme de dépôts, qui se rapporte à un paramètre donné (MES, DCO,...) est quantifié par une masse M_0 . Ce stock disponible est exprimé en kilogrammes par hectare imperméabilisé (surface active). Il dépend d'une part du type d'occupation du sol et d'autre part de la nature du réseau d'assainissement (unitaire, mixte, séparatif).
- Le flux de pollution par temps sec dans les réseaux.

3.1 CALAGE DU FLUX DE TEMPS SEC

Les flux de temps sec pour les différents paramètres polluants ont été calés à partir des valeurs enregistrées en entrée de la station d'épuration lors de périodes de temps sec. Les valeurs journalières enregistrées et simulées sont récapitulées dans le tableau ci-après.

Les concentrations en éléments polluants des flux de temps sec estimés par le modèle sont les suivants :

- MES : 520 mg/l
- DCO : 220 mg/l
- Pt : 9 mg/l
- NTK : 50 mg/l

Valeurs par temps sec	Débit moyen (m ³ /j)	MES (kg/j)	DCO (kg/j)	Pt (kg/j)	NTK (kg/j)
Mesures en entrée de la STEP	Environ 10 000	2 200 à 2 400	5 200 à 6 000	90 à 100	500 à 550
Résultats du modèle	10 200	2 235	5 280	91	510

Tableau 1: Calage du modèle par temps sec

SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE D'AIX-LES-BAINS
Phase 2 : Etude diagnostic du réseau

3.2 CALAGE SUR LES DEVERSEMENTS OBSERVES (TEMPS DE PLUIE)

Les événements pluviométriques pour lesquels ont été mesurés des débits et des charges déversés (pour les paramètres MES, DCO, Pt, et NH₄) sont les suivants :

Localisation du déversoir d'orage	Date de l'événement mesuré	Durée	Hauteur (mm)
Intersection Lepic/Petit-Port	25 juillet 2000	8h30	14,4
Chemin du Gamont	15 décembre 2000	8h50	18,0
Rue Lamartine	2 janvier 2001	6h30	27,2

Tableau 2: Caractéristiques des pluies de calage

Le calage du modèle de pollution a été effectué en se basant sur les flux polluants (en kg/s) rejetés au milieu naturel lors du déversement. Pour chaque bassin versant affluent, la masse polluante disponible a été estimée de façon à retrouver en sortie du modèle les valeurs mesurées.

La réponse du modèle aux trois pluies de calage est donnée en annexe 1, pour les trois épisodes pluvieux mesurés en trois points de déversement du réseau. Compte tenu des imprécisions liées aux mesures, et de l'inhomogénéité probable de certaines pluies sur l'ensemble du bassin versant, les résultats obtenus par le calage sont tout à fait satisfaisants.

Le modèle de flux polluant est donc à même de fournir des données concernant la pollution déversée au milieu récepteur (Lac du Bourget) pour les différents types d'événements pluvieux, ainsi qu'en terme de charge rejetée annuellement.

4 ANALYSE STATISTIQUE DE LA PLUVIOMETRIE

L'objectif de cette analyse est de définir les caractéristiques statistiques de l'ensemble des événements pluvieux ordinaires, c'est-à-dire des événements susceptibles de se produire durant l'année (période de retour inférieure à un an).

Le traitement statistique a été effectué sur les données enregistrées à la station de Voglans, il est basé sur l'analyse déjà réalisée en 1988 pour l'application de l'outil OAD.

Deux saisons distinctes ont été prises en compte pour la classification des épisodes pluvieux :

- la saison d'hiver (novembre à mai), caractérisée par des épisodes pluvieux généralement peu intenses mais de longue durée,
- la saison d'été (juin à octobre), caractérisée par de fortes précipitations mais de courte durée à l'échelle de la journée.

Le traitement des données a permis la constitution d'une base pluviométrique d'une vingtaine de classes, chacune d'elle regroupant des événements pluviométriques mesurés homogènes en terme d'intensité (mm/h) et de durée. A chaque classe est ensuite affectée une probabilité d'occurrence différente pour les deux saisons considérées (été et hiver). Pour une saison donnée, la probabilité d'occurrence d'une classe de pluie correspond au nombre d'événements pluvieux contenu dans une classe, divisé par le nombre total d'événements pluvieux de la saison.

Les caractéristiques des 19 classes de pluies retenues figurent sur le tableau et le graphe ci-après.

SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE D'AIX-LES-BAINS
Phase 2 : Etude diagnostic du réseau

Figure n° 1 : Répartition des classes de pluies.

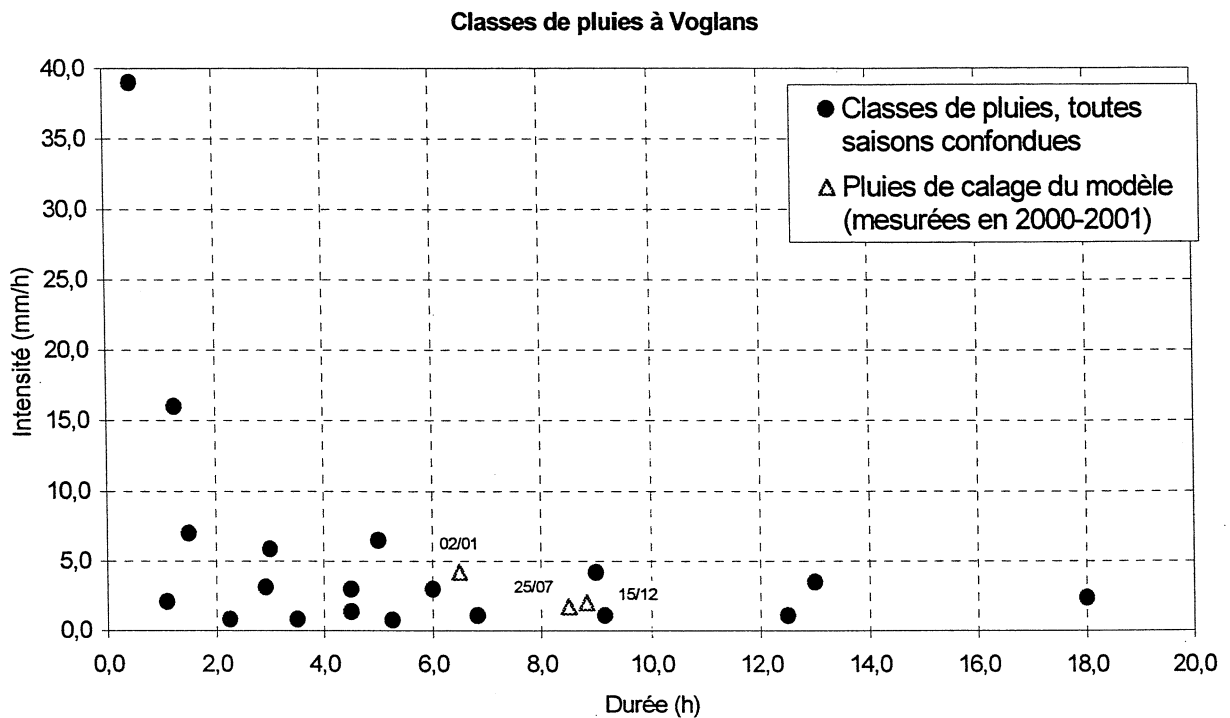


Tableau 3: Caractéristiques des classes de pluies.

Nom de la classe	Intensité moyenne (mm/h)	Durée (h)	Fréquence hiver	Fréquence été
1	39,0	0,5	0	0,016
2	16,0	1,3	0	0,024
3	7,0	1,5	0	0,073
4	6,5	5,0	0	0,044
5	5,9	3,0	0,016	0
6	4,2	9,0	0,026	0,073
7	3,5	13,0	0	0,034
8	3,1	2,9	0,047	0,108
9	3,0	6,0	0	0,058
10	3,0	4,5	0	0,024
11	2,4	18,0	0,135	0,024
12	2,1	1,1	0,076	0,113
13	1,4	4,5	0,091	0,044
14	1,1	12,5	0,094	0,049
15	1,1	9,2	0,178	0,073
16	1,1	6,8	0,123	0,024
17	0,8	3,5	0,065	0,068
18	0,8	2,3	0,055	0,117
19	0,8	5,3	0,094	0,034

5 RESULTATS DES TESTS DE SIMULATION (SITUATION ACTUELLE)

5.1 BILANS ANNUELS

Les tests de simulation ont été effectués pour l'ensemble des classes de pluies déterminées lors de l'analyse pluviométrique. Pour chaque classe de pluie, le programme calcule aux différents points de sortie du modèle un hydrogramme et son pollutogramme associé. Les points de sortie considérés ici sont d'une part la station d'épuration et d'autre part les différents déversoirs d'orage modélisés.

L'ensemble des classes de pluies est représentatif de la pluviométrie moyenne annuelle ; par conséquent les tests effectués permettent de dresser des bilans annuels ou saisonniers en termes de charges et volumes déversés. Les résultats issus des simulations sont récapitulés dans les tableaux ci-après.

□ Entrée de STEP

Tableau 4: Comparaison des valeurs mesurées et calculées par le modèle en entrée de la station d'épuration

Type de résultat	Volume (m ³ /j)	MES (kg/j)	DCO (kg/j)	Pt (kg/j)	NTK (kg/j)
Moyenne journalière mesurée à la STEP *	10 900	2 200	5 300	87	592
Moyenne journalière calculée	12 400	4 600	3 600	94	518

* d'après le bilan d'autocontrôle de la station d'épuration, sur l'année 2000

Les valeurs obtenues en entrée de la station montrent une bonne cohérence avec les mesures d'autocontrôle effectuées sur l'année 2000. En effet, les différences relatives en terme de volumes et de charges (paramètres P et NTK) entrants par rapport à l'année 2000 restent de l'ordre de 10%, ce qui rentre tout à fait dans l'enveloppe des variations annuelles liées notamment aux conditions climatiques.

Pour la DCO, la différence relative liée à la charge entrante est de 30% environ, ce qui est tout à fait acceptable dans ce genre de modélisation.

Enfin, le paramètre MES est plus mal rendu par les simulations. Cependant, c'est une valeur extrêmement fluctuante d'un épisode pluvieux à l'autre, et très difficile à mesurer réellement lors des échantillonnages. Le modèle a été calé sur des valeurs mesurées par temps de pluie, il n'est pas étonnant que les valeurs modélisées diffèrent des valeurs mesurées.

SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE D'AIX-LES-BAINS
Phase 2 : Etude diagnostic du réseau

□ Rejets au lac

Tableau 5: Bilan annuel des rejets au lac via les Biâtres (simulations en situation actuelle)

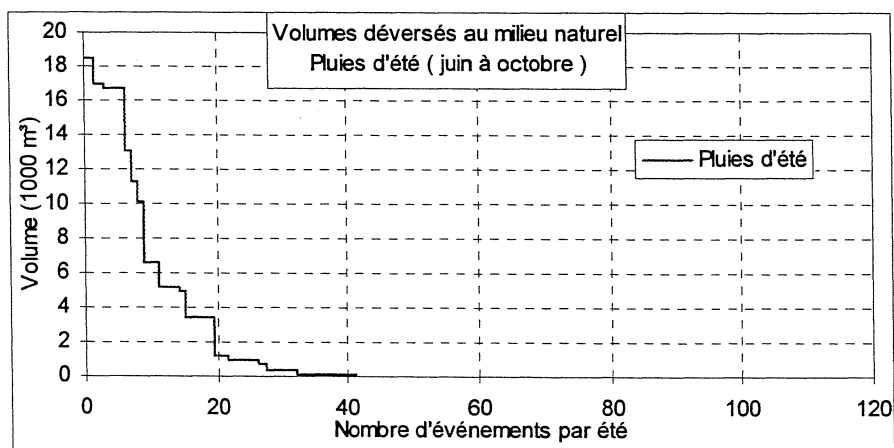
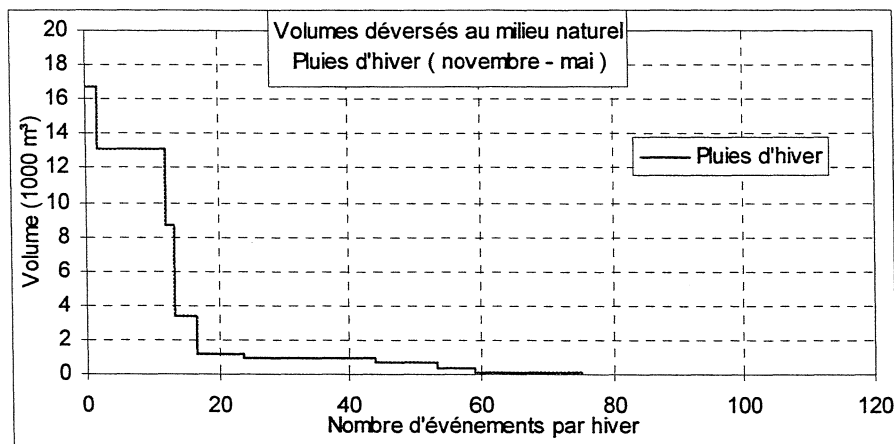
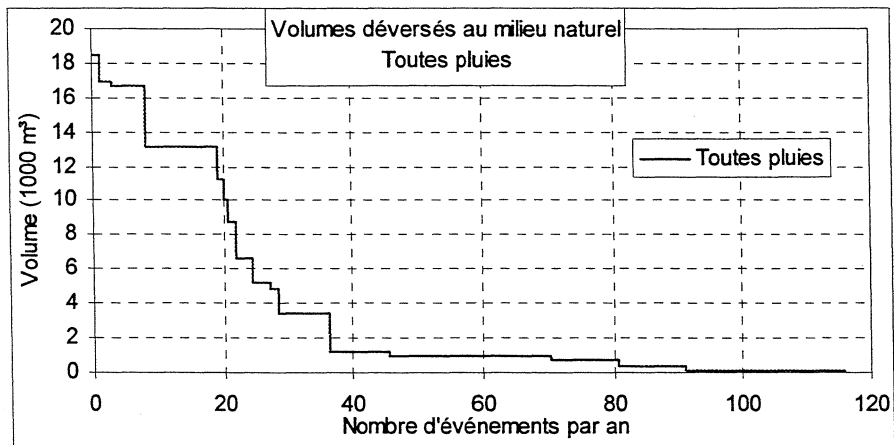
Saison	Volume (millier de m ³)	MES (tonne)	DCO (tonne)	Pt (tonne)	NTK (tonne)
Hiver	225	31	32	0,5	2,3
Eté	198	32	27	0,4	1,6
Année	423	64	59	0,9	4,0

En terme de rejets au milieu naturel, il est à noter que les charges et volumes rejetés sont du même ordre de grandeur en été et en hiver, et ce malgré les durées différentes des deux saisons (saisons estivale = 5 mois, saison hivernale = 7 mois). Les figures ci-après indiquent, pour chaque classe pluviométrique, les volumes déversés au milieu naturel pour les deux saisons et l'année complète.

Ces graphes mettent en évidence la répartition des déversements entre les deux saisons : en été, ceux-ci sont moins fréquents mais relativement plus importants qu'en hiver. Les charges polluantes rejetées au lac en été sont donc en moyenne plus grandes qu'en hiver, pour un épisode de pluie.

SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE D'AIX-LES-BAINS
Phase 2 : Etude diagnostic du réseau

Figure n° 2 : Volumes déversés au lac pour chaque classe pluviométrique, pour les trois saisons (année, hiver, été)



6 ANALYSE DE L'IMPACT DE DIFFERENTS SCENARIOS D'AMENAGEMENT

6.1 RAPPEL DES ENJEUX

La réduction des rejets polluants au Lac du Bourget constitue l'un des axes d'orientation du schéma directeur. En terme de pollution, les enjeux liés au lac sont de deux types :

- préservation du milieu aquatique et limitation de l'eutrophisation du lac, en réduisant la charge polluante rejetée annuellement,
- pérennité des activités de loisirs liées aux plages et qualité de l'eau à la prise d'eau potable, en garantissant un état sanitaire acceptable vis-à-vis de la contamination bactériologique.

Compte tenu de ces facteurs, trois types d'aménagements peuvent être envisagés :

- création d'un bassin de stockage des eaux usées pour réduire les volumes déversés au lac ; le volume stocké serait ensuite réacheminé à la station pour traitement,
- aménagement d'une cellule de traitement en ligne (sur les collecteurs des Biâtres par exemple) afin de réduire les charges polluantes rejetées au milieu naturel,
- prolongement des collecteurs des Biâtres sous la thermocline, afin de cantonner les bactéries (pollution bactériologique) dans la zone profonde du lac et préserver la plage.

Ces aménagements peuvent être envisagés séparément ou comme suite logique l'un de l'autre. L'efficacité combinée des trois scénarios est bien entendu beaucoup plus importante que celle d'un seul. En terme de priorité et d'efficacité vis-à-vis de la réduction des rejets polluants, l'ordre des aménagements est celui présenté ci-avant, soit :

1. bassin de stockage,
2. traitement en ligne (en aval du bassin 1),
3. prolongement des Biâtres sous la thermocline.

6.2 SCENARIO 1 : BASSIN DE STOCKAGE

□ Principe de fonctionnement :

Un bassin de stockage (placé en série ou en dérivation) est destiné à stocker temporairement tout ou partie du volume déversé au milieu naturel lors d'un épisode

SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE D'AIX-LES-BAINS
Phase 2 : Etude diagnostic du réseau

partiel, le bassin intercepte le premier flot d'orage qui est généralement le plus chargé en matière de pollution.

Le volume d'eau stocké est ensuite réacheminé vers la station pour y être traité. Le temps de stockage dépend du temps de ressuyage du bassin versant (les débits d'entrée à la station d'épuration devant avoir retrouvé des valeurs proches de celles du temps sec).

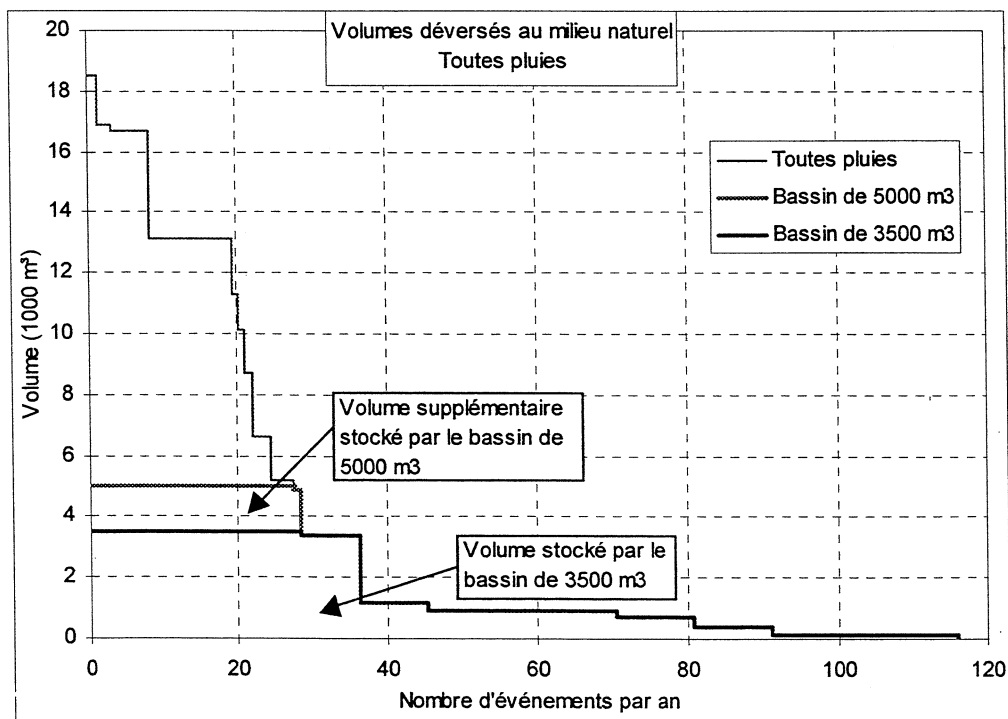
La réduction des rejets polluants est de 100% sur le volume stocké, puisque les eaux sont retraitées à la station. Par conséquent, le bassin de stockage constitue le moyen le plus efficace pour la réduction des rejets polluants.

□ **Dimensionnement :**

L'efficacité d'un bassin de stockage est directement liée à son volume, le coût d'investissement également. Par conséquent il convient d'optimiser le dimensionnement du bassin en fonction des volumes mis en jeu lors des épisodes pluvieux et de la fréquence des déversements, de façon à conserver un coût acceptable vis-à-vis du niveau de protection apporté par l'ouvrage.

La figure ci-après reprend le graphe précédent des volumes déversés au lac pour les différentes classes de pluie.

Figure n° 3 : Influence de la capacité du bassin de stockage sur les volume déversés (3 500 m³ et 5 000 m³)



SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE D'AIX-LES-BAINS
Phase 2 : Etude diagnostic du réseau

Au vu de ce graphe, on a en terme de dimensionnement :

- Avec un bassin de rétention d'une capacité de l'ordre de 5 000 m³, le nombre de déversements par an est réduit de 116 à 27, et les volumes rejetés annuellement sont divisés par deux.
- Compte tenu des fréquences de déversement associées aux différentes classes de pluies, il apparaît qu'avec un bassin plus réduit, de capacité 3 500 m³, le nombre de déversements par an reste le même (28/an). Les volumes rejetés sont par contre plus importants, de l'ordre de 60% des volumes annuellement déversés actuellement.
- Enfin un bassin beaucoup plus important de 10 000 m³ permet de stocker les 2/3 des volumes. Par contre, il ne réduit que peu le nombre de rejets par an par rapport à un bassin plus petit (20 environ) : pour avoir une efficacité optimum il faudrait un bassin capable de stocker toutes les pluies annuelles courantes, soit 20 000 m³.

□ **Efficacité des bassins de stockage**

Des tests ont été effectués pour les capacités décrites précédemment (bassin de 3 500 m³ à 10 000 m³). Les résultats obtenus en terme de bilan annuel sont repris dans le tableau ci-après.

Tableau 6: Rejets au lac : effet du bassin de stockage

Scénario	Volume (millier de m ³)	MES (tonne)	DCO (tonne)	Pt (tonne)	NTK (tonne)	Nb jours / an de déversement
Etat actuel (référence)	423	64	59	0,9	4,0	116
Bassin 10 000 m ³	97	5	9	0,2	0,8	20,9
Bassin 5 000 m ³	211	14	20	0,3	1,6	27,5
Bassin 3 500 m ³	255	21	25	0,4	2,0	28,4

En terme de réduction de pollution, on obtient :

- bassin de 10 000 m³ : réduction des volumes déversés de 77% et réduction de la pollution de l'ordre de 85%,
- bassin de 5 000 m³ : réduction des volumes déversés de 50% et réduction de la pollution de l'ordre de 65%,
- bassin de 3 500 m³ : réduction des volumes déversés de 40% et réduction de la pollution de l'ordre de 55%.

Les graphes montrant l'évolution des différents paramètres de pollution en fonction des classes de pluies, pour les différents scénarios étudiés, sont présentés en annexe 2.

SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE D'AIX-LES-BAINS
Phase 2 : Etude diagnostic du réseau

La différenciation été/hiver effectuée (cf. annexe 2) met en évidence les points suivants :

- les pluies hivernales, plus longues et moins intenses que les pluies d'été, se prêtent facilement à un stockage,
- les pluies d'été orageuses, qui sont les plus traumatisantes en terme de pollution stockables et les déversements au lac restent nombreux sur cette période. Par conséquent, il conviendrait d'abattre la pollution résiduelle déversée par un traitement en ligne. Ce traitement en ligne agirait sur les volumes non stockés par le bassin.

6.3 SCENARIO 2 : TRAITEMENT EN LIGNE

□ Principe de fonctionnement :

Le principe du traitement en ligne consiste à implanter sur la canalisation de rejet, en amont du lac, un ouvrage de prétraitement des effluents rejetés. L'ouvrage est dimensionné pour pouvoir traiter un débit max fixé (limitateur de débit en entrée), le reste de l'effluent étant rejeté au lac sans traitement.

Le traitement envisagé est une décantation simple, sans adjonction de réactifs.

Le traitement en ligne comprendrait les étapes ci-après :

- dégrillage, pour les matériaux grossiers,
- dessablage, pour éliminer les matières lourdes de granulométrie supérieure à 200 microns,
- décantation laméellaire, destinée à abattre la pollution.

□ Dimensionnement :

L'efficacité d'un ouvrage de traitement en ligne peut être évaluée de deux points de vue :

- en terme de réduction de pollution de l'effluent traité : celle-ci dépend directement de la conception même du bassin et des ouvrages de traitement (abattement de pollution)
- en terme de réduction globale des flux polluants rejetés annuellement : celle-ci dépend pour un type d'ouvrage donné, du débit admissible en entrée.

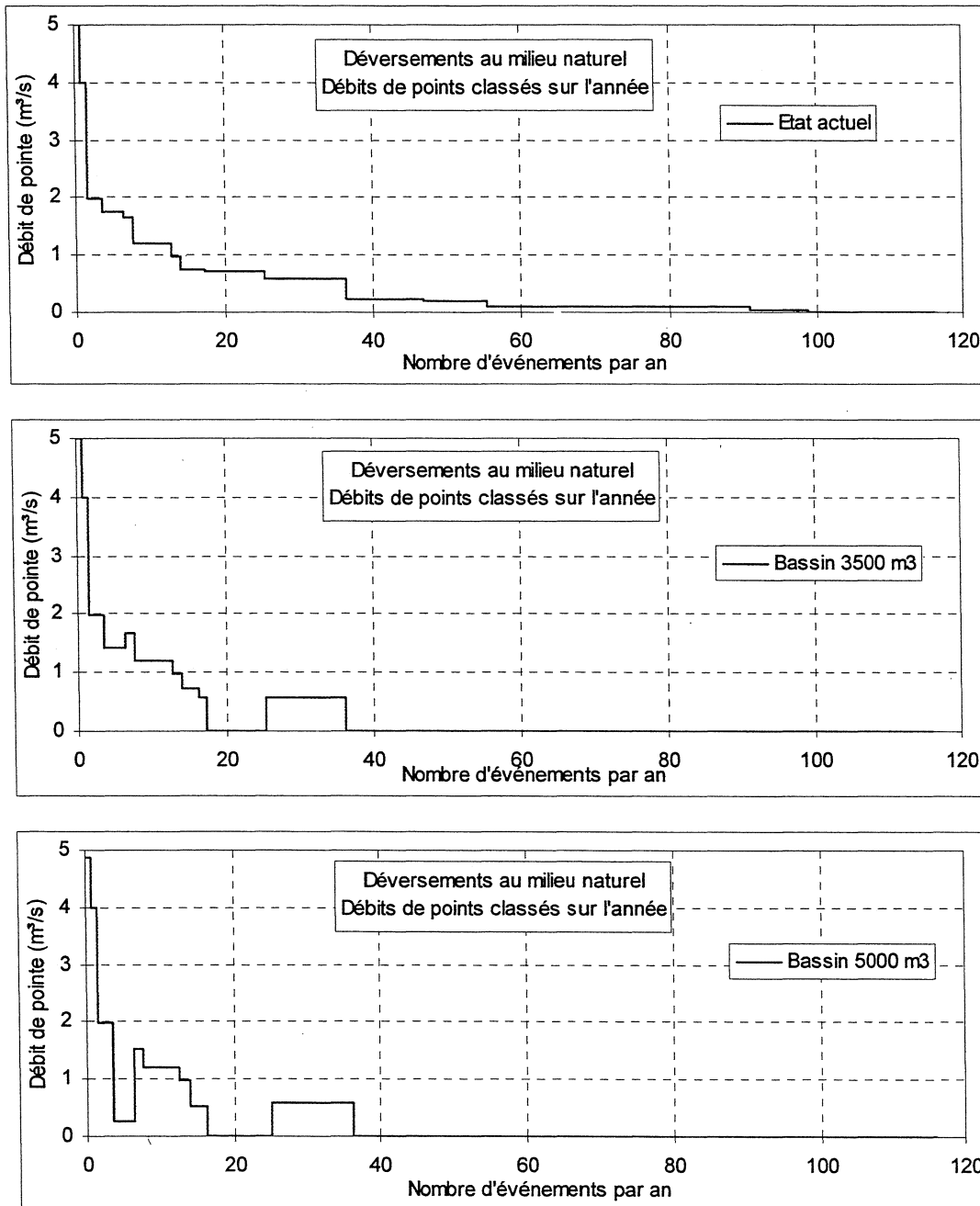
De même que précédemment, il faut optimiser le dimensionnement du bassin (débit d'entrée admissible) par rapport au gain potentiel en terme de réduction de pollution.

Les figures ci-après montrent les débits de pointes des hydrogrammes déversés au lac pour les différentes classes de pluie, et ce pour la situation actuelle et les scénarios d'aménagement d'un bassin de stockage de 3 500 m³ et 5 000 m³.

SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE D'AIX-LES-BAINS
Phase 2 : Etude diagnostic du réseau

Au vu de ces figures, un ouvrage dimensionné pour traiter un débit d'entrée de l'ordre de 1 m³/s paraît être un bon compromis entre la taille des aménagements à concevoir et la réduction de rejets de pollution au lac. Si on augmente le débit d'entrée à 2 m³/s, le gain obtenu en terme de volume traité n'est relativement pas très important.

Figure n° 4 : Débits de pointe des hydrogrammes déversés pour les différentes classes de pluie



SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE D'AIX-LES-BAINS
Phase 2 : Etude diagnostic du réseau

❑ **Efficacité du traitement en ligne**

Des simulations mettant en œuvre un ouvrage de traitement en ligne pouvant admettre un débit d'entrée de 1 m³/s ont été effectuées pour l'ensemble des classes de pluies. Les tests ont été menés dans les trois hypothèses ci-après :

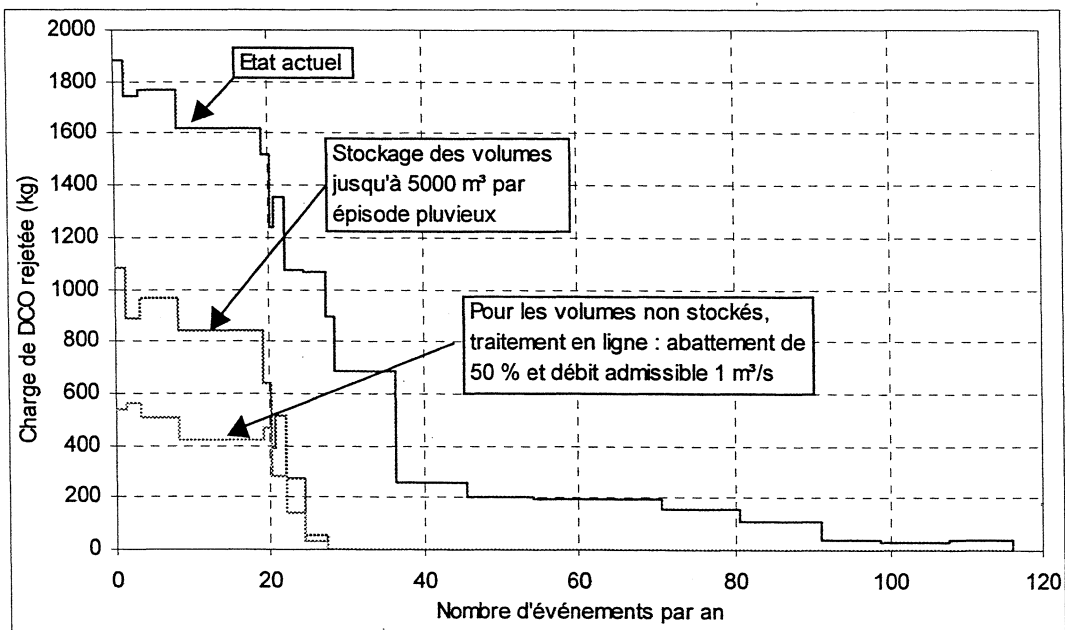
- traitement en ligne seul (état actuel),
- traitement en ligne après stockage de 3 500 m³,
- traitement en ligne après stockage de 5 000 m³.

Les résultats obtenus en terme de bilan annuel sont repris dans le tableau ci-après. En première approximation les coefficients d'abattement de pollution ont été pris égaux à 90% pour les MES, 50% pour la DCO, 90% pour le P et 0% pour le NTK. Il faut noter que l'effet du traitement sur la bactériologie est quasiment nul.

Tableau 7: Rejets au lac : effet du traitement en ligne

Scénario	Volume (millier de m ³)	MES (tonne)	DCO (tonne)	Pt (tonne)	NTK (tonne)
Etat actuel traitement seul	423	64	59	0,9	4,0
	423	11	31	0,1	4,0
Bassin 3500 m³ 3 500 m ³ + traitement	255	21	25	0,4	2,0
	255	4	13	0,06	2,0
Bassin 5000 m³ 5 000 m ³ + traitement	211	14	20	0,3	1,6
	211	3	10	0,05	1,6

Figure n° 5 : Impact du traitement en ligne sur la réduction des rejets polluants



SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE D'AIX-LES-BAINS
Phase 2 : Etude diagnostic du réseau

A titre d'exemple, les pollutogrammes (paramètre DCO) associés aux différentes classes de pluie avec et sans traitement, pour les trois cas étudiés sont données en annexe 3.

Avec un ouvrage de traitement en ligne, les rejets polluants physico-chimique subissent un abattement significatif, la majorité des classes de pluies étant composées de petites pluies de longue durée (donc faible débit maximum). Par contre, l'action d'un tel ouvrage sur les paramètres bactériologiques (non quantifiables par modélisation) reste marginale au vu des concentrations mise en jeu. En effet, les concentrations d'une eau usée en bactéries peut aller jusqu'à plus de 1 000 fois les concentrations admises pour des activités de loisirs (baignade, ...). Par conséquent, un abattement partiel, de cette pollution n'a quasiment aucun impact sur les concentrations.

□ **Conclusion**

Le bassin de stockage constitue la meilleure solution pour réduire les rejets polluants.

Un traitement en ligne complémentaire situé en aval du bassin avant rejet au lac permet d'abattre encore les concentrations des effluents rejetés.

Une analyse plus précise du coût des aménagements combinés rapporté au volume stocké et au débit traité doit permettre d'optimiser la combinaison stockage / traitement en ligne en terme d'efficacité et de coût.

6.4 COMPARATIF DES COÛTS DES DIFFÉRENTS AMÉNAGEMENTS

6.4.1 *Choix d'un lieu d'implantation du bassin de stockage*

Compte tenu de l'architecture du réseau aixois et de la station d'épuration, il existe deux possibilités pour implanter un bassin de stockage (cf. plan ci-après).

Ces deux solutions doivent donc être comparées en terme de coût, d'efficacité et de réalisation.

□ **Implantation en aval du réseau (vers les Biâtres)**

La solution la plus logique consiste à implanter le bassin de stockage en aval du réseau afin de capter le plus de pollution possible. Le fonctionnement du bassin serait alors le suivant :

- interception des écoulements de surverse en aval de la chambre de Choudy,
- stockage sur une durée de l'ordre de 24h,
- renvoi des volumes stockés vers la station d'épuration par refoulement soit en créant une nouvelle conduite du bassin à la STEP, soit en utilisant la conduite actuelle au départ de la chambre de Gamont.

SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE D'AIX-LES-BAINS
Phase 2 : Etude diagnostic du réseau

Cette solution implique la création d'un nouveau bassin enterré et de la conduite de refoulement, il est donc fonction des possibilités urbanistiques liées au site.

□ **Utilisation des bassins de l'ancienne station d'épuration**

Une autre solution consisterait à utiliser les bassins de décantation de l'ancienne station d'épuration, qui n'ont pas encore été détruits et sont à priori réutilisables pour du stockage, moyennant quelques travaux de réhabilitation. En effet, en modifiant la régulation d'entrée à la STEP, des débits supplémentaires pourraient être amenés à la station (sous réserve de la capacité de la conduite Gamont-STEP), y être stockés dans les bassins et traités ultérieurement.

Le fonctionnement de l'aménagement serait alors :

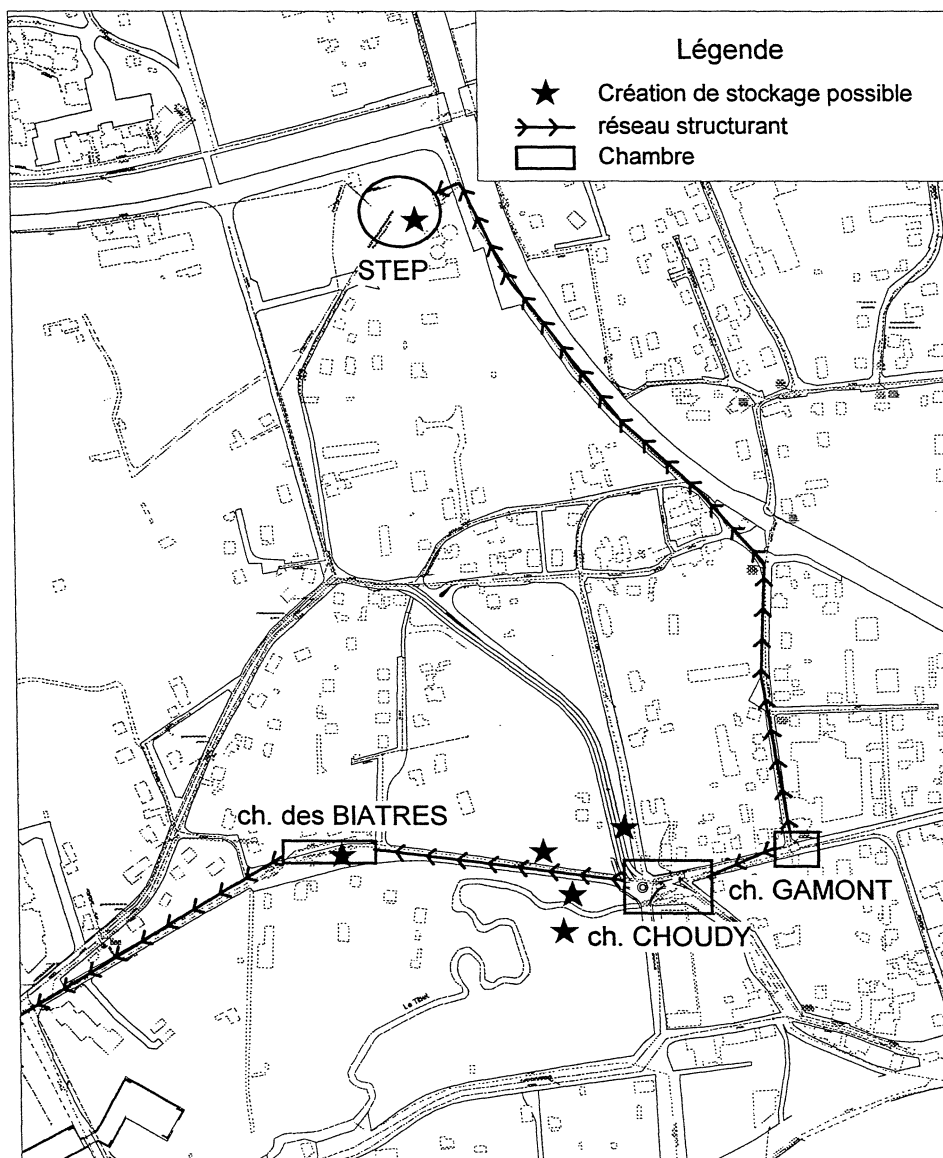
- augmentation du débit d'entrée vers la STEP à la chambre de Gamont (située en amont de Choudy),
- traitement à la STEP du débit admissible, comme c'est le cas actuellement (1 800 m³/h pendant deux heures, 1 500 m³/h ensuite),
- relevage du débit supplémentaire vers les anciens bassins en utilisant les vis de l'ancienne STEP, jusqu'à concurrence de 2x900 m³/h,
- stockage, puis renvoi pour traitement à la STEP des volumes stockés.

L'efficacité de cette solution dépend du débit supplémentaire admissible dans l'ovoïde 1 500/800 qui mène à la STEP. A ce stade, il apparaît que l'ovoïde se met en charge pour des débits supérieurs à 600 l/s, et des débordements sur chaussée sont prévisibles pour 1 m³/s, ce qui correspondrait au fonctionnement optimum de ces bassins (1 800 m³/h traités à la STEP + 1 800 m³/h stockés = 1 m³/s). De plus, le stockage n'intervenant pas en aval du réseau, cette solution réduira les volumes rejetés et n'agira pas sur la fréquence des projets (nombre de jours par an).

L'efficacité et le coût de ces deux aménagements sont estimés ci-après. Les coûts estimatifs donnés ne sont à ce stade qu'un ordre de grandeur, qui sera affiné en phase 5.

SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE D'AIX-LES-BAINS
Phase 2 : Etude diagnostic du réseau

Figure n° 6 : Localisation possible d'un bassin de stockage



SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE D'AIX-LES-BAINS
Phase 2 : Etude diagnostic du réseau

6.4.2 Utilisation des bassins de la station d'épuration

□ **Hypothèses de dimensionnement :**

- Volume des bassins : 4 000 m³
- Débit entrant : 2x900 m³/h = 0,5 m³/s (débit admissible par les vis de relevage de l'ancienne STEP).

□ **Coûts unitaires (ordre de grandeur) :**

- Travaux complémentaires à Gamont : 100 000 F
- Remise en état du génie civil et des vis existantes : 50 000 F
- Station de reprise des eaux
(2 pompes 200m³/h + canalisations,...) 400 000 F
- Désodorisation
(utilisation de l'existant ou traitement biologique de l'air) : 200 000 F
- Ventilation
(2 à 3 volume/h) : 150 000 F
- Système de lavage post-crue
(8 augets basculeurs) : 800 000 F
- Couverture 1 900 m² environ
(béton ou toile tendue sur armature) : 2 à 4 MF

□ **Efficacité et coût total**

Sur la base des coûts unitaires précédents, le prix du mètre cube de stockage est de l'ordre de 1 500 francs.

Tableau 8: Impact et coût d'un stockage à la STEP

Volume du bassin (m ³)	Impact sur la réduction de DCO (tonne de DCO/an)	Impact sur le nombre de jours de déversement	Coût (MF)
4 000	Réduction de 59 tonnes à 41 tonnes (= 30%)	Nul	4 à 6

SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE D'AIX-LES-BAINS
Phase 2 : Etude diagnostic du réseau

6.4.3 Implantation d'un bassin en aval

□ **Hypothèses de dimensionnement :**

- Volume non déterminé : (de 3 500 à 10 000 m³)
- Refoulement vers la STEP sur 600 m environ

□ **Coûts unitaires (ordre de grandeur) :**

- Volume de stockage (m³) : 2 500 F/m³
(inclus désodorisation locale, nettoyage local)
- Installation pompage : 40 000 F
- Canalisation de refoulement (Ø200, fonte ou PEHD,...) 1 000 F/ml
et tuyau à boue

□ **Efficacité et coût total**

Tableau 9: Impact et coût d'un stockage en aval du réseau

Volume du bassin (m ³)	Pollution rejetée au lac (tonne de DCO/an)	Nombre de jours de déversement	Coût (MF)
0 – Etat actuel	59	116	-
3 500	25 (réduction de 57%)	28	9,4
5 000	20 (réduction de 67%)	27	13,1
10 000	9 (réduction de 85%)	20	25,6

Ces chiffres montrent qu'un bassin de stockage agissant directement sur l'aval du réseau est bien plus efficace qu'un bassin à la STEP. En terme de réduction de pollution (paramètres physico-chimique MES, DCO, Pt, NTK) l'impact est plus important pour un volume stockable identique. En terme de réduction des nombres de jours de rejets, le bassin à la station d'épuration n'a aucune influence puisqu'il n'agit pas sur l'aval du réseau. Par conséquent, il pourrait être intéressant d'étudier la possibilité de combiner deux bassins de stockage : l'un à la station d'épuration et l'autre à l'aval.

SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE D'AIX-LES-BAINS
Phase 2 : Etude diagnostic du réseau

6.4.4 Bassin à la STEP + Bassin en aval

Sur la base des hypothèses de dimensionnement et de coût précédemment énoncés, le coût d'un double aménagement de stockage peut être évalué comme suit :

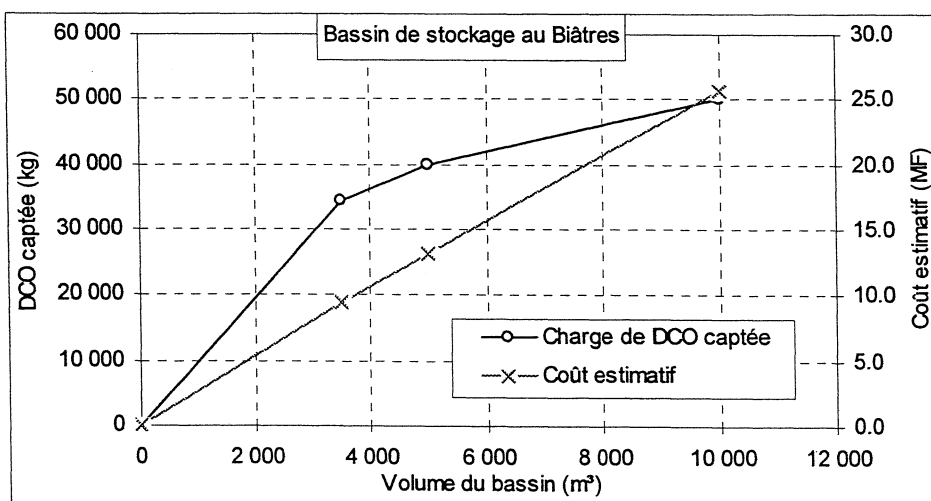
Tableau 10: Impact et coût de deux bassins de stockage

Volume de stockage total (m ³)	Pollution rejetée au lac (tonne de DCO/an)	Nombre de jours de déversement au lac	Coût estimatif (MF)
4 000 (STEP) + 1 000 (aval)	24 t/an (réduction de 60%)	37	8,5
4 000 (STEP) + 2 000 (aval)	18 t/an (réduction de 70%)	28	11,5
4 000 (STEP) + 3 500 (aval)	14 t/an (réduction de 77%)	23	16
4 000 (STEP) + 5 000 (aval)	11 t/an (réduction de 82%)	22	20,5

L'ensemble des résultats obtenus est récapitulé sur les 2 graphes ci-après.

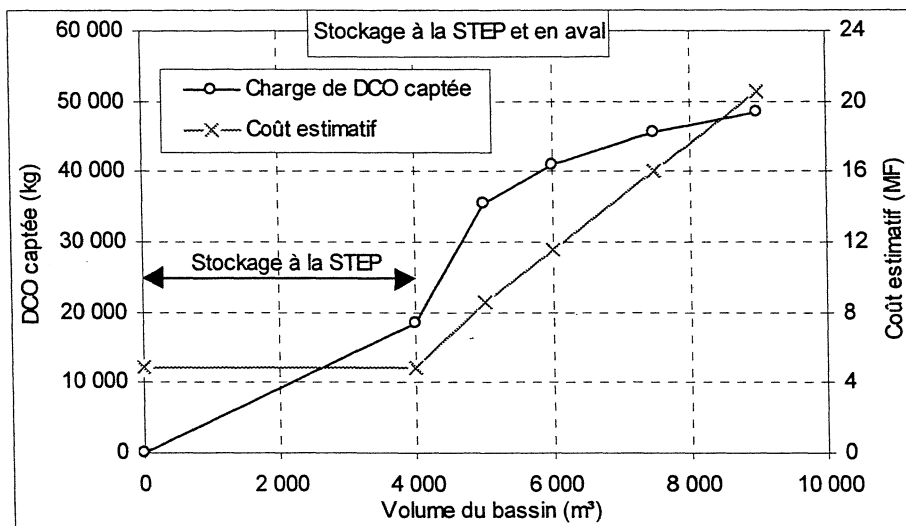
En terme de réduction de pollution (charge) l'utilisation du bassin de stockage de la STEP (4 000 m³) équivaut à créer un bassin en aval de 3 000 m³. Les coûts sont d'ailleurs équivalents (à 10% près, ce qui rentre dans la marge d'erreur de l'estimation à ce stade du projet).

Figure n° 7 : Coût et efficacité d'un bassin de stockage en aval



SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE D'AIX-LES-BAINS
Phase 2 : Etude diagnostic du réseau

Figure n° 8 : Coût et efficacité d'un bassin de stockage à la STEP et d'un double stockage STEP + aval



6.4.5 Recherche d'un optimum économique

Un traitement en ligne peut être mis en œuvre en aval du bassin de stockage, afin de diminuer encore les quantités de pollution rejetées au lac.

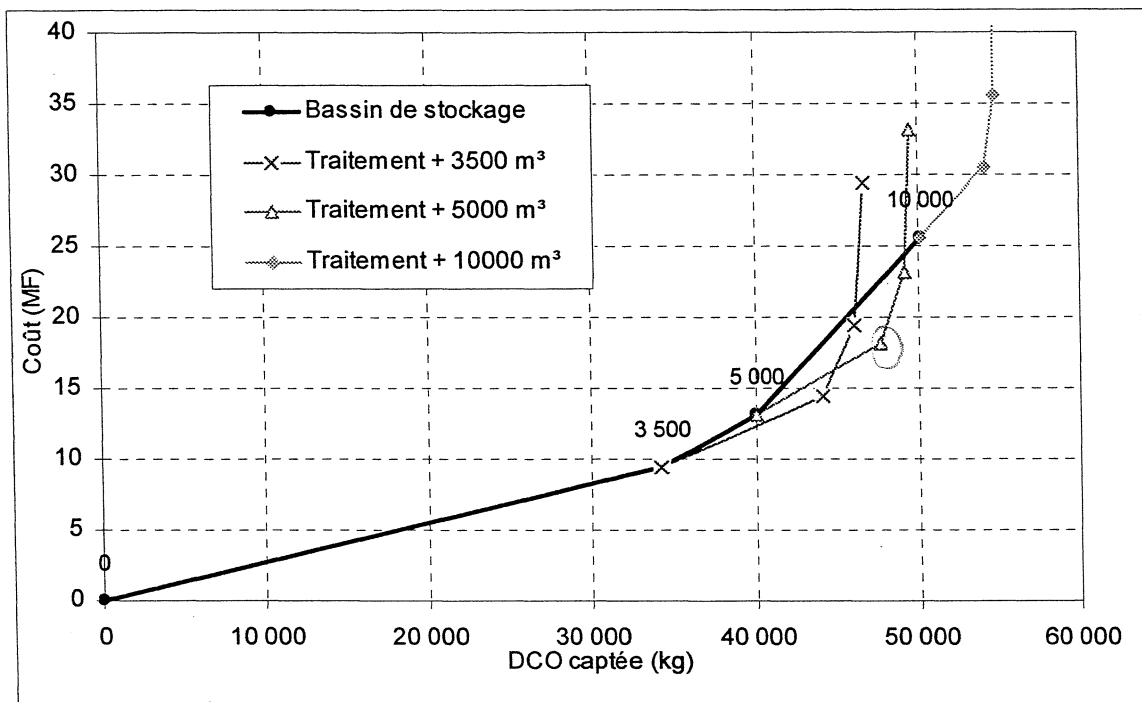
Dans ce cas, un optimum économique doit être recherché dans le fonctionnement des aménagements, afin de déterminer, pour un abattement de pollution donné, la structure à mettre en œuvre (volume du stockage + débit de pointe admissible pour le traitement en ligne).

La figure ci-après représente, pour différents volumes et débits, les coûts des aménagements en fonction de l'abattement de pollution. Les coûts sont basés sur les hypothèses décrites précédemment, ce qui revient globalement à :

- bassin de stockage : $\approx 2\,500 \text{ F/m}^3$
- traitement en ligne : $\approx 1 \text{ MF/m}^3$

SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE D'AIX-LES-BAINS
Phase 2 : Etude diagnostic du réseau

Figure n° 9 : Recherche d'un optimum économique pour les aménagements stockage + traitement



Les estimations ont été faites pour des volumes de stockage de 3 500, 5 000 et 10 000 m³, et pour des débits traités de 0,5 m³/s, 1 m³/s et 2 m³/s.

Cette figure met en avant les points suivants :

- d'une part, pour la courbe du stockage seul, un volume de 5 000 m³ est tout à fait satisfaisant en terme de coût et d'efficacité,
- d'autre part, à partir d'un volume de stockage fixe, et pour obtenir un meilleur abattement de pollution, il est plus économique d'installer un traitement en ligne en aval avec un débit d'entrée de l'ordre de 0,5 à 1 m³/s plutôt que d'augmenter le volume du stockage.

Par conséquent, les dimensionnements des aménagements à mettre en œuvre peuvent être :

- traitement : 5 000 m³
- traitement en ligne : 0,5 m³/s

Les résultats obtenus en terme de rejets polluants sont les suivants :

- nombre de déversements par an divisé par 4
- volumes déversés divisés par 2
- charge rejetée divisée par 6 pour la DCO, par 2,5 pour l'azote, et par plus de 10 pour la MES et le phosphore

6.5 CAS DE LA CONTAMINATION BACTERIENNE : PROLONGEMENT DU COLLECTEUR DES BIATRES

Au voisinage du rejet au lac (collecteur des Biâtres), les usages de l'eau sont d'une part les activités de loisirs liées aux différentes plages, et d'autre part, l'alimentation en eau potable par la prise d'eau de Mémard notamment. Pour ces usages, le paramètre déclassant n'est pas tant la pollution physico-chimique que la contamination bactériologique.

Les aménagements précédents, destinés à réduire la pollution physico-chimique sont moins efficaces sur la microbiologie. En effet, seul le stockage a une véritable action de réduction vis-à-vis de la pollution bactérienne le traitement en ligne étant quasiment inefficace au vu des concentrations en jeu.

Par conséquent, pour réduire la pollution microbiologique au voisinage des plages et des prises d'eau, un prolongement dans le lac de la canalisation de rejet des Biâtres peut être envisagé.

Ce prolongement a déjà été étudié en 1995. Les principales caractéristiques du projet sont rappelées ci-après :

Etat actuel :

Le rejet se fait par deux canalisations Ø1400 et Ø1600, à plus de 75 mètres de la berge, par des fonds d'environ 2,5 à 3 mètres sous le niveau moyen du lac.

Zone de thermocline :

C'est une zone de fort gradient thermique (décroissance rapide de température), située environ entre -7 et -20 mètres sous le niveau du lac.

Projet étudié :

Le rejet se fait sous la thermocline, à une profondeur de 27 mètres environ par rapport au niveau moyen du lac par le biais soit d'une prolongation des deux collecteurs actuels d'environ 100 mètres, soit de la mise en œuvre d'une seule et nouvelle canalisation Ø2200.

Coûts estimatifs :

Selon les variantes étudiées, les coûts estimés en 1995 varient entre 5 et 9 MF (ces coûts ne comprennent pas les études géotechniques, les relevés topographiques et bathymétriques, les inspections et curages des tuyaux existants, les études d'ingénierie et la mission de maîtrise d'œuvre). Le projet peut être estimé aujourd'hui à environ 10 MF.

6.6 CONCLUSIONS

Les aménagements préconisés pour réduire les rejets polluants au lac sont les suivants :

- Réduction des pollutions physico-chimiques
 - stockage de 5 000 m³ environ. Coût : 11 à 13 MF
 - traitement en ligne supplémentaire(entre 0,5 et 1 m³/s). Coût : 10 MF
- Réduction de la contamination bactériologique
 - prolongation des collecteurs des Biâtres. Coût : 10 MF

Le stockage et le prolongement des Biâtres sont les éléments moteurs pour réduire les flux polluants au lac. Le traitement en ligne constitue un pas supplémentaire vis-à-vis du stockage pour la réduction des paramètres MES, DBO5/DCO, et N.

Annexes

Annexe 1 : Calage du modèle sur les déversements observés par temps de pluie

Annexe 1.1 : pluie du 25 juillet 2000

Annexe 1.2 : pluie du 15 décembre 2000

Annexe 1.3 : pluie du 2 janvier 2001

Annexe 2 : Impact du bassin de stockage sur la réduction de pollution

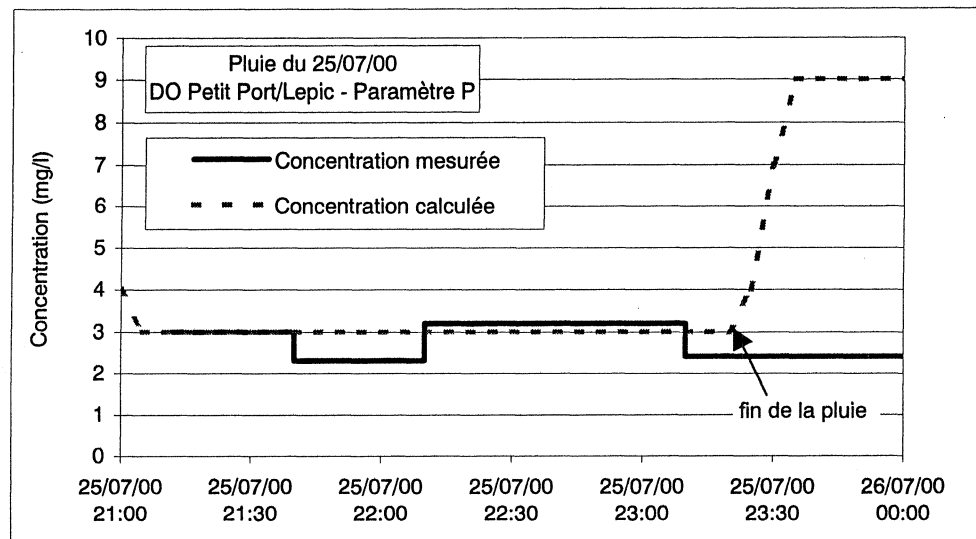
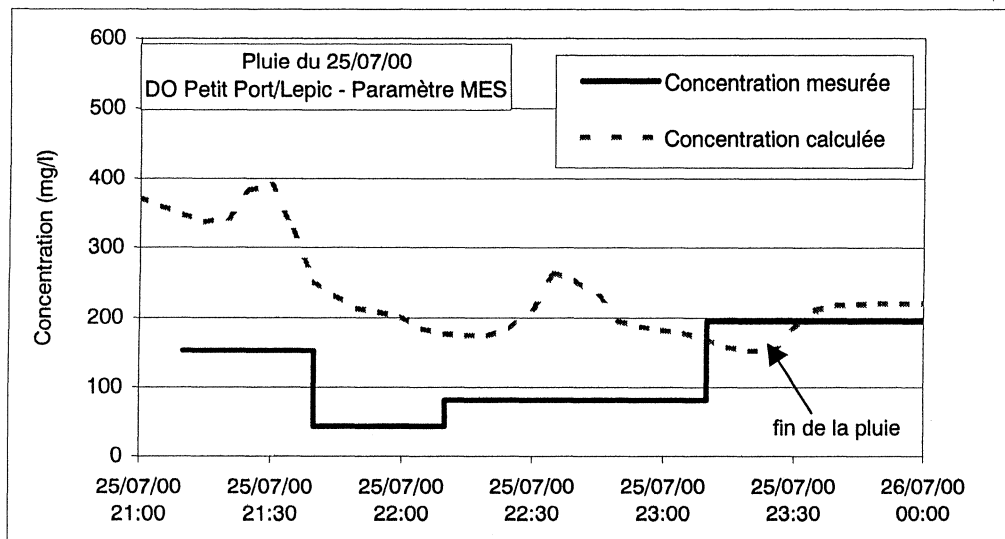
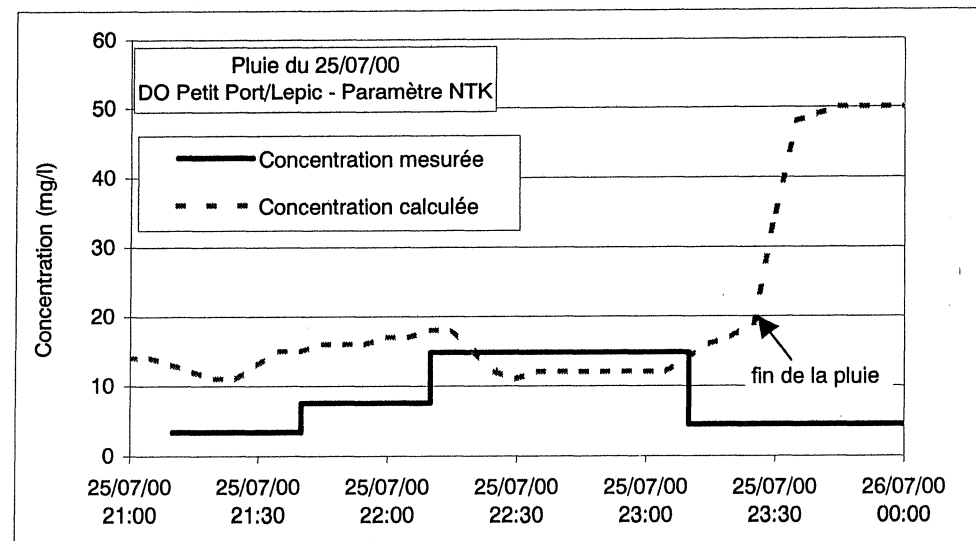
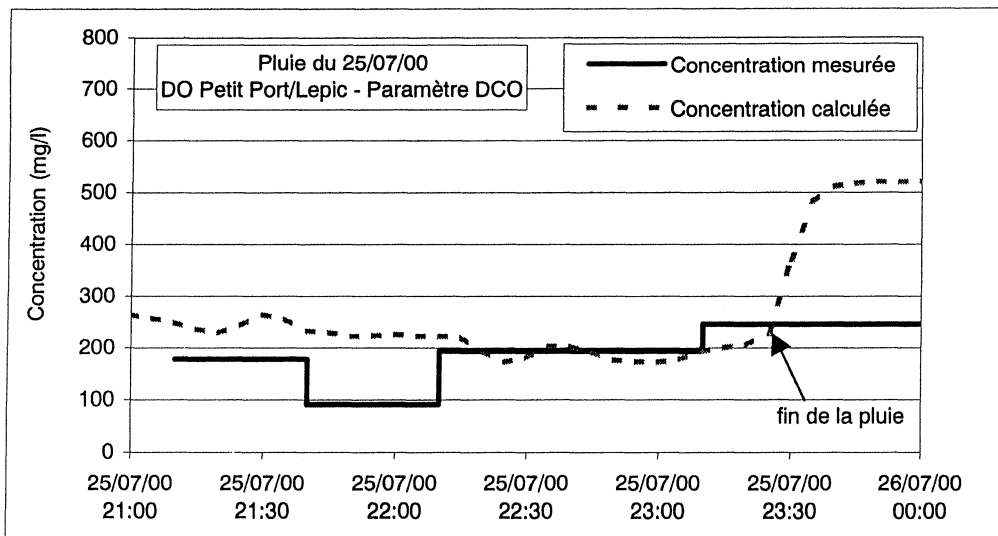
Annexe 2.1 : scénario 1.1 : bassin de 5 000 m³

Annexe 2.2 : scénario 1.2 : bassin de 3 500 m³

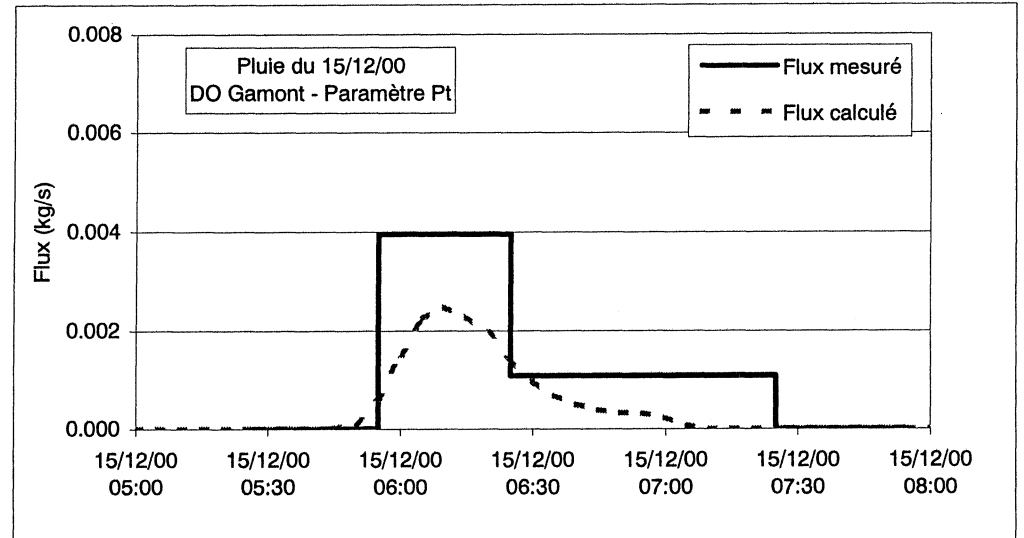
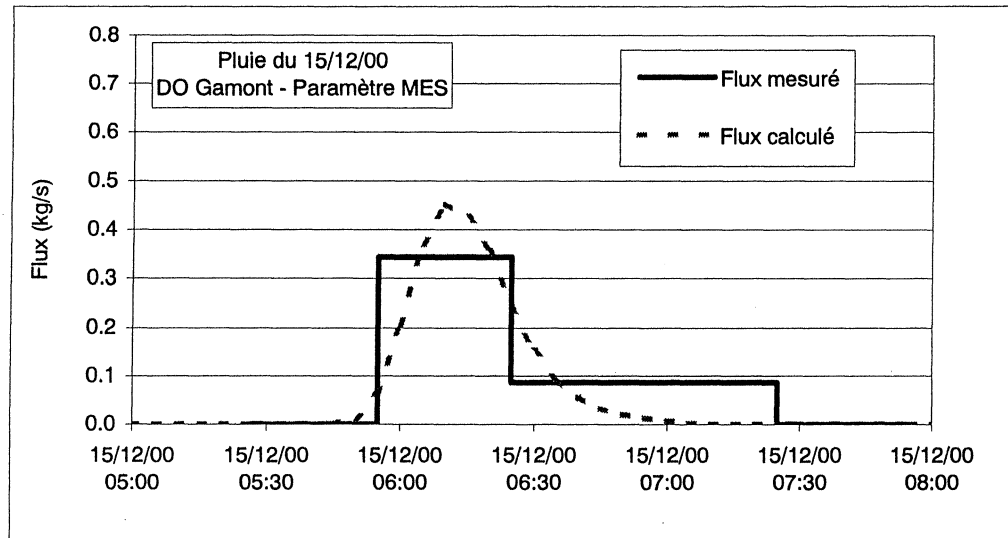
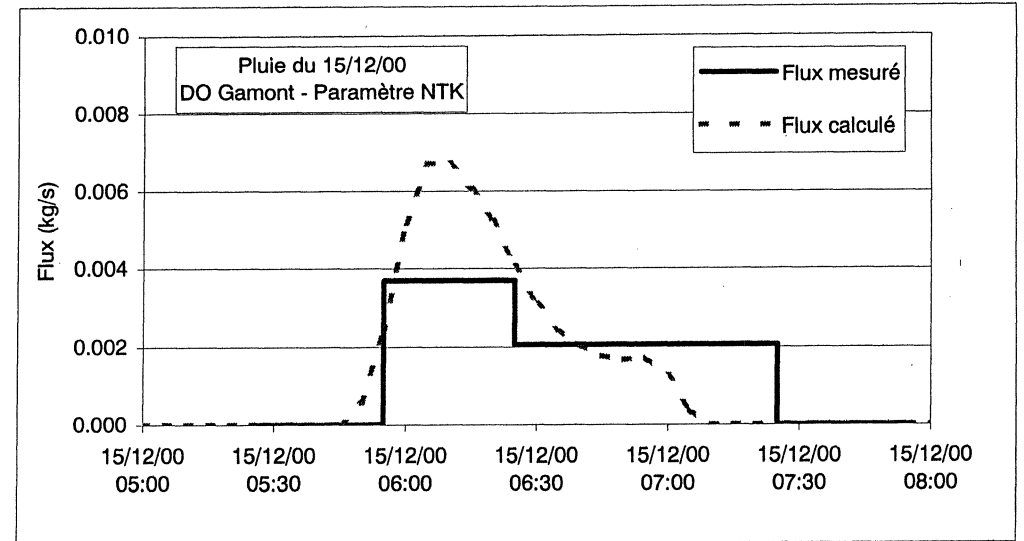
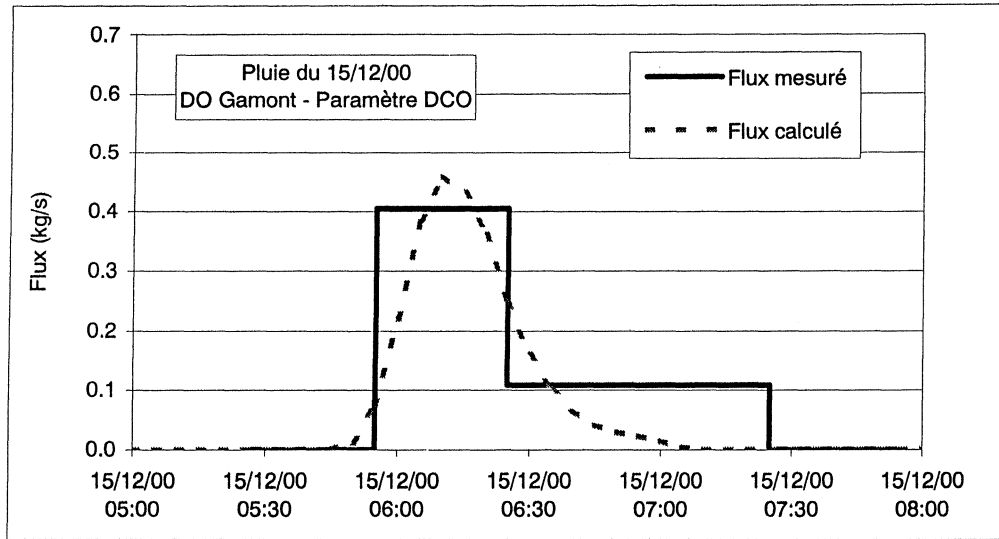
Annexe 3 : Pollutogrammes rejetés au lac (paramètre DCO) pour les différentes classes de pluies

**Annexe 1 : Calage du modèle sur les déversements
observés par temps de pluie**

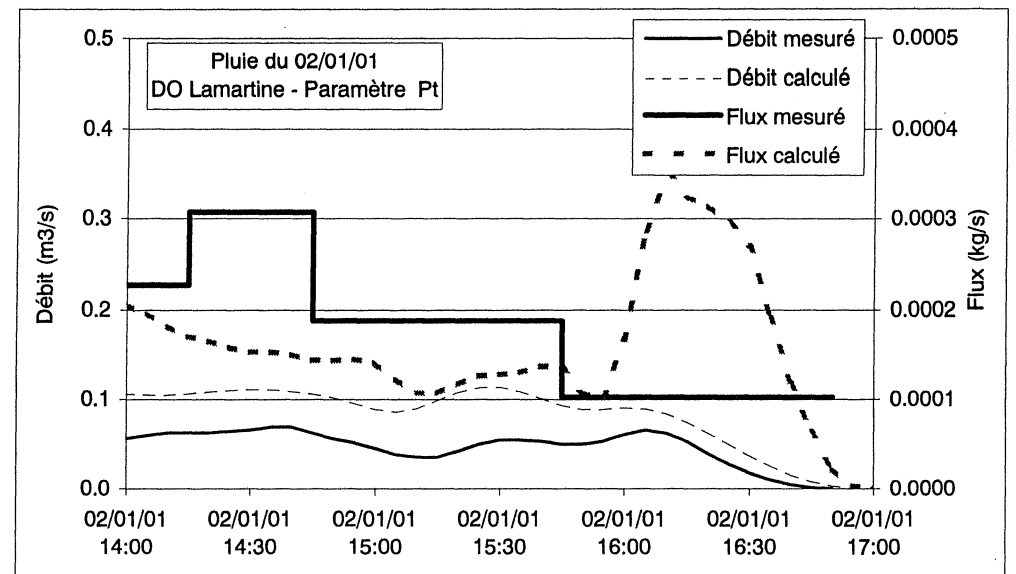
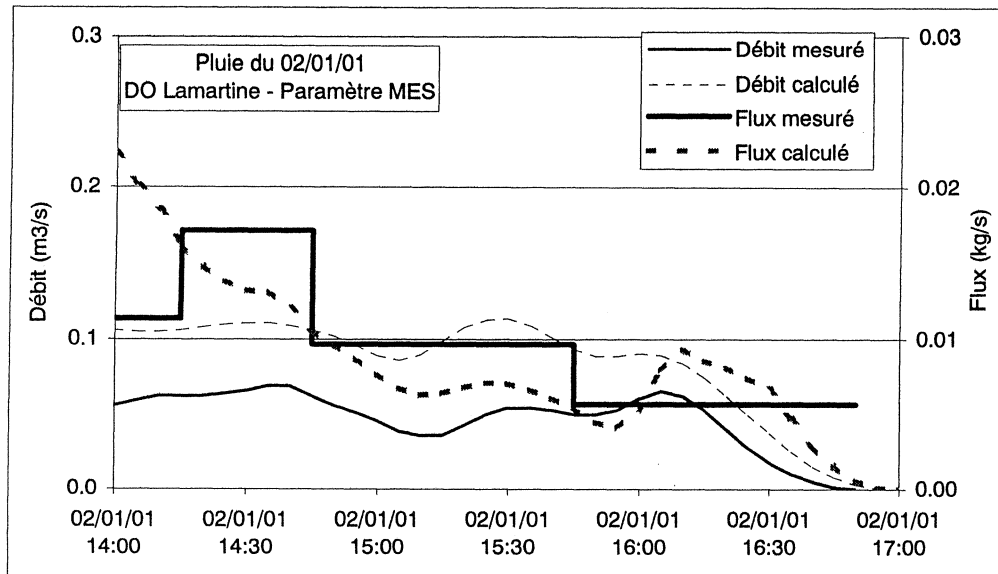
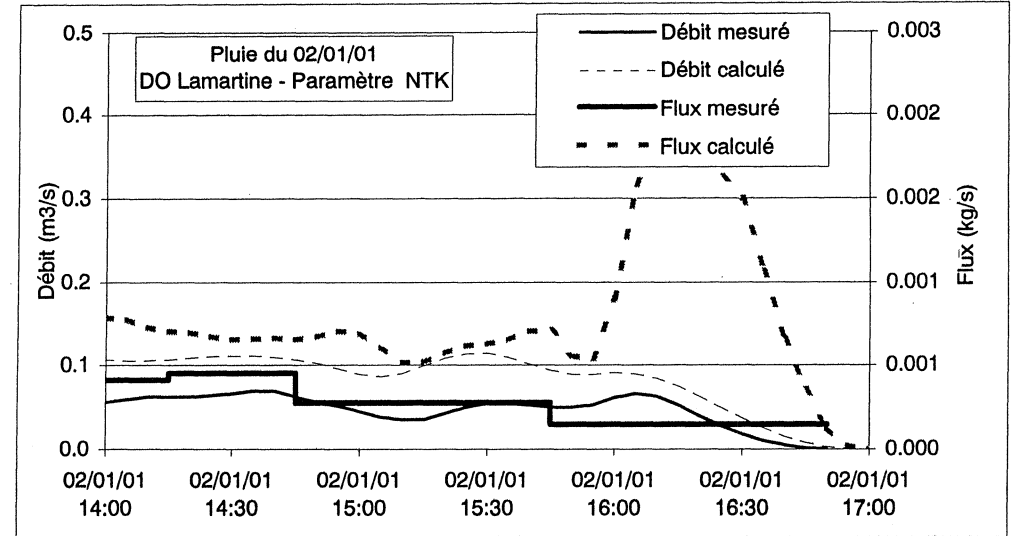
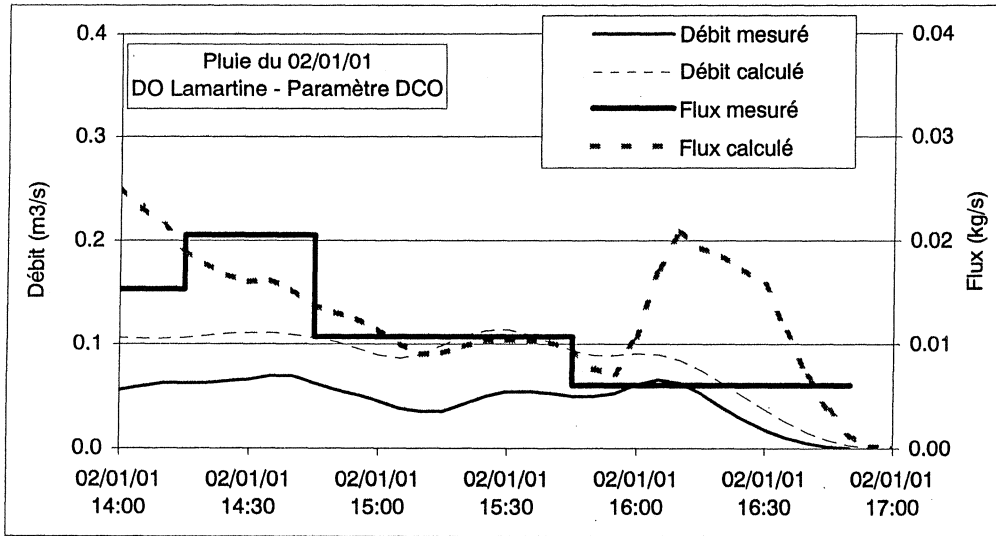
DO Petit Port / Lepic : Concentration de l'effluent déversé



DO chemin de Gamont : Flux déversés

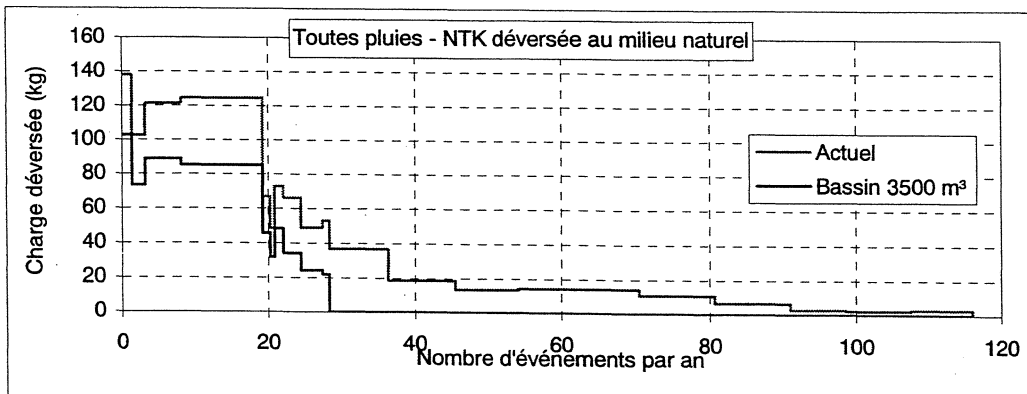
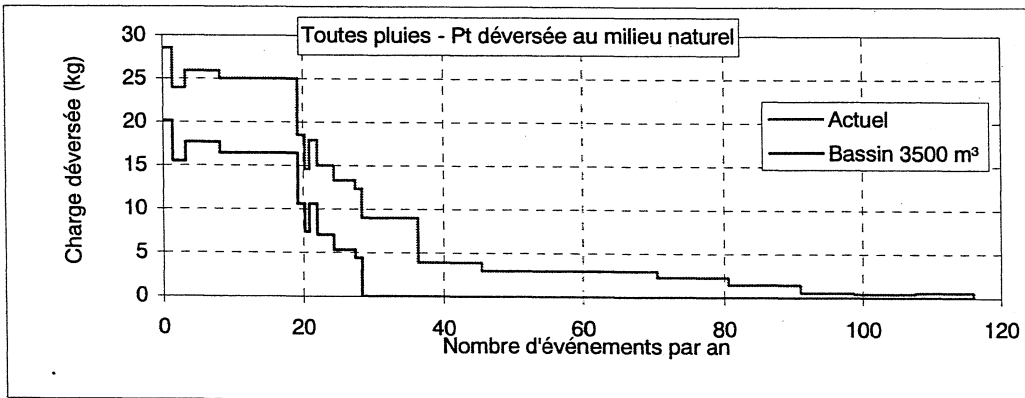
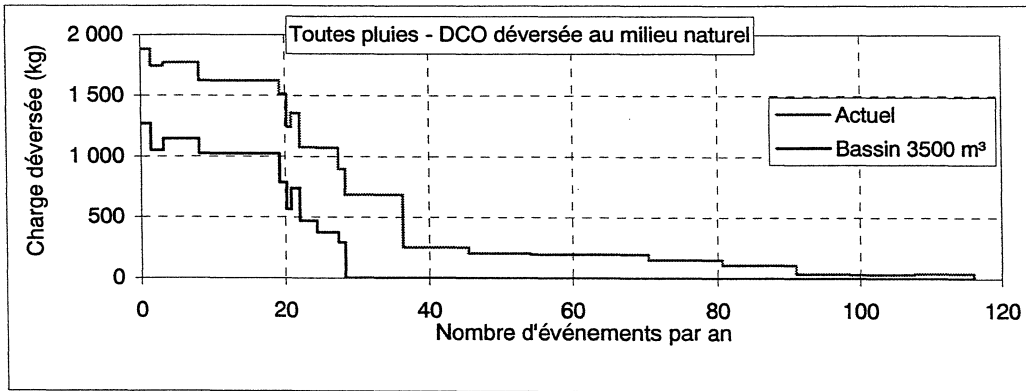
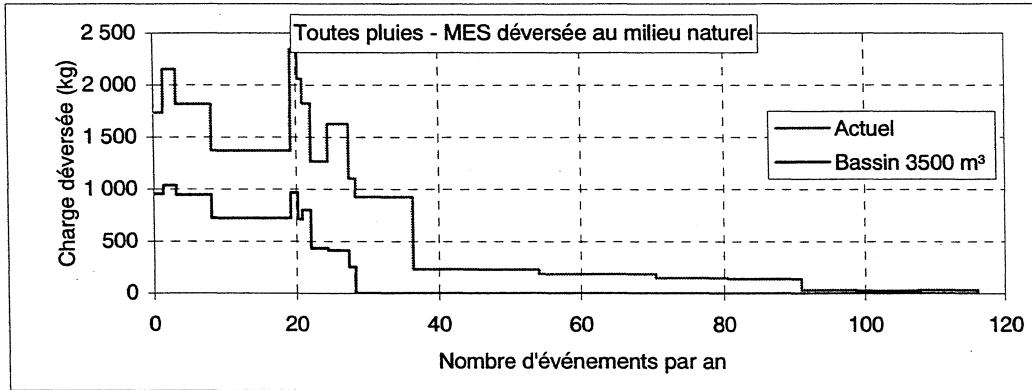
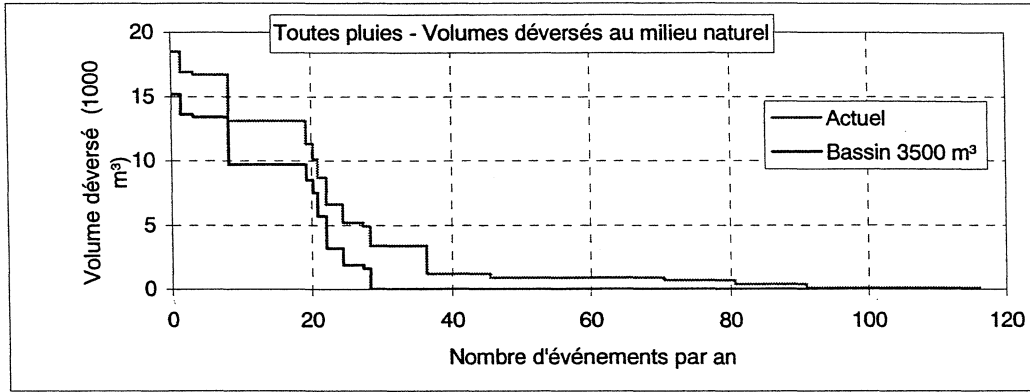


DO Lamartine : Flux déversés

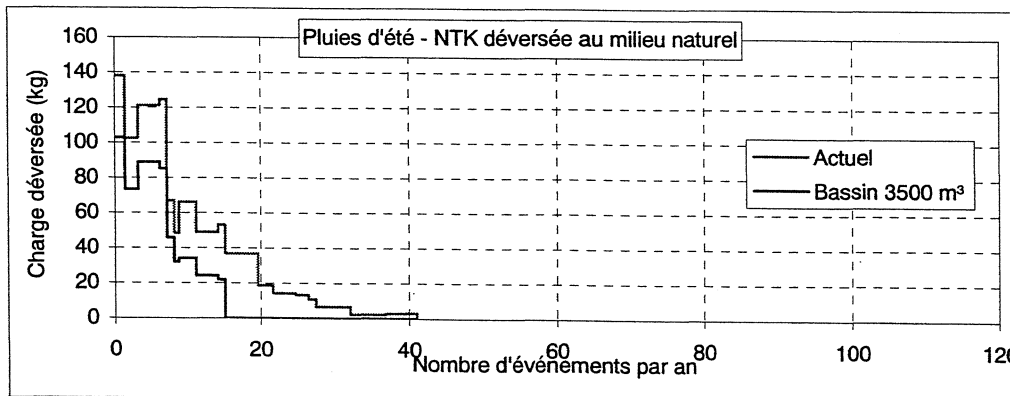
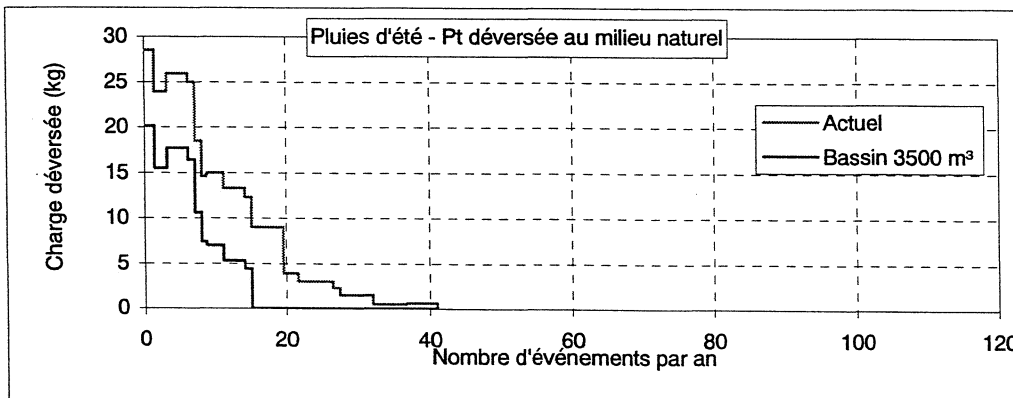
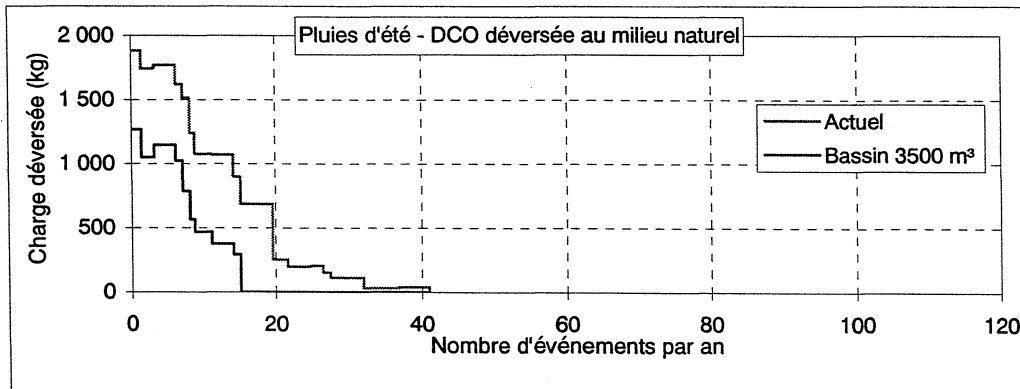
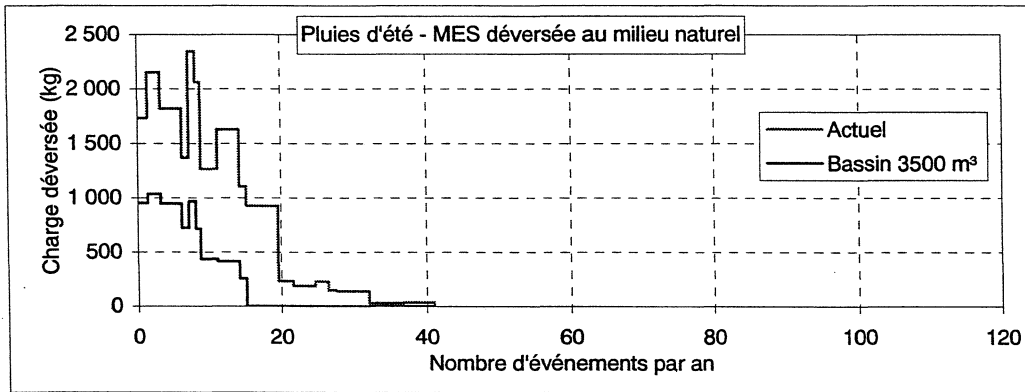
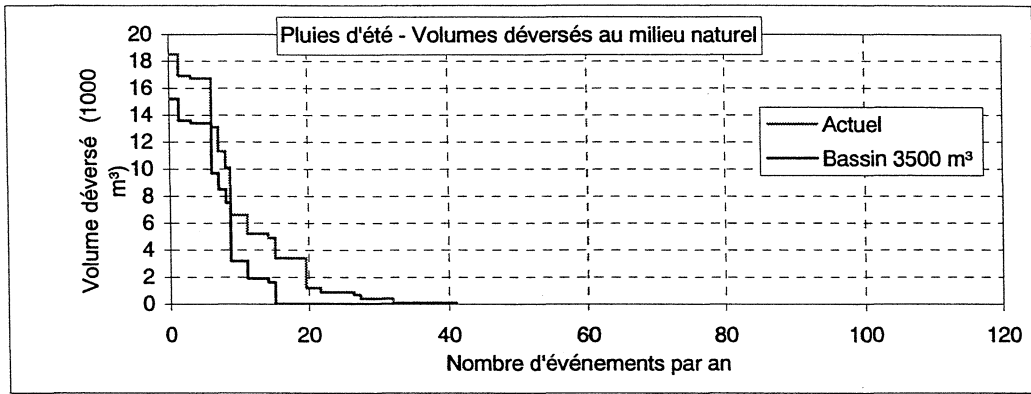


**Annexe 2 : Impact du bassin de stockage sur la
réduction de pollution**

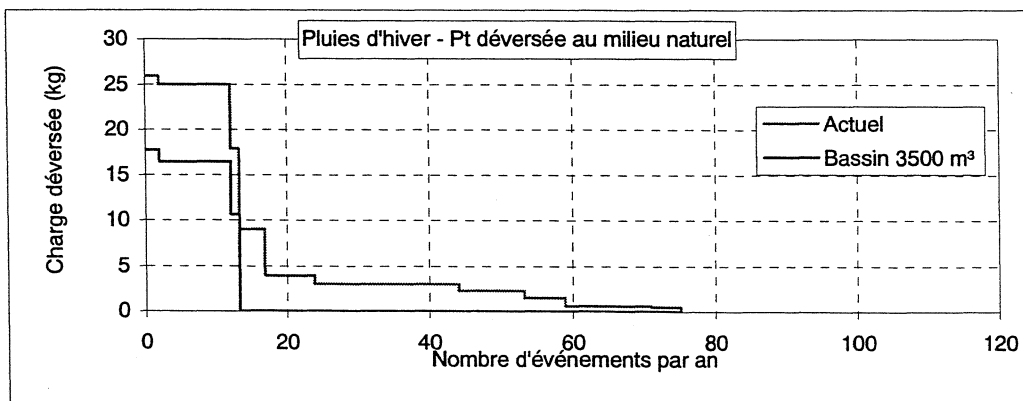
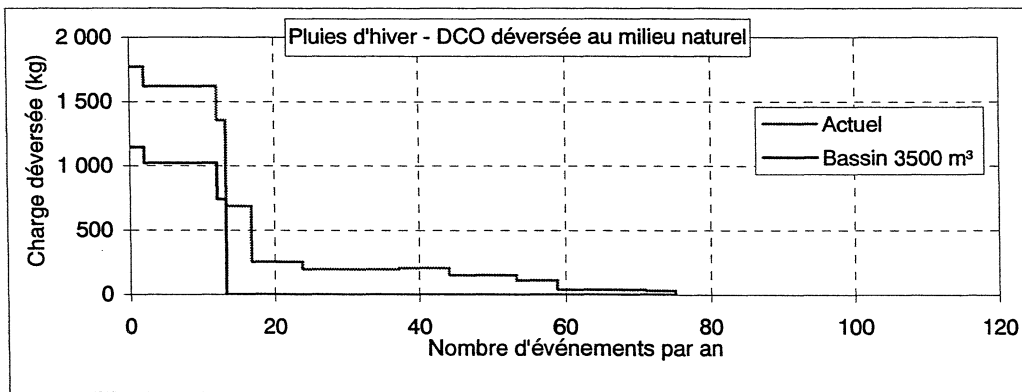
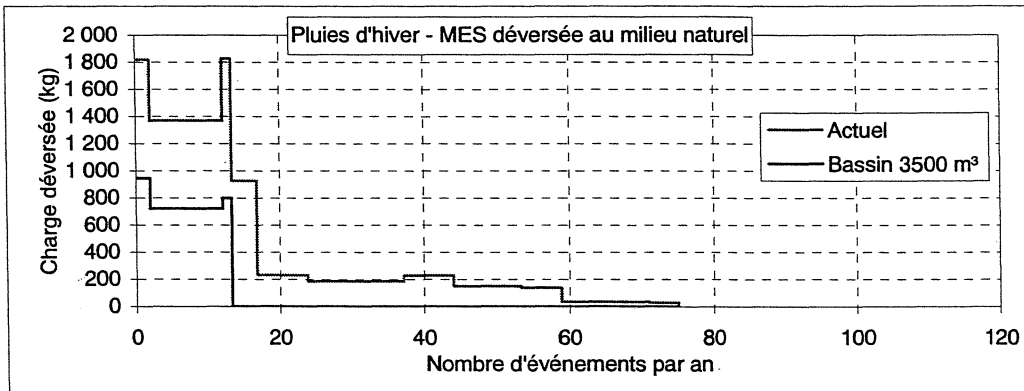
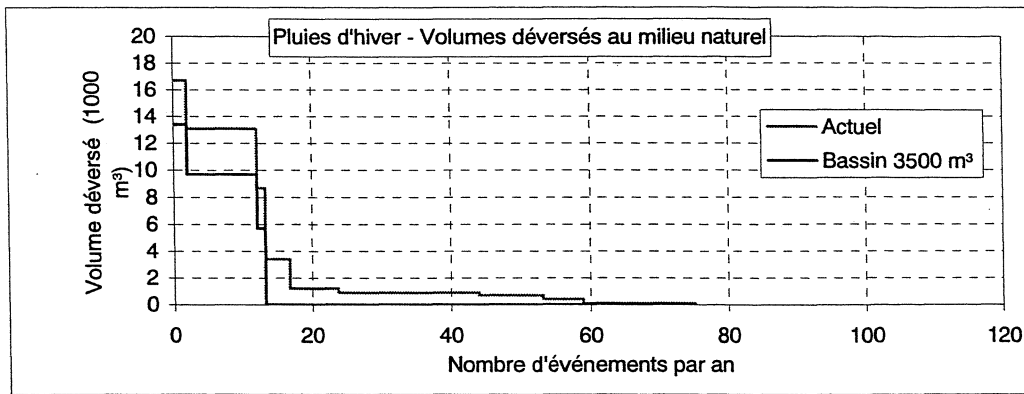
Impact du bassin de 3500 m³ - Toutes pluies



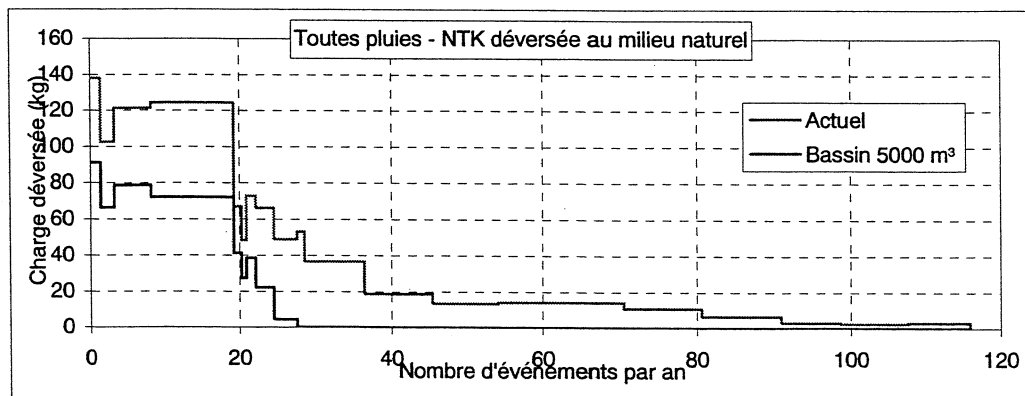
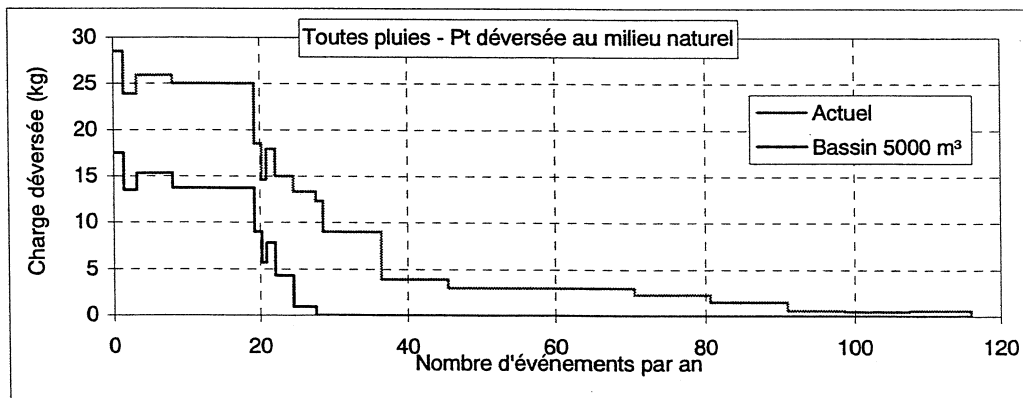
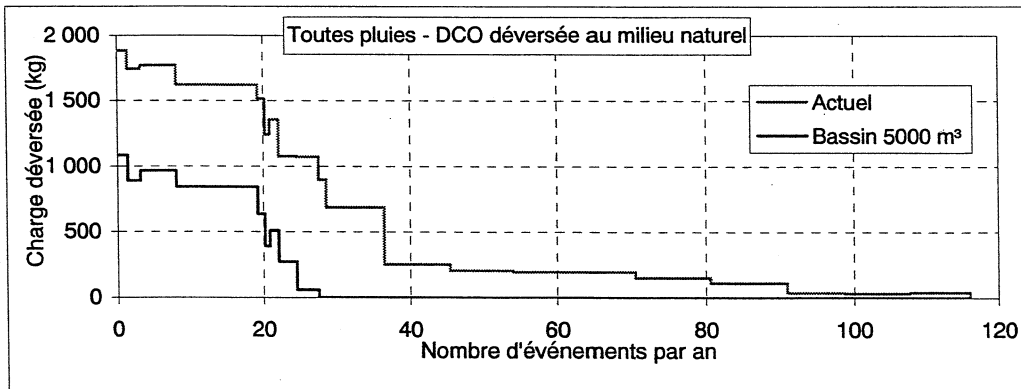
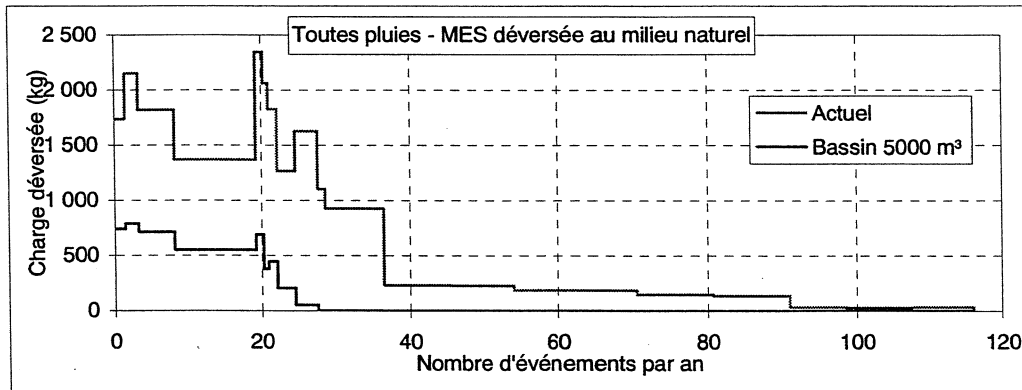
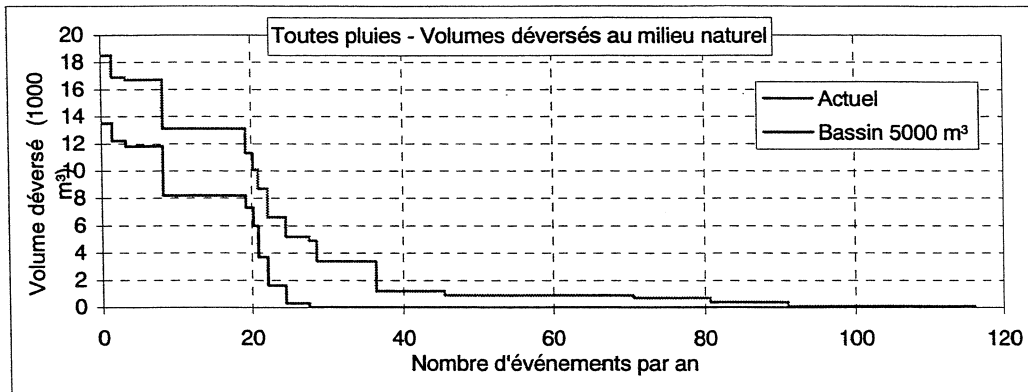
Impact du bassin de 3500 m³ - Pluies d'été



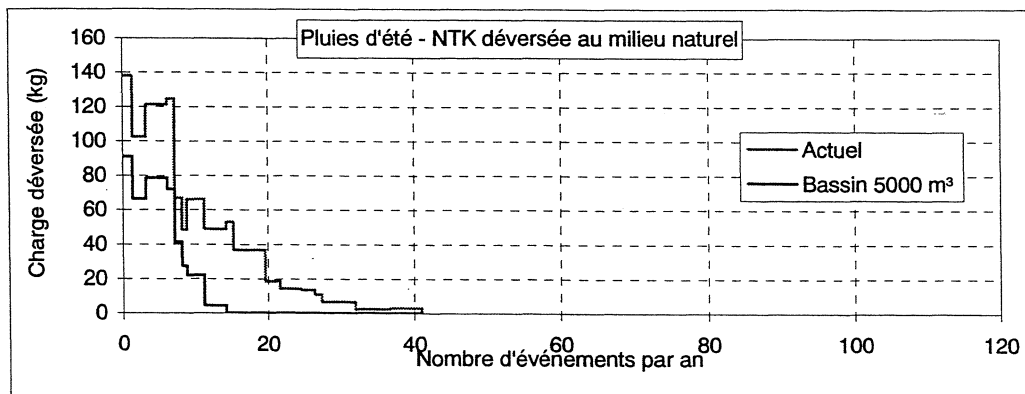
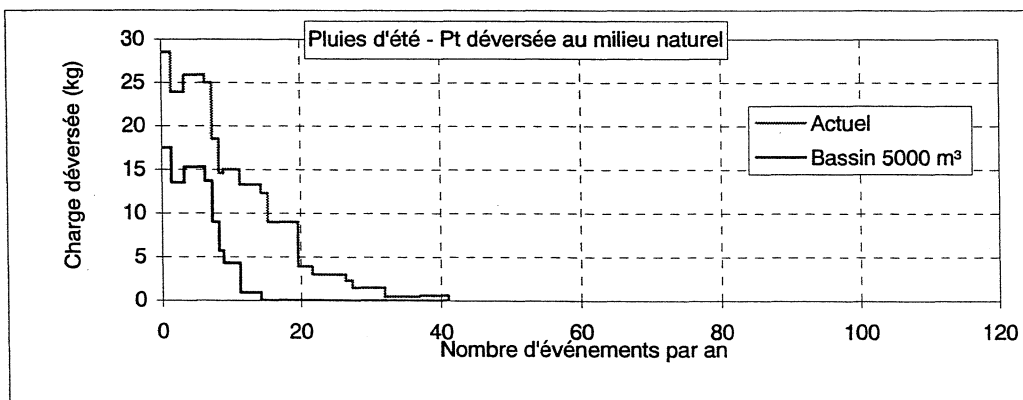
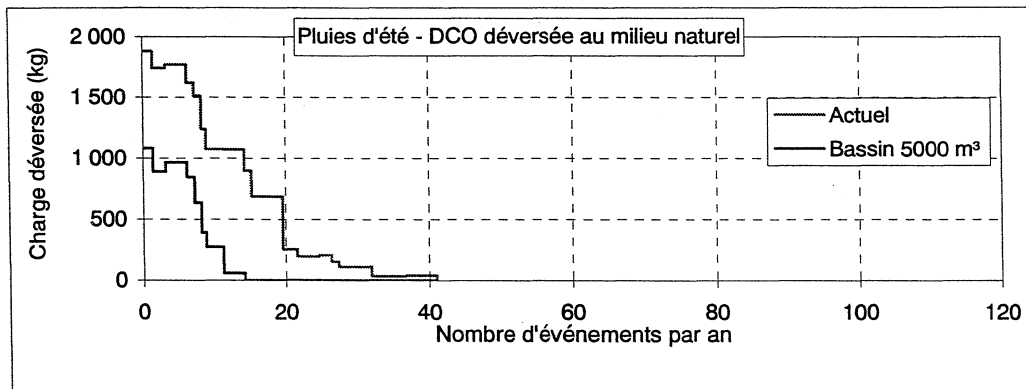
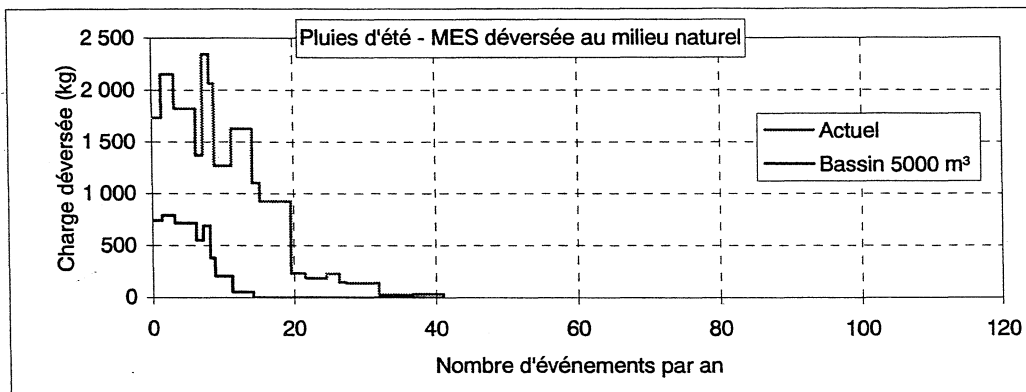
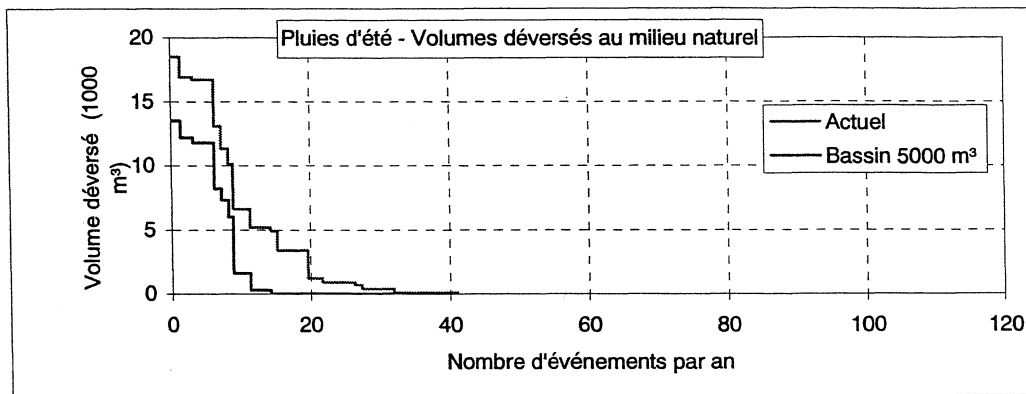
Impact du bassin de 3500 m³ - Pluies d'hiver



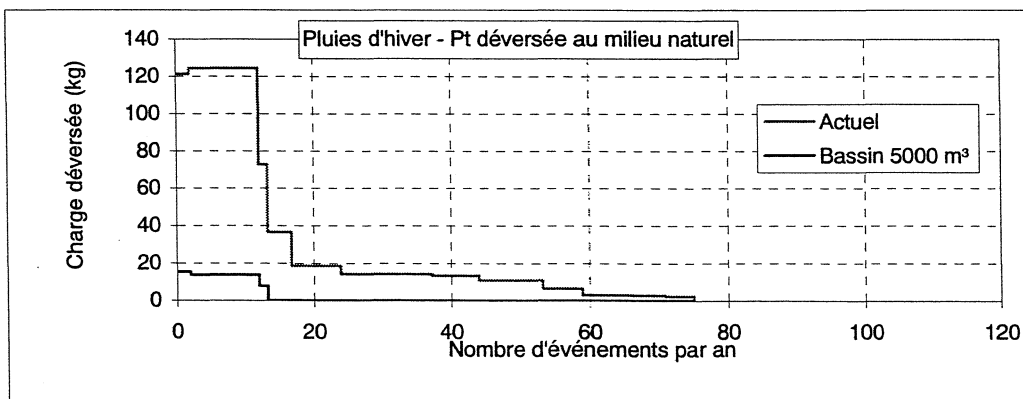
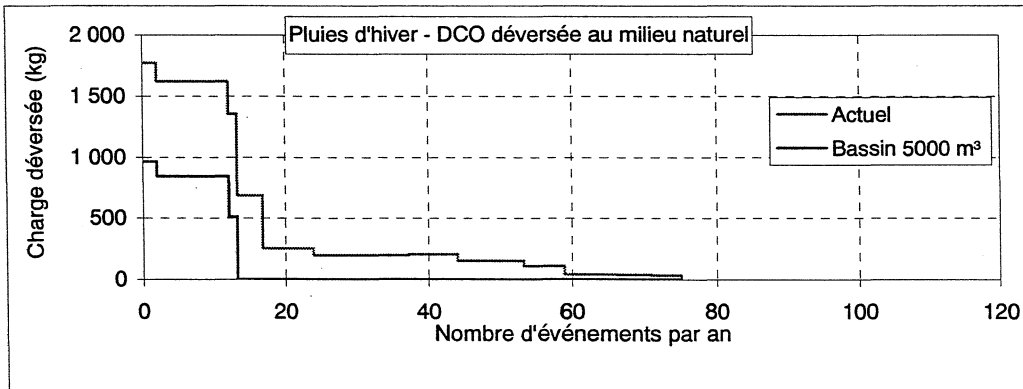
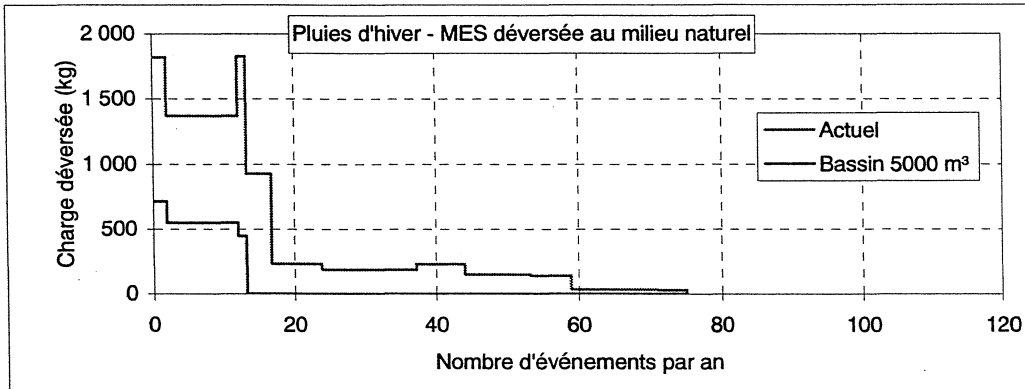
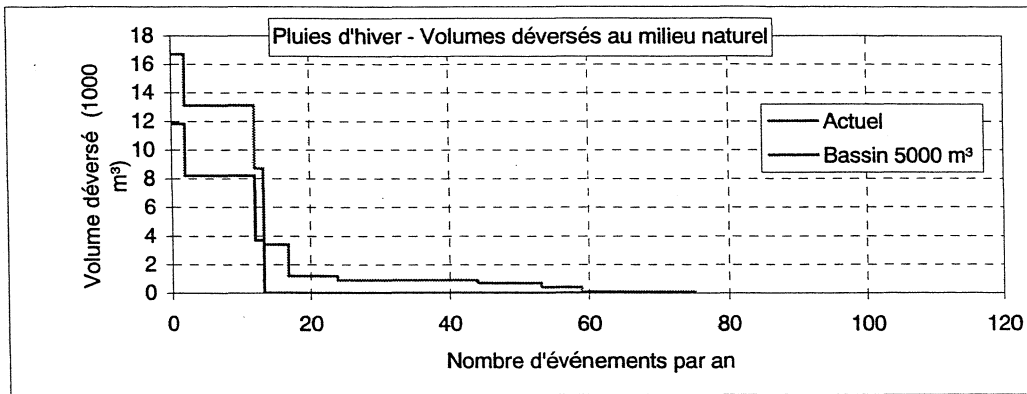
Impact du bassin de 5000 m³ - Toutes pluies



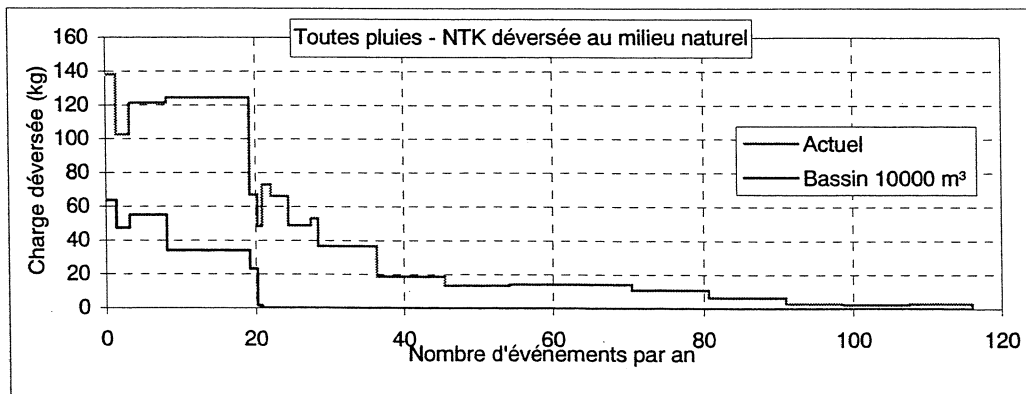
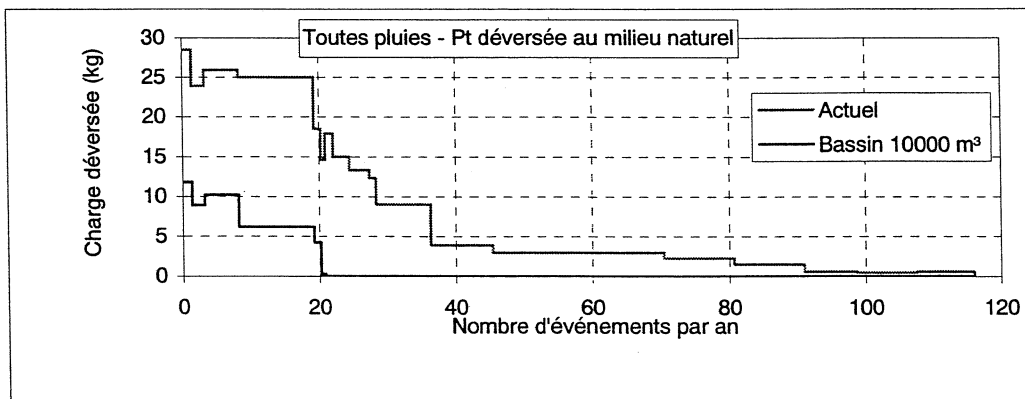
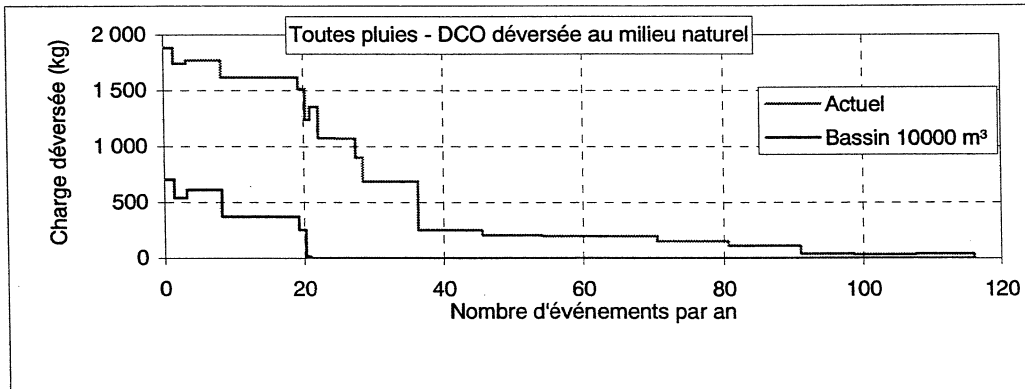
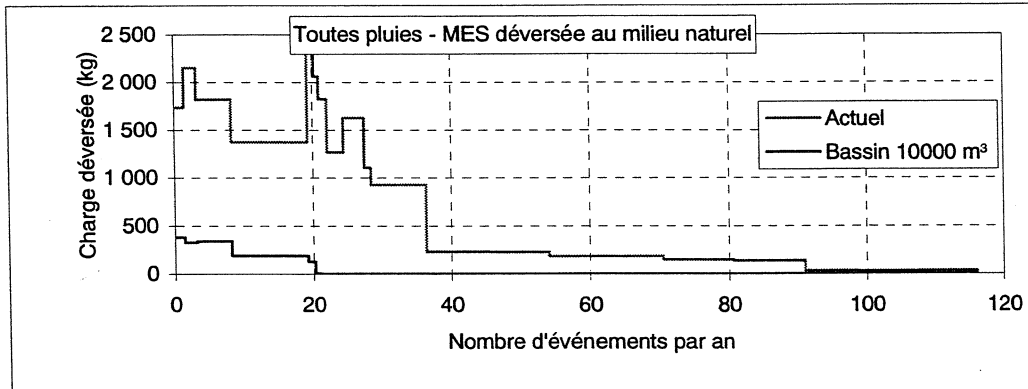
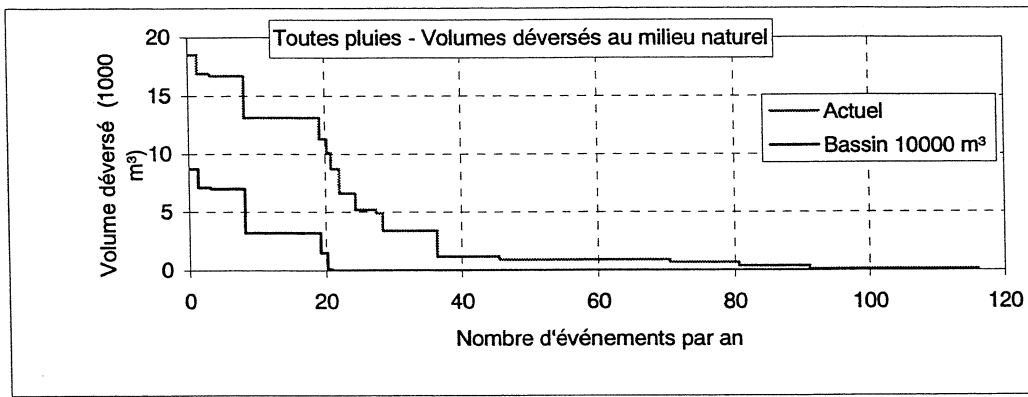
Impact du bassin de 5000 m³ - Pluies d'été



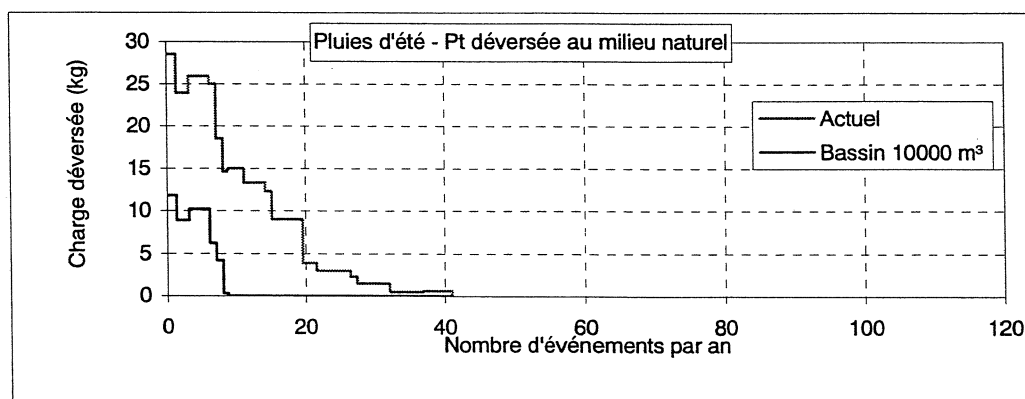
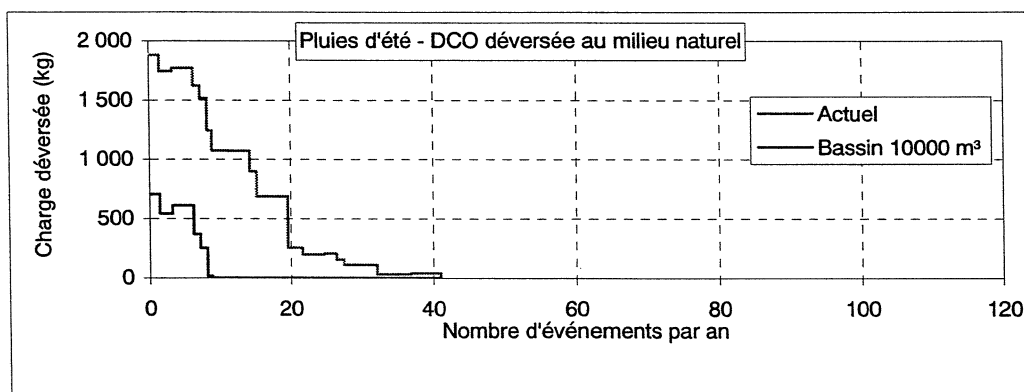
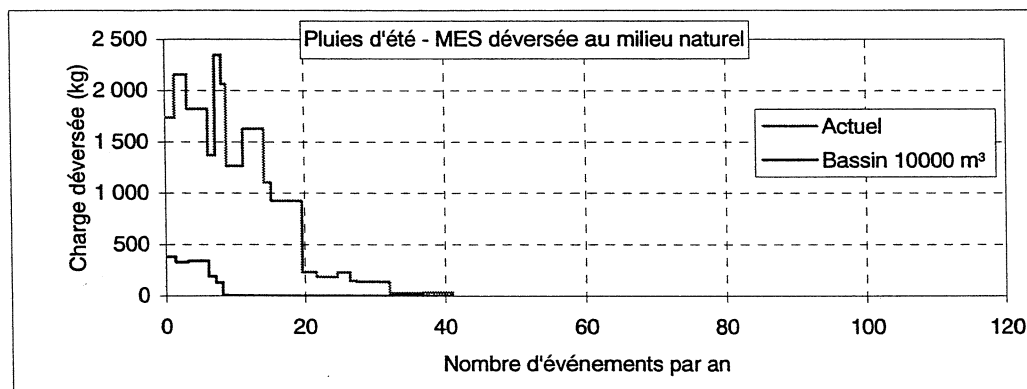
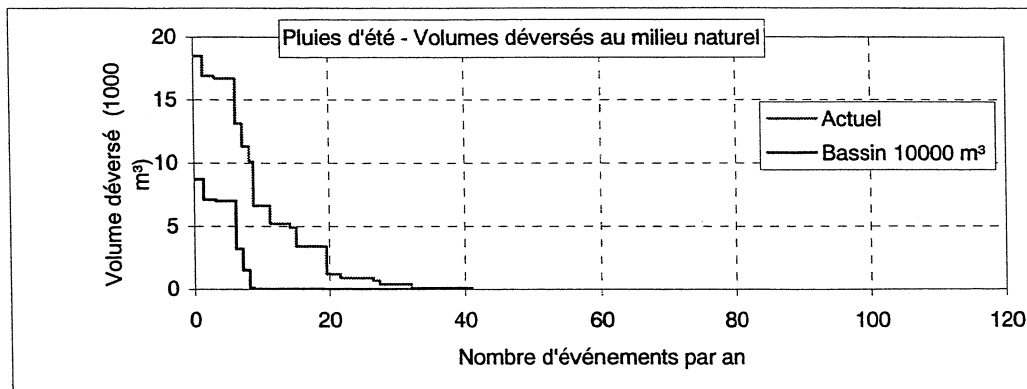
Impact du bassin de 5000 m³ - Pluies d'hiver



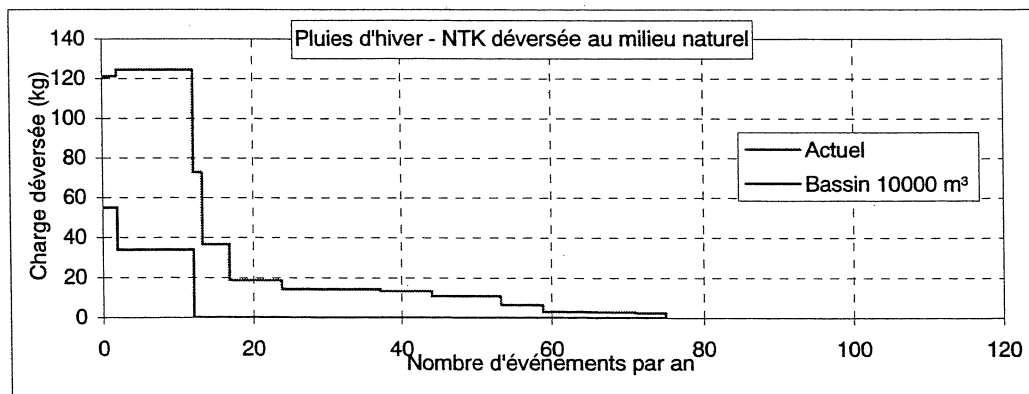
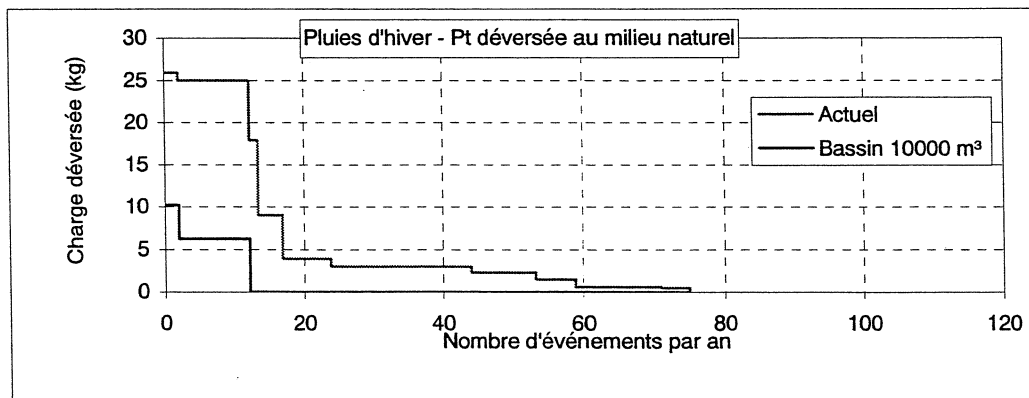
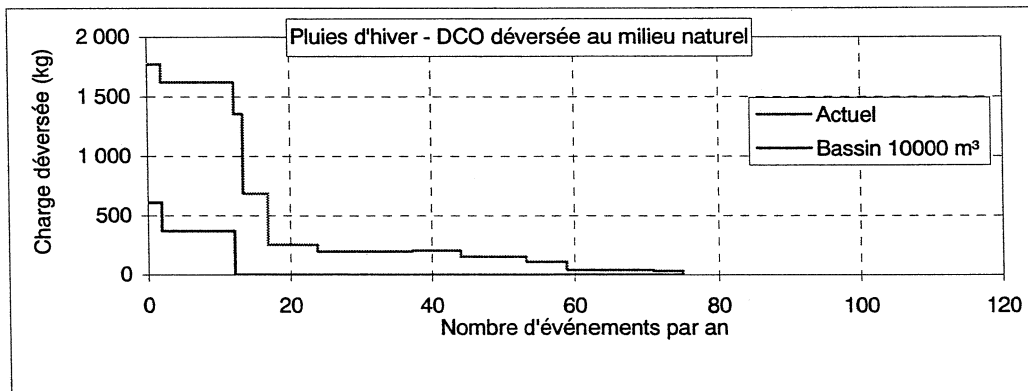
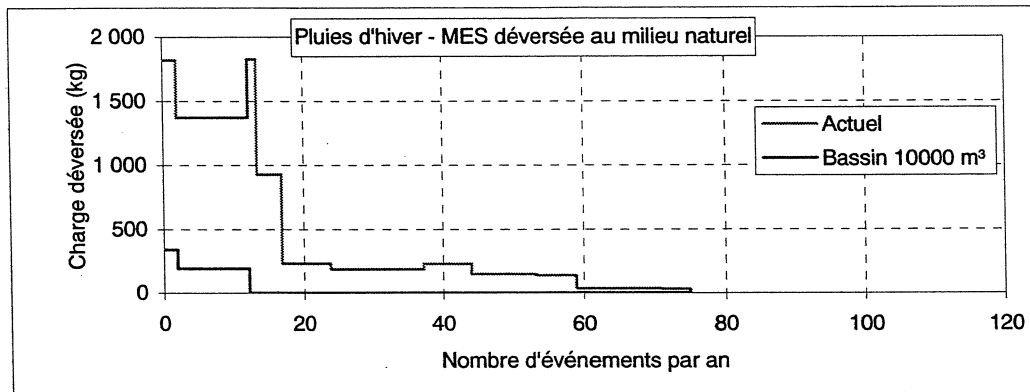
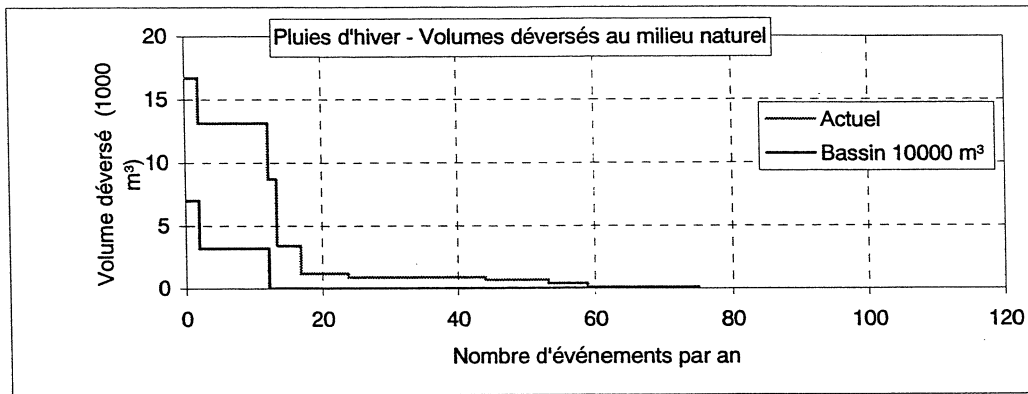
Impact du bassin de 10 000 m³ - Toutes pluies



Impact du bassin de 10 000 m³ - Pluies d'été

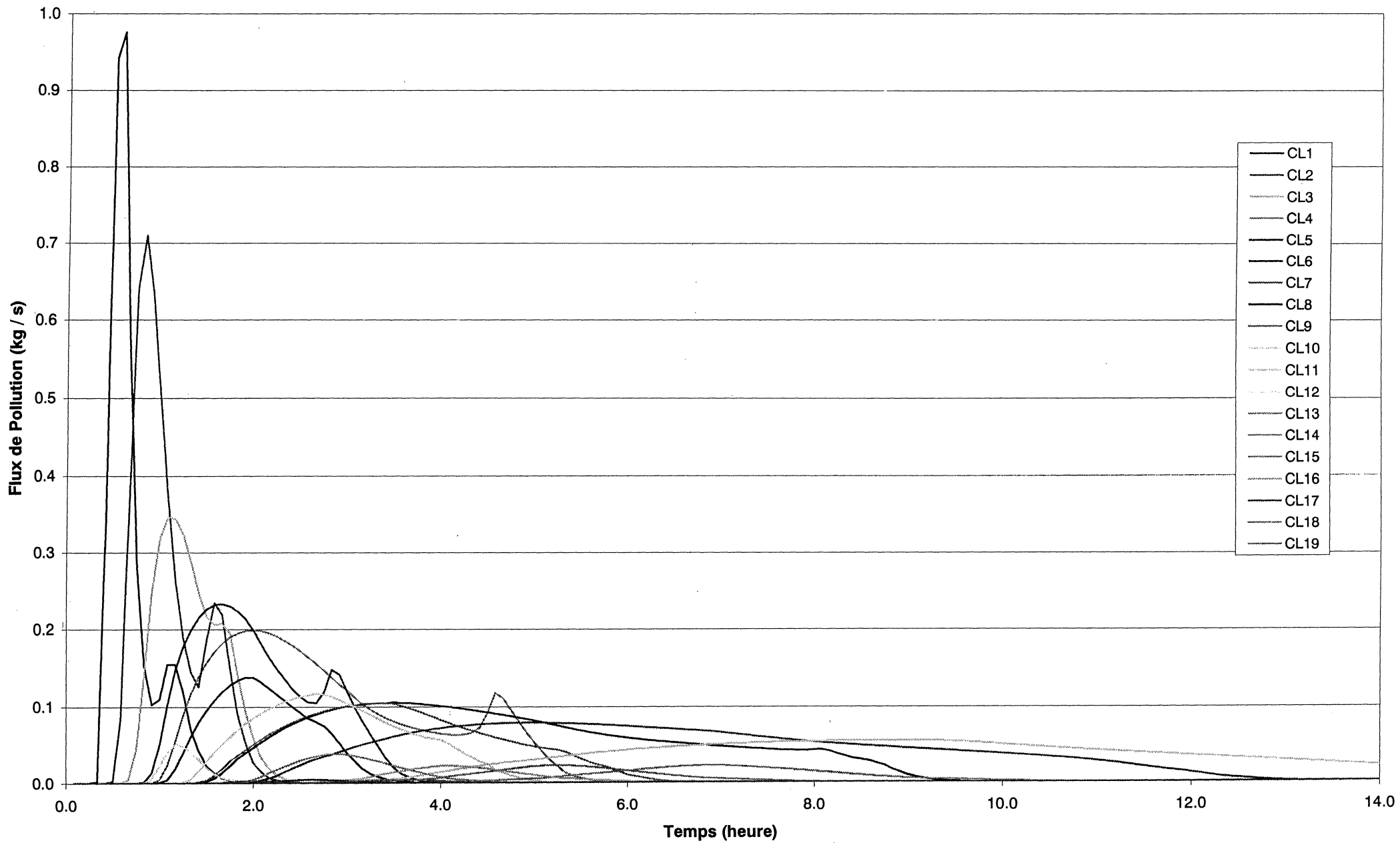


Impact du bassin de 10 000 m³ - Pluies d'hiver



Annexe 3 : Pollutogrammes rejetés au lac (paramètre DCO) pour les différentes classes de pluies

Pollutogrammes déversés au lac - DCO - Etat actuel



Pollutogrammes déversés au lac - DCO - Traitement en ligne seul

