

**ÉTUDES PREALABLES AU CONTRAT DE RIVIERE DU SORNIN -
 LOT 5 : ÉTUDE HYDRAULIQUE -
 COMPLEMENTS DE LA CARTOGRAPHIE DES ZONES INONDABLES
 ET REDUCTION DE LA VULNERABILITE**

**PHASE 2 : SIMULATIONS DE L'ETAT ACTUEL
 SUR MODELES NUMERIQUES**

1. CADRE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE	1
2. ANALYSE HYDROLOGIQUE	2
2.1 Objectif et méthodologie	2
2.2 Caractéristiques physiques du bassin versant du Sornin	2
2.3 Analyse pluviométrique	6
2.3.1 Pluies journalières	6
2.3.2 Pluies de courtes durées	10
2.4 Analyse hydrométrique	13
2.4.1 Les données hydrométriques	13
2.4.2 Ajustement statistique des données hydrométriques	14
2.5 Caractérisation hydrologique de la crue de décembre 2003	17
2.5.1 Episode pluviométrique	17
2.5.2 Données hydrométriques	18
2.6 Modèle pluie débit	19
2.6.1 Présentation du modèle hydrologique PHENIX	19
2.6.2 Méthodes de transformation Pluie-Débit	20
2.6.3 Résultats des simulations	22
2.7 Choix des débits de projet	23
2.8 Estimation des débits de crue rares	24
2.9 Génération d'hydrogrammes: Méthode QdF	26

2.9.1	Présentation de la méthode QDF	26
2.9.2	Utilisation d'un modèle QDF régionalisé	27
2.10	Synthèse hydrologique	29
3.	ANALYSE HYDRAULIQUE	30
3.1	Modélisation hydraulique	30
3.1.1	Construction du modèle	30
3.1.2	Calage et validation	31
3.1.3	Simulations des crues théoriques	35
3.2	Diagnostic hydraulique	37
3.2.1	Zone inondable	37
3.2.2	Fonctionnement hydraulique des ouvrages:	39
4.	ORIENTATIONS D'AMENAGEMENTS	41
ANNEXES		42
Annexe 1.	Annexe pluviométrique	
Annexe 2.	Annexe hydrométrique	
Annexe 3.	Annexe hydrologique	
Annexe 4.	Annexe Hydraulique	
Annexe 5.	Cartographie informative des zones inondables du PPRNI Sornin aval (source DDE42)	

TABLE DES ILLUSTRATIONS

TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques des sous bassins versant du Sornin.....	3
Tableau 2 : Caractéristiques des sous bassins versant du Sornin aux noeuds de calcul	4
Tableau 3 : Inventaire des stations pluviométriques sur ou à proximité du périmètre d'étude	6
Tableau 4 : Présentation des combinaisons de Thiessen testées	7
Tableau 5 : Calcul des coefficients de Thiessen affectés aux stations en fonction des combinaisons	7
Tableau 6 : Résultats de l'ajustement de Gumbel à la pluie bassin.....	10
Tableau 7 : Inventaire des stations pluviographiques à proximité du bassin versant du Sornin.....	10
Tableau 8 : Pluies de courtes durées à St Yan en mm	11
Tableau 9 : Pluies "bassin" de 24h.....	11
Tableau 10 : Pluies de courtes durées retenues sur le bassin du Sornin (en mm).....	12
Tableau 11 : Coefficients de Montana pour les valeurs de pluviométrie représentatives du bassin du Sornin.....	12
Tableau 12 : Hauteurs maximales annuelles du SORNIN à l'ancienne station hydrométrique (données banque hydro 1979-1987et DDE 1992-2004).....	13
Tableau 13 : Valeurs des débits de crue estimés sur le bassin du Sornin.....	22
Tableau 14 : Valeurs des débits de crue estimés sur le bassin du Sornin.....	23
Tableau 15 : Résultats hydrologiques de l'étude BCEOM-2001	23
Tableau 16 : Résultats hydrologiques de l'étude du Rhins, SIEE-2004.....	24
Tableau 17 : Récapitulatif des résultats de la méthode QdF (modèle Soyans).....	29
Tableau 18 : Synthèse des débits de crue	29
Tableau 18 : Résultats de la modélisation hydraulique des crues du Sornin Calage sur l'évènement de décembre 2003.....	34
Tableau 19 : Diagnostic des ouvrages	40

1. CADRE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

Lors des pluies intenses de début décembre 2003 (et plus récemment au cours du mois d'avril 2005), les débordements du Sornin ont à nouveau causé de très nombreux dommages au droit des communes qu'il traverse sur son cours aval.

La rivière du Sornin et certains de ces affluents ont déjà fait l'objet d'analyses hydrologique et hydraulique, menées par la DDE de Loire, notamment dans le cadre de la réalisation du Plan de Prévention des Risques d'inondation, approuvé au cours du premier trimestre 2005, sur les 5 communes aval de la Loire (*ST DENIS DE CABANNES, CHANDON, CHARLIEU, ST NIZIER SOUS CHARLIEU, POUILLY SOUS CHARLIEU*).

Dans le cadre du contrat de rivière du Sornin, la Communauté de Communes du Pays de Charlieu, avec le concours de la Communauté de Communes du Canton de Chauffailles, la DDE de Loire et les différents partenaires, souhaite engager une démarche globale relative à la connaissance et à la prévention des risques naturels en matière d'inondation, sur l'ensemble des communes concernées, visant à la protection des lieux habités.

Il s'agit donc de compléter les études antérieures du PPRi sur le Sornin aval à la fois :

- **géographiquement** : en intégrant le tronçon de cours d'eau situé en amont, sur le département de la Saône et Loire, jusqu'à la confluence avec le Mussy (*SUR LES COMMUNES DE SAINT MAURICE-LES-CHAUTEAUNEUF, CHATEAUNEUF, ST MARTIN DE LIXY, SAINT EDMOND*);
- **et techniquement** : au-delà de la définition des zones inondables, il s'agit aujourd'hui de tirer toutes les leçons des derniers événements catastrophiques qui ont touché le Sornin, et d'étudier l'ensemble des solutions possibles pour assurer une protection des lieux habités existants et de maîtriser l'avenir.

Le périmètre d'étude concerne les rives du Sornin le long des 9 communes précitées, depuis la confluence avec le Mussy à l'amont, jusqu'à la Loire à l'aval.

L'objet de la présente étude est donc double :

- Compléter la cartographie des zones inondables sur l'ensemble du Sornin depuis la confluence avec le Mussy jusqu'à l'amont de *ST DENIS DE CABANNES*;
- Proposer et dimensionner des aménagements hydrauliques pour limiter l'impact des inondations au droit des zones urbaines.

Le présent document (qui fait suite au document de phase 1 sur le recueil et la synthèse des données de base) constitue le rapport définitif de **phase 2**, relatif aux étapes de **simulations sur modèles hydrologique et hydraulique** des écoulements actuels du Sornin, en préalable à la définition des possibilités de réduction du risque (phase 3).

2. ANALYSE HYDROLOGIQUE

2.1 OBJECTIF ET METHODOLOGIE

L'étude hydrologique a pour but la détermination des débits et hydrogrammes de crues décennale, trentennale et centennale du Sornin et de ses principaux affluents sur le périmètre d'étude.

Le bassin du Sornin comporte une seule station limnimétrique, située sur l'aval du bassin, à Charlieu, au pont de Tigny.

Sur ce bassin ou à proximité, il existe 7 stations pluviométriques sur lesquelles nous disposons des chroniques de précipitations journalières sur la période d'observation, fournies par la banque PLUVIO de Météo-France.

Ne disposant pas, sur ces stations de données relatives aux pluies de courte durée sur une période suffisante, celles-ci seront fournies par la station de St Yan, à partir desquelles on estimera les coefficients locaux de la loi de Montana qu'on ajustera simplement à la pluie de référence retenue sur le bassin versant du Sornin.

L'étude hydrologique sur le bassin du Sornin est donc basée sur une analyse de la pluviométrie et l'utilisation des méthodes de transformation pluie-débit telles que SCS (Soil Conservation Service), confrontées aux ajustements des mesures hydrométriques.

2.2 CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU BASSIN VERSANT DU SORNIN

Le SORNIN prend sa source dans le Haut-Beaujolais à 1000 m d'altitude. Il traverse successivement les départements du Rhône, de la Saône et Loire, et de la Loire, sur une longueur totale d'environ 53 km jusqu'à la confluence avec la LOIRE et draine un bassin versant de 520 km².

Le bassin versant du Sornin a fait l'objet d'un découpage en sous bassins versants dont les contours ont été délimités à partir de la carte IGN au 1/25000, des informations topographiques disponibles et des observations faites sur le terrain.

Sur le périmètre d'étude, le Sornin est alimenté par 5 affluents majeurs, d'amont en aval:

- le Mussy qui draine un bassin versant, couvrant une superficie de 53 km², et rejoint le Sornin en rive gauche en amont de St Maurice-les-Chateauneuf,
- le Botoret, drainant une superficie de 101 km², qui se jette également en rive gauche du Sornin à la traversée de St Denis de Cabanne,
- le ruisseau des Equetteries, affluent rive droite (19 km²)
- le Bézo, qui draine 63 km² et rejoint le Sornin en rive droite à l'amont du centre ville de Charlieu,
- le Chandonnet (37 km²), qui rejoint la rive gauche du Sornin au niveau du pont de Tigny.

Le bassin versant du Sornin a donc été divisé en conséquence et pour les besoins de la modélisation hydraulique, en 11 entités, reportées sur la carte ci-après.

Les bassins versants du Sornin et de ses affluents sont boisés sur leur partie amont (zones naturelles de forêt), puis essentiellement recouverts de prairies sur leur majeure partie. Les traversées urbaines sont ponctuelles et l'habitat y est regroupé. Le bassin versant présente des possibilités d'expansion de crues surtout dans la partie aval.

Si sur la partie amont de son bassin, le SORNIN présente un caractère montagneux avec des pentes importantes dans le département du Rhône sur un linéaire de 15 km, sur la partie étudiée, il s'écoule dans une plaine alluviale avec des pentes plus douces.

Les principales caractéristiques physiques des sous-bassins versants du Sornin sont présentées dans les tableaux ci-après.

Tableau 1 : Caractéristiques des sous bassins versant du Sornin

Nom du sous bassin versant	Label	Superficie (km ²)	Longueur (km)	Dénivelée (m)	Occupation des sols	t _c ¹ (heures)
Somin amont	BV1	191.2	31.4	650	➤ Boisé sur l'amont, prairie	13
Mussy	BV2	52.7	20.3	320	➤ Boisé sur l'amont 60%, prairie 40%	10
Botoret	BV3	100.8	23.4	520	➤ Boisé sur l'amont - Prairie - zone urbanisée 5%	10
Somin intermédiaire 1	BV4	17.5	9.2	120	➤ Prairie - zone urbanisée ponctuelle	6
Bézo	BV5	62.9	18.3	185	➤ Boisé sur l'amont - Prairie	11
Ruisseau des Equetteries	BV6	18.8	11.1	117	➤ Boisé sur l'amont - Prairie	7
Somin intermédiaire 2	BV7	7.4	6.8	190	➤ Prairie - - zone urbanisée 5%	3
Chandonnet	BV8	37.1	16.4	385	➤ Boisé sur l'amont - Prairie	7
Somin intermédiaire 3	BV9	10.0	4.4	95	➤ Prairie 80% - Forêt - Zone urbanisée 15%	3
Ruisseau d'Aillant	BV10	13.4	8.1	180	➤ Prairie 95% - forêt 5%	4
Somin aval	BV11	5.7	2.9	105	➤ Prairie 85% - Zone urbanisée 15%	2
Somin global	BV global	520	53.9	695	➤ Boisé sur l'amont - Prairie dominante	23

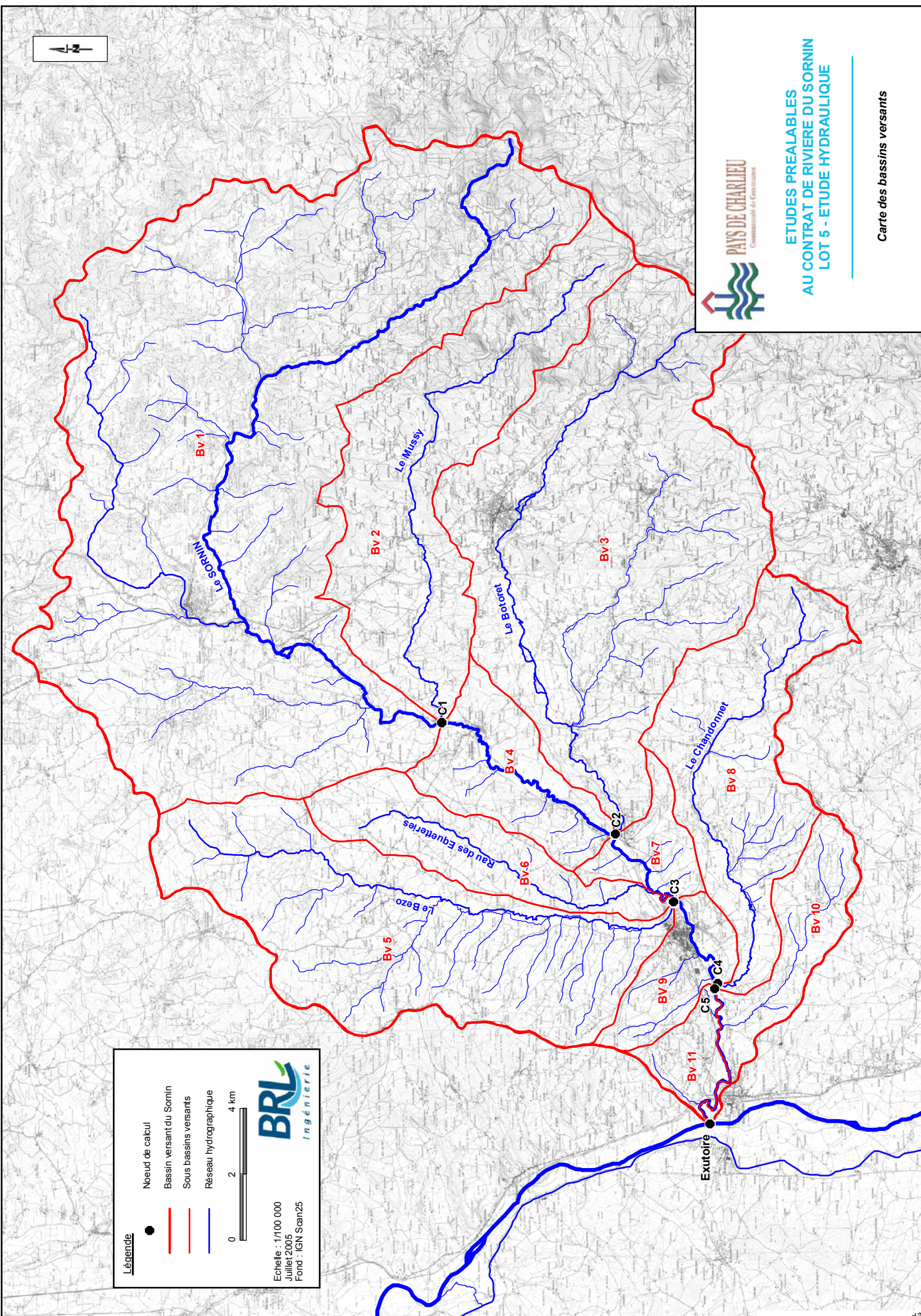
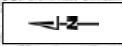
¹ NB : les temps de concentration reportés ont été calculé à partir de la méthode SCS et arrondis à l'unité horaire.

L'étude hydrologique est réalisée par rapport aux points de calculs et non pas uniquement par rapport à chaque sous bassin versant pris isolément. La carte en page suivante permet de localiser les sous bassins versants et les points de calcul.

Les caractéristiques morphométriques des bassins versants en amont des points de calcul hydrologique sont résumées dans le tableau page suivante.

Tableau 2 : Caractéristiques des sous bassins versant du Sornin aux noeuds de calcul

Localisation	Noeud	Superficie (km ²)	Longueur (km)	Dénivelée (m)	Occupation des sols
Confluence Mussy	C1	244	31.4	650	➤ Boisé sur l'amont, prairie
Confluence Botoret	C2	362	39.3	670	➤ Boisé sur l'amont 60%, prairie 40%
Confluence Equetteries	C3	388	43.1	680	➤ Boisé sur l'amont - Prairie - zone urbanisée 5%
Confluence Bézo	C3_av	451	44.0	680	➤ Prairie - zone urbanisée ponctuelle
Station hydrométrique	C4	457	46.8	685	➤ Prairie - zone urbanisée ponctuelle
Confluence Chandonnet	C5	493	47.0	685	➤ Boisé sur l'amont - Prairie
Exutoire	exutoire	520	53.0	685	➤ Prairie - - zone urbanisée 5%



Légende

- Noeud de calcul
- Bassin versant du Sornin
- Sous bassins versants
- Réseau hydrographique

0 2 4 km

BRL
Ingénierie

Echelle : 1/100 000
Juillet 2005
Fond : IGN Scan25



**ETUDES PREALABLES
AU CONTRAT DE RIVIERE DU SORNIN
LOT 5 - ETUDE HYDRAULIQUE**

Carte des bassins versants

2.3 ANALYSE PLUVIOMETRIQUE

2.3.1 Pluies journalières

L'objectif de l'analyse des pluies journalières a été porté sur la détermination d'une pluie homogène de référence applicable à l'ensemble du bassin versant (pluie bassin), offrant une bonne représentativité géographique et une durée d'observation suffisante pour effectuer des ajustements statistiques fiables.

LES DONNEES PLUVIOMETRIQUES

Il existe 6 stations pluviométriques gérées par Météo France réparties géographiquement sur le bassin versant du Sornin et de périodes d'observations diverses, ainsi qu'une station en limite Nord-Ouest extérieure :

Tableau 3 : Inventaire des stations pluviométriques sur ou à proximité du périmètre d'étude

Station pluviométrique	Code météo	X (Lambert II étendu)	Y (Lambert II étendu)	Altitude (m NGF)	Période d'observation
St Denis de Cabannes	42215001	745100	2131900	295	1950-2004
Chaufailles	71120001	755300	2135700	440	1975-2004
Briant	71060001	740900	2146600	390	1977-2004
Propières	69161001	764100	2135700	680	1985-2004
La Clayette	71133001	751700	2145200	380	1974-1992
Charlieu	42052002	741700	2130300	279	1993-2004
Baudemont	71022001	751100	2143900	337	1999-2004

Les chroniques des pluies journalières maximales mensuelles ont été récoltées auprès de Météo France, sur ces 7 stations pluviométriques sur l'ensemble de la période d'observation.

Afin de pouvoir déterminer convenablement, par des ajustements statistiques, les pluies de période de retour importantes (10, 30 ou 100 ans) sur le bassin versant, il est indispensable de disposer des séries de relevés suffisamment importantes. Ceci n'est pas le cas pour plusieurs stations dont les années d'observations sont inférieures à quinze ans.

En conséquence, la première étape dans l'analyse de ces données a consisté à déterminer si la pluie sur l'ensemble du bassin versant (520 km²) peut être convenablement représentée à partir des seules stations pour lesquelles nous disposons des plus grandes plages de données, tout en maintenant une bonne représentativité géographique.

ZONES D'INFLUENCE DES STATIONS PLUVIOMETRIQUES

La méthode des polygones de Thiessen a été utilisée pour définir la zone d'influence de chacun des postes pluviométriques. Cette méthode permet de tenir compte de la variabilité spatiale de la pluie sur le bassin versant.

Cette opération consiste à tracer la médiatrice sur chaque droite reliant 2 stations pluviométriques. Le rapport des surfaces des différents polygones, délimités par le contour du bassin versant et la médiatrice, est alors déterminé.

Ces rapports permettent de pondérer les données de chaque station et représenter une série que l'on supposera représentative de la pluviométrie sur le bassin du Sornin.

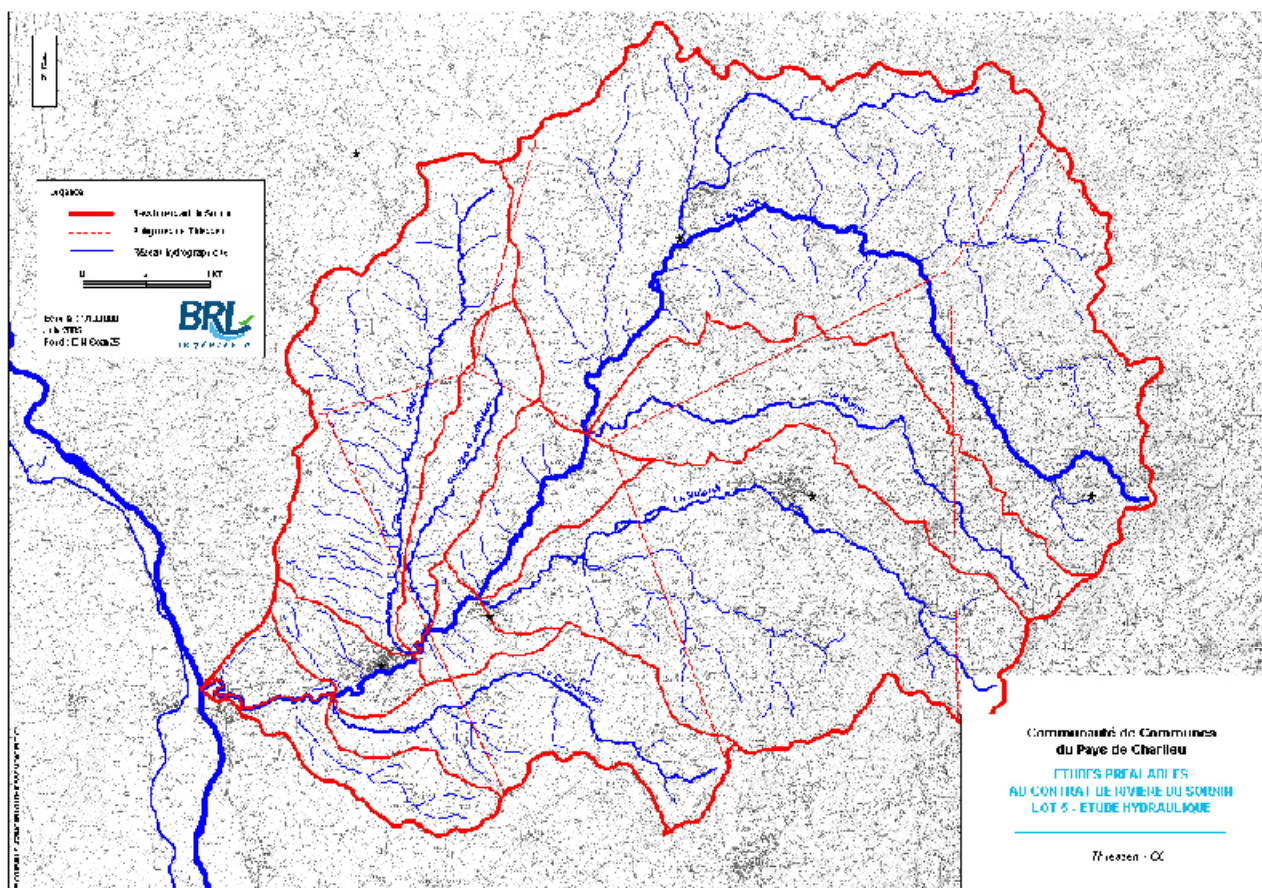
Compte tenu de la disparité des durées d'observation des stations, la méthode des polygones de Thiessen a été appliquée pour différentes combinaisons de stations pluviométriques retenues:

Tableau 4 : Présentation des combinaisons de Thiessen testées

Combinaison	Stations prises en compte	Période d'observation commune
C1	St Denis de C./ Chauffailles	1975-2004
C2	St Denis de C./ Chauffailles / Briant	1977-2004
C3	St Denis de C./ Chauffailles / Briant / La Clayette / Propières,	1985-1992
C4	St Denis de C./ Chauffailles / Briant / Propières / Charlieu	1985-2004
C5	St Denis de C./ Chauffailles / Briant / Propières / Baudemont	1998-2004
C6	St Denis de C./ Chauffailles / Briant / Propières / Charlieu / Baudemont	1998-2004

Tableau 5 : Calcul des coefficients de Thiessen affectés aux stations en fonction des combinaisons

	St Denis de C.	Chauffailles	Briant	La Clayette	Propières	Charlieu	Baudemont
C1	39%	61%					
C2	31%	54%	15%				
C3	30%	23%	7%	26%	14%		
C4	20%	37%	15%		17%	11%	
C5	30%	23%	7%		14%		26%
C6	19%	22%	7%		14%	11%	27%



DETERMINATION D'UNE PLUIE BASSIN

Au regard de ces combinaisons, différents tests de corrélation ont été réalisés, sur les périodes d'observations communes aux différentes stations, sur la base des données pluviométriques disponibles (chroniques des pluies journalières sur chaque station).

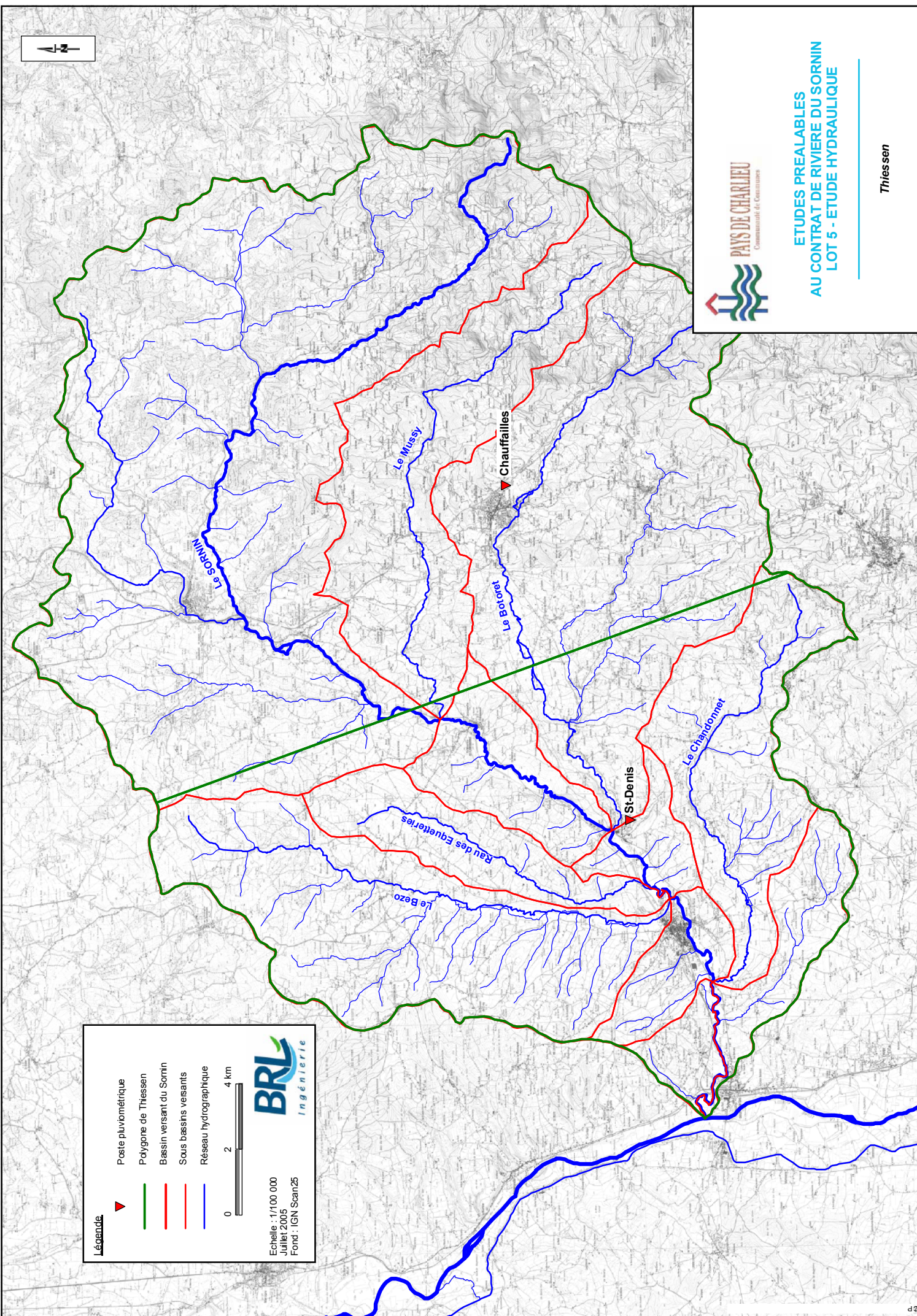
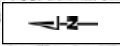
Il s'agissait de déterminer la combinaison qui offre le meilleur compromis entre la représentativité géographique et une durée suffisante pour effectuer des ajustements statistiques.

Au regard de ces résultats, les stations pluviométriques retenues comme représentatives de la pluie sur l'ensemble du bassin versant sont celles de St Denis de Cabanne et de Chauffailles (combinaison C1) qui ont une plage de données commune de 30 années (1975-2004), avec la répartition géographique suivante:

- 39% St Denis de Cabanne
- 61% Chauffailles.

Ces rapports permettent de pondérer les données journalières de chaque station et représenter une nouvelle série de pluies journalières que l'on retiendra comme représentative de la pluviométrie sur le bassin du Sornin.

Les valeurs maximales des pluies journalières "bassin" ainsi déterminées à partir des stations de St Denis et de Chauffailles sont fournies en annexe 1.1. La cartographie des polygones de Thiessen retenus figure ci-après.



Légende

- ▲ Poste pluviométrique
- Polygone de Thiessen
- Bassin versant du Sornin
- Sous bassins versants
- Réseau hydrographique

0 2 4 km

BRL
Ingénierie

Echelle : 1/100 000
Juillet 2005
Fond : IGN Scan25



**ETUDES PREALABLES
AU CONTRAT DE RIVIERE DU SORNIN
LOT 5 - ETUDE HYDRAULIQUE**

Thiessen

AJUSTEMENT STATISTIQUE DE GUMBEL DES PLUIES MAXIMALES JOURNALIERES

Les pluies journalières maximales ont été ajustées à une loi de Gumbel:

Tableau 6 : Résultats de l'ajustement de Gumbel à la pluie bassin

Période de retour	Pluie journalière maximale (mm)
5 ans	63 mm
10 ans	73 mm
30 ans	88 mm
100ans	104 mm

ajustements peu fiables compte tenu de la durée d'observation

2.3.2 Pluies de courtes durées

LES DONNEES PLUVIOGRAPHIQUES

Parmi les stations pluviométriques du bassin, seule la station de Baudement est équipée d'un pluviographe automatique à transmission différée, qui enregistre les pluies à des pas de temps inférieurs à la journée, mais elle présente l'inconvénient d'une série d'observation très courte (6ans) ne permettant pas d'ajustements statistiques. Les postes pluviographiques disposant d'une série d'observation plus longue les plus proches du bassin versant du Sornin sont :

Tableau 7 : Inventaire des stations pluviographiques à proximité du bassin versant du Sornin

Station pluviographique	Code météo	X (Lambert II étendu)	Y (Lambert II étendu)	Altitude (m NGF)	Période d'observation
St Yan	71491001	729900	2158900	242	1955-2004
Matour	71289001	765000	2147200	415	1990-2004

La station de St Yan est la station pluviographique la plus proche à disposer de données relatives aux pluies de courtes durées sur une durée suffisante pour permettre des ajustements statistiques. Elle sera donc utilisée comme station de référence, un ajustement sera ensuite fait à partir de la comparaison des pluies sur 24 h.

Les ajustements des pluies de durée 1, 2, 3, 6, 12 et 24 heures y ont été récoltées auprès du centre départemental de MétéoFrance, ainsi que les chroniques des pluies journalières maximales mensuelles.

Les ajustements de Gumbel ainsi recueillis à la station de St Yan sont les suivants:



Tableau 8 : Pluies de courtes durées à St Yan en mm

Période de retour T	Durée de la pluie					
	1 heure	2 heures	3 heures	6 heures	12 heures	24 heures
5ans	25.1	27.4	31.6	41.2	45.5	53.8
10ans	29.8	31.9	37.2	45.6	48.9	58.0
30ans	38	40.4	47.2	50.8	52.8	62.6
100ans	48.7	52.8	60.4*	55	55.9	65.9

* : valeur douteuse

ESTIMATION DES PLUIES DE COURTES DUREES SUR LE BASSIN VERSANT DU SORNIN

Ne disposant pas de données relatives aux pluies de courtes durées suffisantes sur le bassin du Sornin, ces données ont été déterminées à partir des données de St Yan, ajustées à partir des pluies sur 24 heures.

La transformation des pluies journalières en pluies de 24h est réalisée de la manière suivante:

$$P_{24h} = 24/21 P_J$$

(Coefficient de Weiss pour le passage des pluies journalières en pluies de 24h)

Cette opération a été appliquée à la pluie bassin:

Tableau 9 : Pluies "bassin" de 24h

Période de retour	Pluie "bassin" 24h(mm)
5 ans	72 mm
10 ans	83 mm
30 ans	101 mm
100ans	119 mm

ajustements peu fiables compte tenu de la durée d'observation

Le ratio des pluies 24h avec celles observées à la station de St Yan (voisin de **1,4**) a été appliqué aux pluies de St Yan, pour estimer les pluies de courtes durées du bassin versant du Sornin de la manière suivante :

$$H_{t,T(BV-Sornin)} = \frac{P_{24H(BV-Sornin)}}{P_{24H(StYan)}} \times H_{t,T(StYan)}$$

Tableau 10 : Pluies de courtes durées retenues sur le bassin du Sornin (en mm)

T	Durée					
	1 heure	2 heures	3 heures	6 heures	12 heures	24 heures
5ans	35.1	38.4	44.2	57.7	63.7	75.3
10ans	41.7	44.7	52.1	63.8	68.5	81.2
30ans	53.2	56.6	66.1	71.1	73.9	87.6
100 ans	68.2	73.9	84.6*	77.0	78.3	92.3

■ : valeur douteuse

PARAMETRES DE LA LOI DE MONTANA

Les valeurs ci-dessus ont permis de caler les paramètres locaux d'une loi de Montana, qui s'écrit :

$$P(T) = a(T) * d^{1-b(T)}$$

Où:

- T: période de retour de la pluie (an),
- d: durée de la pluie (heure),
- a, b: coefficients de Montana de période de retour T,
- P(T): pluie en mm de période de retour T

Tableau 11 : Coefficients de Montana pour les valeurs de pluviométrie représentatives du bassin du Sornin

Période de retour	a Montana	b Montana
5 ans	34,11	0,75
10 ans	40,77	0,78
30 ans	53,14	0,85

2.4 ANALYSE HYDROMETRIQUE

2.4.1 Les données hydrométriques

Les données de l'unique station hydrométrique située sur le Sornin, à TIGNY en aval de CHARLIEU (station K1063010), ont été recueillies sur la banque HYDRO: chronique des débits maximaux mensuels pour la période 1969-1986.

Les données de cette station ne sont plus retransmises à la banque HYDRO depuis 1987.

Les données de la banque HYDRO (18 années) ont été complétées à partir des hauteurs maximales des crues relevées par la subdivision de la DDE de Charlieu, de 1987 à 2004. Ces hauteurs (supérieures à 1,6m) ont été retranscrites en valeurs de débit, sur la base de la même courbe de tarage que celle utilisée dans la banque HYDRO.

Tableau 12 : Hauteurs maximales annuelles du SORNIN à l'ancienne station hydrométrique (données banque hydro 1979-1987et DDE 1992-2004)

Date de la crue	Hauteur maximale (m)
19 novembre 1975	2.18
13 février 1976	2.05
17 février 1978	2.17
24 mai 1979	1.93
6 décembre 1980	1.67
20 janvier 1981	2.31
6 janvier 1982	2.25
26 avril 1983	2.65
5 octobre 1984	1.7
9 mai 1985	2.55
22 avril 1986	2.15
15 juin 1987	1.94
4 avril 1992	2.22
21 novembre 1992	2.38
6 octobre 1993	2.36
11 janvier 1994	2.24
janvier 1995	1.92
14 novembre 1996	2.52
janvier 1997	1.62
27 avril 1998	2.78
9 février 1999	2.30
21 février 1999	2.24
18 mai 1999	2.26
novembre 2000	1.84

Date de la crue	Hauteur maximale (m)
5 mai 2001	2.52
24 novembre 2002	2.25
3 décembre 2003	2.44
4 février 2004	2.42
Avril 2005	2.5

2.4.2 Ajustement statistique des données hydrométriques

Différents type d'ajustements ont été réalisés sur la base des données hydrométriques:

- Ajustement de Gumbel sur la base des Maxima annuels , sur la période 1969-1986,
- Ajustement Log-Normale sur la base des Maxima annuels sur la période 1969-1986,
- Méthode du renouvellement sur la série complétée à partir des hauteurs observées à l'échelle, sur la période globale 1969-2004, avec un seuil de 70 m³/s (correspondant aux hauteurs relevées à l'échelle supérieures à 1,7m).

2.4.2.1 Recensement des méthodes

Les différents ajustements statistiques applicables à des débits de crue et mis en œuvre dans la présente étude à partir du logiciel Hydrostat présenté en annexe 2.1, sont explicités ci-dessous.

LOI DE GUMBEL

La fonction de répartition de cette loi s'écrit :

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{x-x_0}{g}}}$$

où x_0 est le paramètre de position (mode) et g est appelé le "gradex".

LOI LOG NORMALE

La fonction de répartition de cette loi s'écrit :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2.\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}}$$

ou $u=(x-m)/s$ est la variable réduite de Gauss. Les ordonnées étant présentés sur une échelle logarithmique.

LOI DE LOG-PEARSON

La fonction de répartition de cette loi s'écrit :

$$F(y) = \int_{-\infty}^y \frac{\lambda^\beta (y - y_0)^{\beta-1} e^{-\lambda(y-y_0)}}{\Gamma(\beta)}$$

où $y = \log(x)$. C'est une loi Gamma à trois paramètres. Des formules simplifiées et des tableaux existent permettant de déterminer $Q(T) = m + K(T) \cdot s$ en fonction de m , s et T (moyenne, écart-type et période de retour).

METHODE DU RENOUVELLEMENT

Par rapport à la méthode des Maxima Annuels, la méthode du Renouvellement a l'avantage de tenir compte de tous les événements qui dépassent une certaine amplitude. De cette façon les événements importants figurent dans l'échantillon, et ceux qui sont mineurs ne s'y trouvent pas, ce qui améliore l'homogénéité des séries. La suite de ses événements forme alors un processus de renouvellement.

On combine ainsi deux aléas: l'occurrence dans le temps des événements dépassant un seuil s_0 et l'amplitude des événements qui dépasse ce seuil.

La probabilité $F(Q)$ pour qu'une crue X , la plus de l'année, ne dépasse pas une valeur Q est:

$$F(Q) = \sum_{n=0}^{\infty} P(n) \cdot G(Q)^n$$

où:

- n : nombre d'événement au cours de l'année,
- $P(n)$: probabilité d'avoir n événements dans l'année, estimable par la loi de Poisson,
- $G(Q)$: fonction de répartition d'une loi statistique type Exponentielle ou Weibull.

Les paramètres à estimer sont normalement:

- μ : nombre moyen par an des événements, paramètre de la loi de Poisson,
- Paramètre de la loi Exponentielle ou ceux de Weibull (voir ci-dessus)

Le choix du seuil s_0 est assez délicat: il faut le choisir assez bas pour avoir suffisamment d'événements, mais pas trop tout de même afin d'avoir une bonne indépendance entre les événements.

2.4.2.2 Ajustements statistiques sur les données hydrométriques

Les ajustements explicités précédemment ont été appliqués sur les valeurs instantanées de débits (maxima annuels ou mensuels).

Les résultats détaillés sont fournis en annexe 2.2.

Un tableau synthétique présentant les valeurs obtenues ainsi que les limites basses et hautes de l'intervalle de confiance à 80 % (IC 80%) est présenté ci-après:

Ajustement réalisé	Longueur de la série	Résultats			
		Q10 (m3/s)	IC80% [inf;sup]	Q30 (m3/s)	IC80% [inf;sup]
Gumbel	18	252	[209 ; 323]	327	[268 ; 438]
Log-Normale	18	300	[227 ; 436]	458	[329 ; 728]
Log-Pearson	18	262	[201 ; 371]	317	[239 ; 467]
Renouvellement seuil 70 m3/s	53	293	[259 ; 326]	384	[338 ; 430]

COMMENTAIRES

Intervalle de confiance : l'amplitude de l'intervalle de confiance est d'autant plus faible que la longueur de la série de données est longue. Il dépend aussi de la qualité de l'ajustement : plus la loi est adaptée à la série de donnée et plus l'intervalle de confiance est réduit. Sur ce point, on constate que le meilleur ajustement est celui effectué selon la méthode du renouvellement . La loi log-normale est peu adaptée à l'échantillon.

Valeurs obtenues : pour la période de retour décennale, les valeurs obtenues par les trois ajustements (Gumbel, Log-Pearson et renouvellement) sont cohérentes. Ceci s'explique par les longueurs des séries de données qui sont largement supérieures à 10 ans. Pour la période de retour trentennale, les valeurs obtenues sont plus divergentes. L'ajustement qui paraît le plus adapté est la méthode du renouvellement, qui permet de prendre en compte une série beaucoup plus longue, complétée jusqu'en 2004 sur la base des hauteurs maximales relevées tous les mois à l'échelle du pont de Tigny, au-delà d'un certain seuil.

Validité :

Les valeurs des débits résultant de l'ajustement statistique des données hydrométriques semblent relativement fortes, au regard des caractéristiques du bassin versant et des débits spécifiques estimés sur des bassins versants voisins et similaires (débit décennal < 0.3 m³/s/km² pour 0,6 m³/s/km² résultant de l'ajustement). Un rapprochement auprès de la DIREN Rhône-Alpes, ancien gestionnaire de la station, a permis de confirmer la sur-estimation de ces résultats: la courbe de tarage (n°C9736) valide du 31/12/1979 au 17/01/1988, utilisée pour la reconstitution des débits maximaux instantanés disponibles sur la banque HYDRO, apparaît comme fortement douteuse. En effet, ce barème n'est basé que sur deux seuls jaugeages datant :

- du 19/11/76 à 141 m³/s pour 207 cm
- du 21/02/78 à 26 m³/s pour une hauteur de 128 cm.

Or si les vérifications postérieures, notamment par modélisation hydraulique dans le cadre des études préalables au PPRNI, ont montré que le jaugeage à 26 m³/s a pu être reproduit, celui à 141 m³/s paraît très fortement surestimé : il conduirait à une vitesse dans le lit mineur sans débordement à 4.5 m/s. L'extrapolation de la courbe de tarage proposée par la DIREN apparaît donc très douteuse. Une nouvelle courbe de tarage issue des résultats de la modélisation mathématique mis en œuvre en préalable au PPRNI a été estimée, et conduit à des débits 3 fois moindres .

2.5 CARACTERISATION HYDROLOGIQUE DE LA CRUE DE DECEMBRE 2003

La crue de décembre 2003 constitue l'un des événements majeurs les plus marqués dans les mémoires, de part son ampleur catastrophique et sa date récente.

2.5.1 Episode pluviométrique

Les données recueillies en phase 1 de la présente étude sont rappelées ci-après:

Le cumul pluviométrique observé les 2 et 3 décembre à St Denis de Cabannes a atteint **103,3mm** (données fournies par M.Lefranc, observateur météo habitant à Saint Denis de Cabannes):

	30-nov	01-déc	02-déc
Pluviométrie (mm)	3,3	103,3	
Température (°C)	14	7	7
Temps hydrométrique	humide	humide	humide
Vent	sud	sud	sud

Ce deuxième tableau est distribué par Météo France récoltant les données météorologiques à la station de la DDE à Charlieu.

	25-nov	26-nov	27-nov	28-nov	29-nov	30-nov	01-déc	02-déc	03-déc
Pluviométrie (mm)	0,4	25	9,8	0	5	4,2	79,8	30,8	0
Température mini (°C)	1,8	2,7	5,5	3,1	-3,8	5,3	5,6	5,3	4,3
Température maxi (°C)	13,5	12,3	6,8	5,3	8,3	14,7	14,5	7,6	7,6
Vent (m/s)	6	6	11	7	5	14	16	5	4
Humidité mini (%)	69	54	97	92	69	71	66	99	99
Humidité maxi (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100

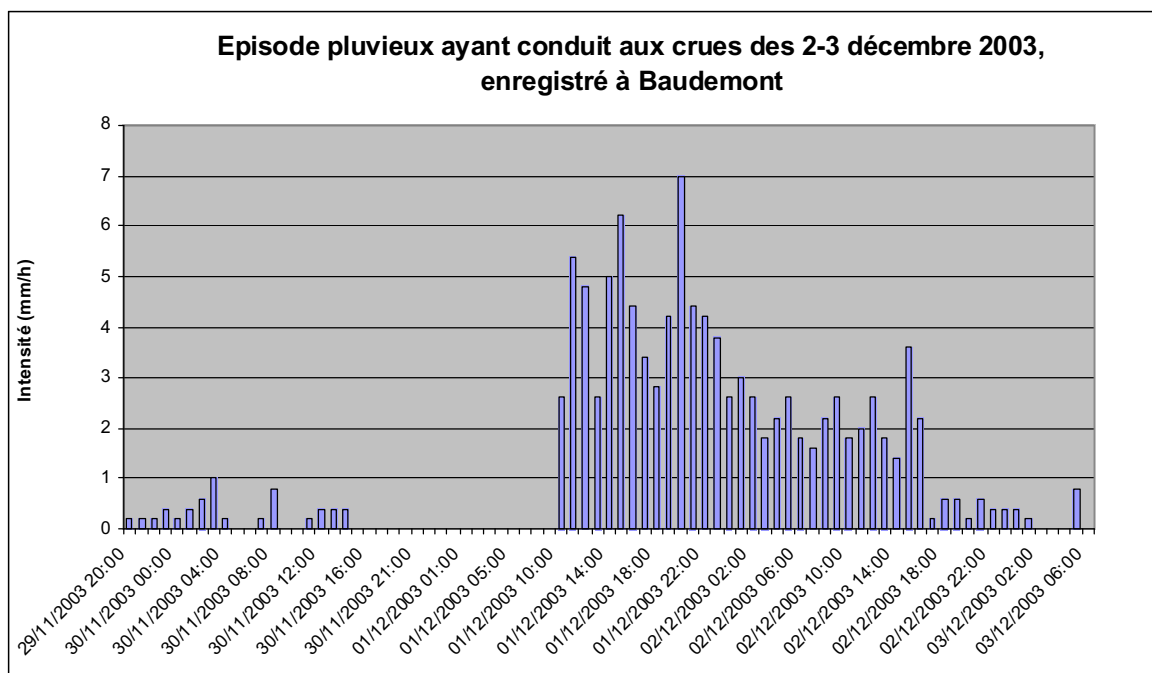
L'épisode pluviométrique de décembre 2003 est remarquable par la rapidité à laquelle la masse d'eau est tombée sur le secteur : **110,6 mm** en 48 heures (enregistrement débutant à 7 heures du matin pour chaque jour).

Les cumuls observés aux stations MétéoFrance de Baudemont et Chauffailles atteignent:

- 103.6mm en 48 h pour Baudemont,
- et 113,6mm à Chauffailles:

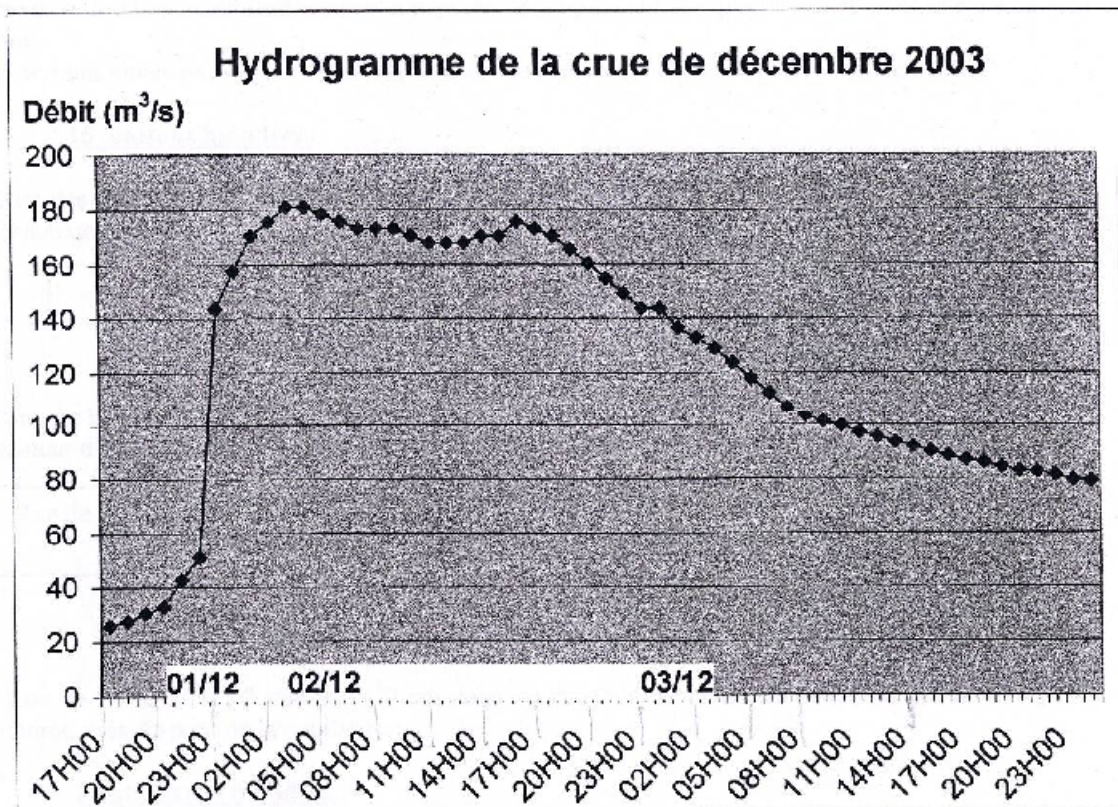
	01-déc	02-déc	Total
Pluviométrie Baudemont (mm)	81,2	22,4	103,6
Pluviométrie Chauffailles (mm)	92,0	21,6	113,6

La chronique des pluies horaires enregistrées au poste pluviographique de Baudemont, de mi-novembre 2003 à mi-décembre 2003, a été recueillie par nos soins auprès du centre départemental de MétéoFrance de Saône et Loire. Ces données couvrent l'épisode pluvieux majeur ayant conduit aux crues des 2 et 3 décembre 2003.



2.5.2 Données hydrométriques

Les données limnimétriques enregistrées à la "nouvelle" station automatique de Tigny en rive gauche du Sornin en aval du ruisseau du Chandonnet, gérée par la DIREN Centre et le Service d'annonces des crues de la DDE de la Loire depuis 1992, ont permis de reconstituer l'hydrogramme de la crue au droit de la station (source: DDE42):



Cet hydrogramme se caractérise par un temps montée rapide : le 1 décembre, en 10 minutes, le débit passa de 51 m³/s à 127 m³/s (à 22h) puis augmenta pour arriver à sa valeur maximale de **183 m³/s** le 2 décembre à 3h10 du matin.

Le débit diminua d'environ 10 m³/s pendant la journée du 2 décembre et un deuxième pic de 175 m³/s fut constaté vers 16h00.

Les valeurs commencèrent à diminuer en fin de journée du 2 décembre pour retrouver le Sornin dans son lit le 3.

Sur l'ancienne station équipée d'un limnigraphe à flotteur permettant d'identifier les hauteurs maximales connues sur le Sornin, le niveau maximal a atteint **2.48m** à l'échelle le 1^{er} décembre, suivi d'un second pic à **2.44m** le 3 décembre (cf limnigramme transmis par M CHAMBAT, observateur de la DDE de Charlieu, en annexe 2.3).

2.6 MODELE PLUIE DEBIT

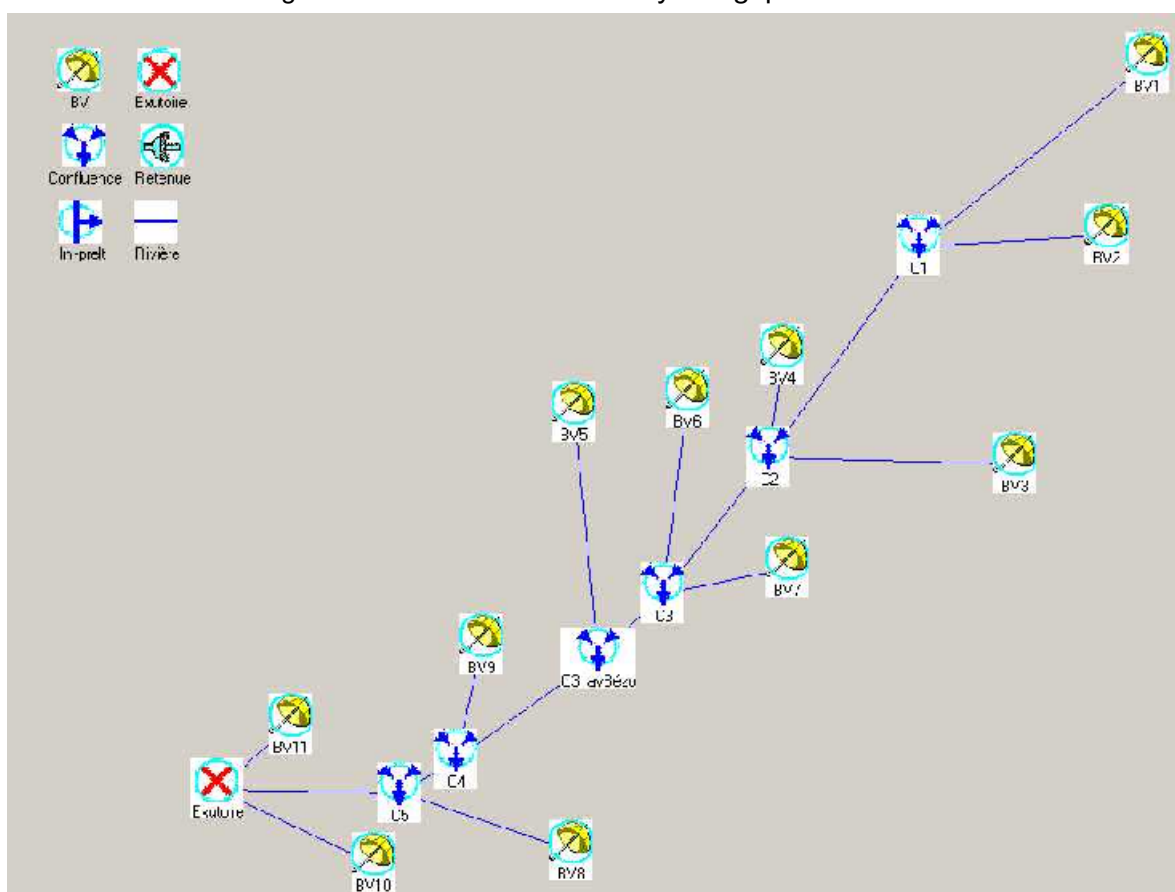
2.6.1 Présentation du modèle hydrologique PHENIX

Une modélisation hydrologique du bassin versant du Sornin a été mise en œuvre à l'aide du logiciel PHENIX (Propagation Hydrologique des Evénements d'Intensité eXtrême) . PHENIX est un logiciel de modélisation hydrologique de la formation et de la propagation de crue sur un bassin versant qui permet de :

- déterminer un hydrogramme à l'exutoire d'un sous bassin versant à partir de données pluviométriques (transformation pluie - débit) ;
- propager un hydrogramme dans un tronçon de cours d'eau (routage) ;
- composer les hydrogrammes au niveau d'une confluence / défluece ;
- déterminer les débits aux points de calculs d'un réseau complexe et les hauteurs d'eau correspondantes avec des courbes de tarages préétablies ;

Cet outil est particulièrement bien adapté aux études de schémas d'aménagement de protection contre les inondations sur un bassin versant complexe. Il permet notamment d'estimer facilement les impacts hydrauliques à la fois locaux et globaux d'un aménagement, type bassin d'écrêtement. PHENIX a été développé en interne par BRLi, une présentation détaillée figure en annexe.

Figure 1 : Structure du modèle hydrologique du Sornin



2.6.2 Méthodes de transformation Pluie-Débit

Les méthodes suivantes ont été utilisées et comparées :

- SCS (Soil Conservation Service),
- Méthode rationnelle.

Ces méthodes sont explicitées en Annexe 3.2.

2.6.2.1 Méthode SCS (Soil Conservation Service)

La méthode SCS se base sur un temps caractéristique fonction des caractéristiques géométriques du bassin versant uniquement (longueur et superficie).

Il s'agit également de caler, dans cette méthode, le coefficient N qui caractérise l'aptitude du sol au ruissellement (ou Curve Number) en fonction de la nature du terrain, de l'occupation des sols ainsi que des conditions de saturation initiales des sols.

L'analyse de la nature géologique du bassin versant du Sornin révèle un caractère granitique (sur l'amont du bassin uniquement) ou karstique à argilo-sableux (plaine alluviale aval) des sols. Une telle nature géologique laisse présager des sols moyennement perméables. Dans le tableau d'aide à la détermination du coefficient d'infiltration, les sols susmentionnés se situent plutôt dans la catégorie B. D'autre part une analyse des cartes IGN 1/25000^{ème} et la reconnaissance sur le terrain nous permettent de conclure à une occupation des sols essentiellement de type "Pré permanent" (ou minoritairement "Bois"), qui conduit à une valeur de N de l'ordre de **60**.

Cultures	Mode	Infiltration	% Surface	Groupe	N par zone homogène	Courbe Moyenne
Friche						0
Cultures en rangées						0
Céréales						0
Légumineuses ou cultures en rotation						0
Pâturages ou zone de parcours						0
Pré (permanent)			80		58	46.4
Bois		Moyenne	15		60	9
Zone urbaine			5		80	4
						59

2.6.2.2 Méthode rationnelle

La formule rationnelle s'écrit :

$$Q = \frac{1}{3.6} C I S$$

Avec :

- C : coefficient de ruissellement.
- I : Intensité en mm/h sur une durée correspondante au temps de concentration du bassin versant.
- S : La superficie du bassin versant en km².

Pour la méthode rationnelle, le temps de concentration utilisé est calculé par la méthode de Richards qui s'écrit :

$$tc_h = \sqrt[3]{1.8639 \frac{L_{km}^2}{P_{m/m}} (C \times a_{mm/h} \times tc_h^{-b})^{-1.63} \times (tc_h + 1)^{-0.63}} \quad \text{résolution par itérations}$$

Il s'agit également dans cette méthode de déterminer le coefficient de ruissellement. Il est entendu que celui-ci est variable et croit avec l'intensité de la pluie et donc la période de retour de celle-ci. Nous avons retenu pour ce coefficient des valeurs de **0,30 et 0,40** pour une pluie de période de retour 10 ans et 30 ans respectivement.

2.6.3 Résultats des simulations

Les tableaux ci-dessous rendent compte des résultats obtenus par les méthodes SCS et rationnelle pour le bassin du Sornin.

Sur ce bassin, les débits de crue ont été estimés aux 6 points suivants :

- C1: à la confluence avec le Mussy,
- C2: à la confluence avec le Botoret,
- C3: à la confluence avec le ruisseau des Equetteries,
- C3_av Bézo: à la confluence avec le Bézo,
- C4: à la station hydrométrique,
- C5: à la confluence avec le Chandonnet,
- A l'exutoire.

Ces points correspondent à la localisation des principaux affluents du Sornin.

Tableau 13 : Valeurs des débits de crue estimés sur le bassin du Sornin

Noeud de calcul	Surface drainée (km2)	Débit de pointe Décennal (m ³ /s)		Débit de pointe Trentennal (m ³ /s)	
		Méthode rationnelle	Méthode SCS	Méthode rationnelle	Méthode SCS
C1_Mussy	244	65	68	89	98
C2_Botoret	362	81	93	111	128
C3_Equetteries	388	83	97	112	130
C3_avBézo	451	98	112	134	150
C4_Station hydro	457	99	114	135	156
C5_Chandonnet	493	108	123	148	168
Exutoire	520	110	125	150	170

2.7 CHOIX DES DEBITS DE PROJET

Au regard des résultats du tableau précédant qui synthétise les débits de pointe de crue calculés par les différentes méthodes, de la cohérence de ces valeurs, de la cohérence des méthodes empiriques et des mesures, et de la cohérence entre l'amont et l'aval, nous proposons de retenir les débits estimés par la méthode SCS, un peu plus pénalisants:

Tableau 14 : Valeurs des débits de crue estimés sur le bassin du Sornin

Noeud de calcul	Surface drainée (km ²)	Débit décennal retenu		Débit trentennal retenu	
		Q10 (m ³ /s)	Qs (m ³ /s/km ²)	Q30 (m ³ /s)	Qs (m ³ /s/km ²)
C1_Mussy	244	68	0.28	98	0.40
C2_Botoret	362	93	0.26	128	0.35
C3_Equetteries	388	97	0.25	130	0.34
C3_avBézo	451	112	0.25	150	0.33
C4_Station hydro	457	114	0.25	156	0.34
C5_Chandonnet	493	123	0.25	168	0.34
Exutoire	520	125	0.24	170	0.33

COMPARAISON AVEC LES ETUDES HYDROLOGIQUES ANTERIEURES :

Les études hydrologiques antérieures réalisées sur le bassin versant du Sornin ou sur des bassins versants voisins similaires ont fait l'objet d'analyses et de synthèse au cours de la phase 1 de la présente étude. Les principaux résultats sont rappelés ci-après:

Etude hydraulique du Sornin – BCEOM – février 2001

L'approche hydrologique menée dans le cadre de cette étude a conduit à l'estimation des débits de crue de projet par la méthode CRUPEDIX :

Tableau 15 : Résultats hydrologiques de l'étude BCEOM-2001

Localisation	Bassin versant (km ²)	Débit de pointe décennal (m ³ /s)	Débit de pointe trentennal (m ³ /s)	Débit de pointe centennal (m ³ /s)
Amont du Botoret	260	65	95	131
Amont Ru Equetteries	362	85	124	170
Amont Bézo	381	89	130	178
Station hydrométrique	457	103	150	206
Aval du Chandonnet	493	109	159	218
Aval Ru d'Aillant	504	111	162	222
Aval	520	114	167	228

Les débits de pointe spécifiques estimés à l'exutoire du bassin versant varient entre **0,22 - 0,32 - 0,42 m³/s/km²** pour les crues décennale, trentennale et centennale respectivement.

Etude hydraulique de la rivière du Rhins et de son affluent la Trambouze, SIEE/Ginger Environnement - juin 2004

L'étude hydrologique du Rhins, dont le bassin versant du Rhins présente une configuration similaire à celui du Sornin (tant en terme de superficie (470 km²), que de caractéristiques morphométriques), a conduit à la détermination des débits de crues suivants par la mise en œuvre d'un modèle hydrologique de transformation Pluie-Débit.

Tableau 16 : Résultats hydrologiques de l'étude du Rhins, SIEE-2004

Bassin versant	Surface (km ²)	Q ₁₀ en m ³ /s	qs ₁₀ débit spécifique en m ³ /s/km ²
Loire	473.7	128	0.27
pont Mordon	433.8	128	0.30
Trambouze	251.8	82	0.33
pont Mondet	113.7	41	0.36
bourg de Thizy	48.5	28	0.58
les Filatures	30.3	24	0.79
Cours la Ville	13.7	16	1.17

Les résultats de l'approche hydrologique ont permis d'estimer un débit de pointe décennal spécifique inférieurs à **0,3 m³/s/km²** à l'exutoire du bassin versant.

Les débits retenus sur le Sornin dans la présente étude apparaissent tout à fait cohérents avec ces estimations antérieures.

2.8 ESTIMATION DES DEBITS DE CRUE RARES

Ne disposant pas de séries d'observation suffisantes pour l'estimation des pluies de fréquence rare (>30ans), les méthodes de transformation pluie-débit ne peuvent être appliquées pour l'estimation du débit de crue centennal.

Le débit de pointe centennal peut alors être obtenu à partir du débit décennal estimé selon la méthode du Gradex, explicitée en annexe 3.3.

Le débit Q₁₀₀ peut être obtenu par extrapolation par une formule de Gumbel en prenant comme Gradex, le gradex des pluies ainsi :

$$Q_{100+a \cdot \ln(-\ln(F))} = Q_{10} + a \cdot \ln(-\ln(F^*))$$

où :

Q_{100} est le débit centennal,

a est le gradex des pluies (dépendant du temps caractéristique t_c du Bv considéré),

F est la fréquence de non dépassement ($F=1-1/T$ soit $F_{100}=0.99$ et $F^* = 0.90$)

Q_{10} est le débit décennal

On notera qu'il s'agit ici de mm, c'est à dire de volumes d'eau relatifs à une durée choisie (t_c).

La détermination des débits de pointe de crue à partir des débits moyens objet du calcul ci-dessus nécessite la connaissance du rapport Q_i/Q_m , Q_i étant le débit de pointe et Q_m le débit moyen sur la durée considérée.

Ne disposant de données hydrométriques permettant de définir ce rapport sur des crues réelles, il a été estimé par les formules empiriques suivantes :

$$\text{Formule de Fuller : } \frac{Q_i}{Q_m} = 1 + \left(\frac{26}{S(km^2)} \right)^{0,3}$$

Le rapport $\frac{Q_i}{Q_m}$ est donc différent en fonction du bassin versant considéré. Sur le Sornin, il est de l'ordre de 1,4 à la station hydrométrique.

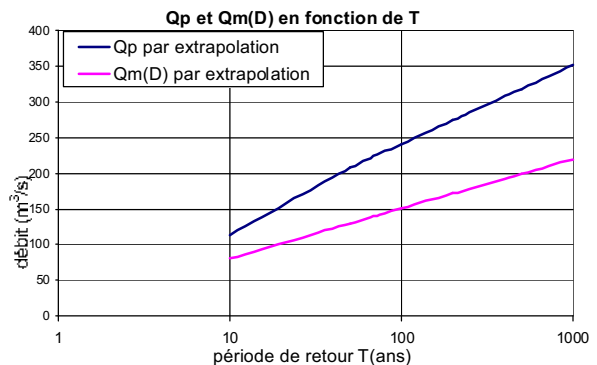
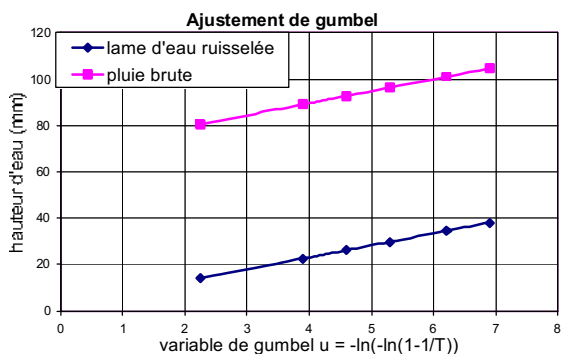
L'application de la méthode conduit à un débit de pointe centennal de l'ordre de $240m^3/s$.



GRADEX

Nom du bassin versant : Le Sornin à Charlieu	
Point pivot des débits	
Période de retour T_0	10 ans
Débit de pointe Q_0	114 m^3/s
Déficit d'écoulement	66.6 mm
Point des pluies	
Période de retour T_{po}	10 ans
Hauteur d'eau tombée sur D à T_{po}	80.5 mm
Durée D :	
Gradex des pluies sur la durée D $G_p(D)$	22 h
Rm_0 (rapport du débit de pointe au débit moyen sur D à T_0)	5.20 mm
	1.42

Période de retour T	Variable de Gumbel	Lame d'eau ruisselée (mm)	Débit moyen sur D (m^3/s)	$R_m(T)$	Débit de pointe (m^3/s)	Pluie (mm)
10	2.25	13.9	80.3	1.4	114.0	80.5
50	3.90	22.5	129.8	1.6	207.7	89.1
100	4.60	26.1	150.8	1.6	241.3	92.7
200	5.30	29.7	171.7	1.6	274.7	96.3
500	6.21	34.5	199.2	1.6	318.7	101.1
1000	6.91	38.1	220.0	1.6	352.0	104.7
100000	11.51	62.1	358.2	1.8	644.8	128.6

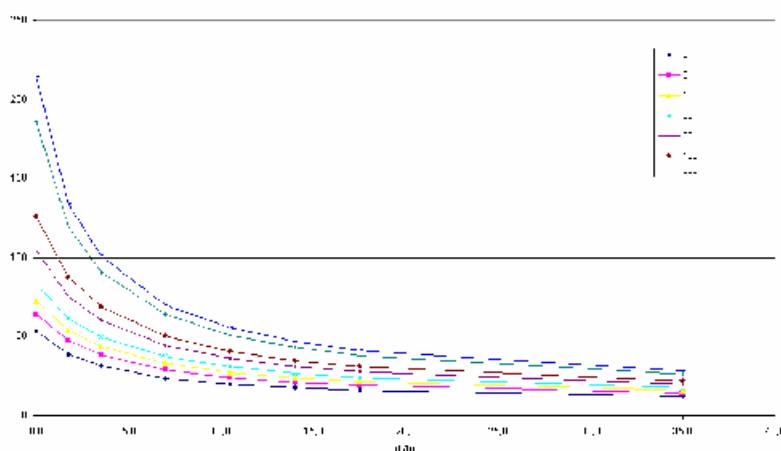


2.9 GENERATION D'HYDROGRAMMES: METHODE QdF

2.9.1 Présentation de la méthode QdF

Le régime des crues en un point donné d'une rivière peut être caractérisé par un ensemble de courbes débit-durée fréquence, dites courbes QdF. Un point $Q_d(T)$ des courbes QdF correspond à un quantile de débit maximal annuel, calculé sur la durée d et de période de retour T . La courbe associée à la durée $d=0$ correspond à la distribution du débit de pointe.

Figure 2 : Courbe Débit-Durée-Fréquence (QdF)



L'établissement de ces courbes repose sur l'étude fréquentielle des données hydrométriques, permettant d'obtenir des courbes Débits-Durée-fréquence pour quelques dizaines d'années (les périodes d'observation ne sont à ce jour guère plus longues). L'extrapolation à de grandes périodes de retour est possible grâce aux données pluviométriques (gradex).

Cette méthodologie permet de décrire le régime de crue à partir de données hydrométéorologiques locales détaillées. Dans la pratique, le régime des crues doit être reconstitué en un point quelconque du bassin versant. L'idée d'un modèle régional consiste alors à définir une méthode hydrologique qui puisse être transposée sur l'ensemble d'une région.

Le modèle QdF décrit les relations qui existent entre les débits, la durée et la fréquence. Ses deux propriétés principales sont une représentation synthétique du régime hydrologique d'un bassin versant en crue, et la particularité de pouvoir être utilisé sur d'autres bassins versants que ceux ayant servi au calage, par le biais de deux paramètres locaux réputés connus (*ou estimables*) sur tout bassin versant : débit de pointe décennal et durée caractéristique de crue du bassin versant.

Une présentation détaillée est fournie en annexe 3.4.

2.9.2 Utilisation d'un modèle QDF régionalisé

3 modèles régionaux ont été développés par le CEMAGREF. Les modèles dits :

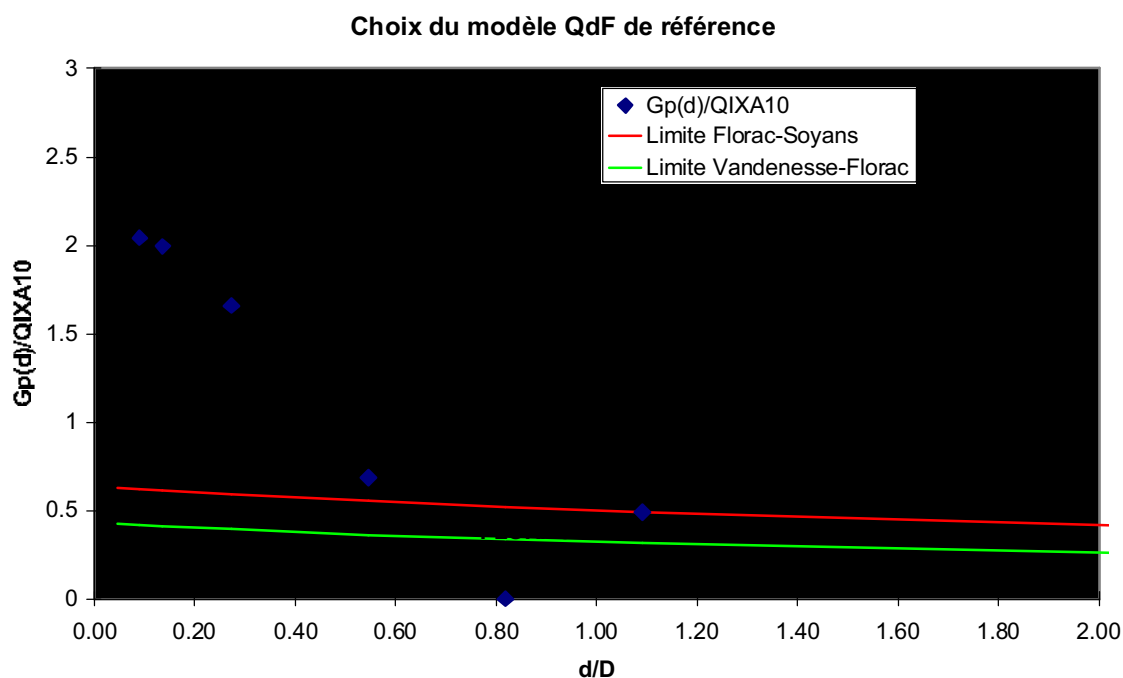
- « Florac » : représentatif d'une région sous influence cévenole – continentale.
- « Soyans » : adapté au climat méditerranéen.
- « Vandenesse » : représentatif du climat océanique.

2.9.2.1 Choix du modèle

Le choix du modèle est déterminé par la position de la courbe $\frac{Gp(d)}{QIXA10} = f\left(\frac{d}{D}\right)$ relative au bassin versant étudié par rapport à celle des bassins versant de référence.

Après détermination des différents paramètres sur le bassin versant du Sornin, on obtient le graphique suivant :

Figure 3 : Choix du modèle QdF de référence



On constate que le modèle de Soyans est le plus représentatif du fonctionnement du bassin versant du Sornin. Il se situe en effet dans une zone de climat dit 'continental', ce qui correspond au modèle de Soyans. Ce modèle a donc été retenu pour décrire le fonctionnement du bassin versant de Sornin.

2.9.2.2 Établissement des courbes QdF et des hydrogrammes monofréquences

Les résultats détaillés de l'application de la méthode QdF à chacun des points de calcul sont fournis en annexe 3.4.

On obtient des graphiques du type :

Figure 4 : Courbe QdF pour le bassin de référence, au droit de la station hydrométrique de Tigny

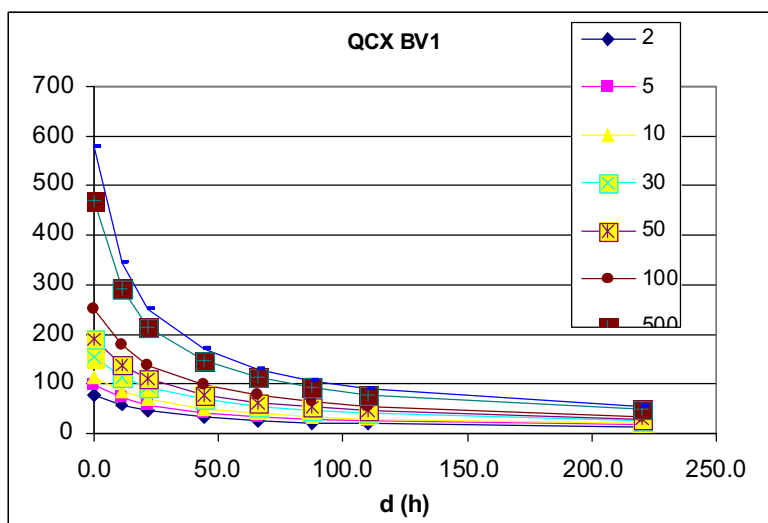
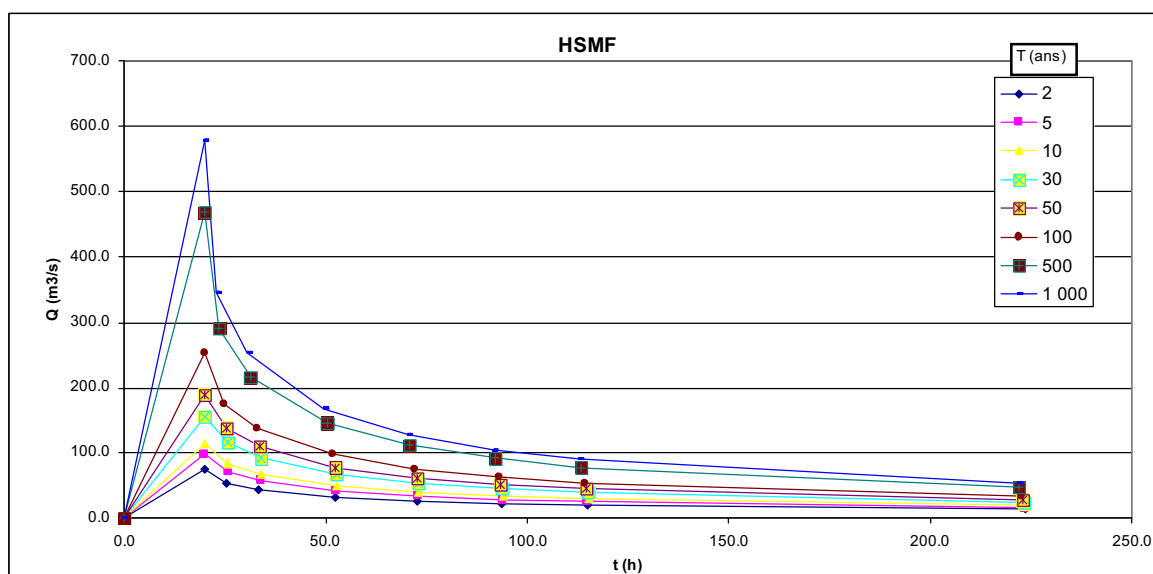


Figure 5 : Hydrogramme monofréquence (HSMF) pour le bassin de référence, au droit de la station hydrométrique de Tigny



Le tableau ci-après synthétise les résultats :

Tableau 17 : Récapitulatif des résultats de la méthode QdF (modèle Soyans)

Nœud de calcul	Surface (km ²)	Qp 10	delta 10	Qp 30	delta 30	Qp 100	delta 100
C1	244	68	-46	93	-63	151	-102
C2	362	93	25	127	34	206	55
C3	388	97	4	132	5	215	9
C3-avBézo	451	112	15	153	20	248	33
C4-Station Hydro	457	114	2	156	3	252	4
C5	493	123	9	168	12	272	20
exutoire	520	125	2	171	3	277	4

Les données trentennales sont tout à fait cohérentes avec les résultats de la méthode SCS et les données centennales avec l'estimation selon la méthode du Gradex.

Les hydrogrammes ainsi générés serviront de données d'entrée au modèle hydraulique.

2.10 SYNTHÈSE HYDROLOGIQUE

Le tableau suivant récapitule les débits de crue retenus à l'issue de l'analyse hydrologique, à Tigny, ainsi que sur le Bézo et le Botoret :

Tableau 18 : Synthèse des débits de crue

Débit de crue	Station hydrométrique de Tigny (amont du Chandonnet)	Pont de Tigny (aval du Chandonnet)	Bézo, à la confluence avec le Sornin	Botoret, à la confluence avec le Sornin
Q10	114 m ³ /s	123 m ³ /s	21 m ³ /s	36 m ³ /s
Q30	156 m ³ /s	168 m ³ /s	29 m ³ /s	49 m ³ /s
Q100	252 m ³ /s	272 m ³ /s	47 m ³ /s	80 m ³ /s

Les informations disponibles sur la crue de décembre 2003 indique un débit mesuré de l'ordre de 180 m³/s à Tigny, ce qui classerait cet événement comparable à une crue trentennale sur le Sornin.

3. ANALYSE HYDRAULIQUE

3.1 MODELISATION HYDRAULIQUE

3.1.1 Construction du modèle

Une modélisation hydraulique des écoulements du Sornin a été réalisée, sur le périmètre d'étude, à l'aide du logiciel ISIS, dont une présentation rapide figure en Annexe 4.1.

Ce logiciel permet d'effectuer en régime permanent et transitoire des calculs de lignes d'eau pour simuler les écoulements à surface libre. Basé sur les équations de Barré St Venant, il est particulièrement adapté à la modélisation des écoulements en rivière et il permet de prendre en compte toutes les singularités hydrauliques présentes sur le linéaire d'étude (ponts y compris en charge, seuils, endiguement, axes d'écoulements différenciés en lit mineur et majeur, confluences...).

Par ailleurs, le logiciel ISIS a été utilisé dans le cadre de l'étude diligentée par la DDE de la Loire sur la partie aval, préalable au PPRNI Sornin aval.

Notre tâche a donc été de compléter le modèle existant à l'aval, ayant fait l'objet d'une validation dans le cadre de l'approbation du PPRNI, sur le secteur amont couvrant les communes de Saône et Loire jusqu'à la confluence avec le Mussy. L'ensemble du linéaire d'étude est représenté par un modèle unique, afin de globaliser les calculs d'incidence des aménagements qui seront réalisés en phase 3 de la présente étude.

FOURNITURE DU MODELE EXISTANT A L'AVAL

Le modèle aval construit dans le cadre du PPRNI nous a été fourni par la cellule hydraulique de la DDE de Loire. Ce modèle couvre un linéaire

- de 12km environ le long du Sornin, depuis la limite communale amont de St Denis de Cabannes, jusqu'à la confluence avec la Loire.
- Il intègre la modélisation du Bézo sur 700m
- et du Botoret sur 900m.

Ce modèle ayant été validé récemment dans le cadre de l'approbation du PPRNI Sornin aval (février 2005), n'a fait l'objet **d'aucune modification générale de structure** de notre part. Seuls quelques réajustements au droit des ouvrages ont été apportés; et les hydrogrammes résultant de la nouvelle analyse hydrologique, actualisée en intégrant l'événement majeur de décembre 2003, ont été modifiés.

Ce modèle a donc été prolongé en amont, sur 6 km supplémentaires, jusqu'à la confluence avec le Mussy.

DONNEES D'ENTREES

Les données de base en entrée du modèle et qui sont essentielles à sa bonne représentativité sont :

- la topographie, sous forme de sections d'écoulement (ou profils en travers) et des ouvrages: les profils en travers levés dans le cadre de la phase 1 de l'étude ont été intégrés au modèle;
- les hydrogrammes résultant de l'analyse hydrologique (cf.§ 2.9.2.2) et générés par la méthode QDF.

La modélisation a été menée en régime transitoire, pour tenir compte des effets de laminage éventuel à la traversée des zones d'expansion de crues, et de stockage en amont des remblais routiers faisant obstacle aux écoulements.

La condition aval du modèle correspond à une loi Débit-Hauteur au droit du pont SNCF, intégrant les données disponibles sur la Loire, réajustées sur la PHE de 2003 relevée au Moulin de Beauvernay (à la cote 258.8 mNGF). Ainsi pour les différentes crues de projet testées, la cote aval varie autour de 259mNGF +/- 50cm.

Un test de sensibilité à la condition aval a été réalisé: l'incidence aval du niveau de la Loire ne se fait pas ressentir en amont au-delà du camping de Pouilly, dont le niveau est également contrôlé par le seuil.

3.1.2 Calage et validation

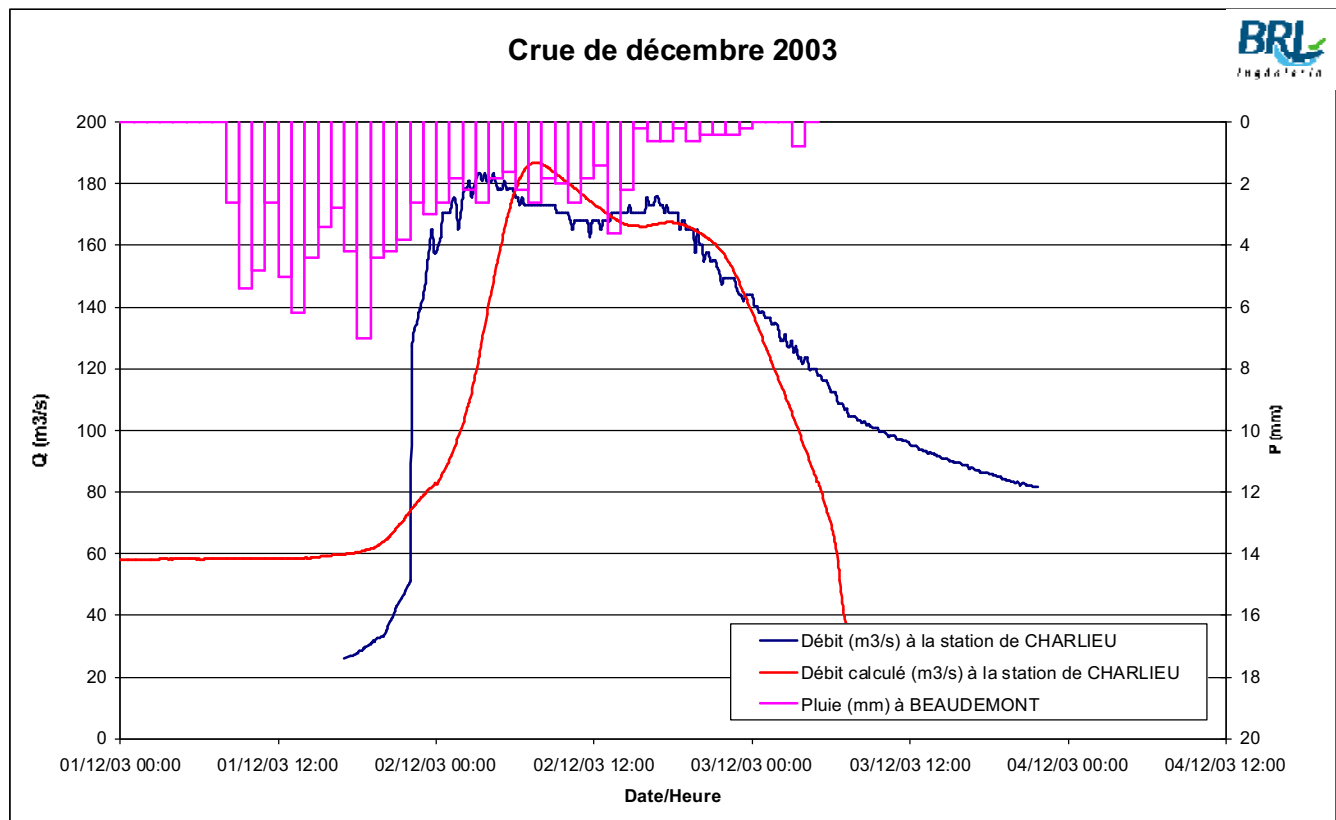
Cette phase consiste à définir les différents paramètres hydrauliques qui interviennent dans le calcul :

- les coefficients de rugosité des sections d'écoulement qui dépendent de la nature et de l'état du lit,
- les coefficients de perte de charge singulière des ouvrages (ponts, seuils, vannes) .

La validation du calage repose généralement sur la reconstitution d'un ou plusieurs événements observés pour lesquels on dispose des hydrogrammes de crue et des niveaux d'eau atteints.

Dans le cas de la présente étude, les données observées sont assez peu nombreuses. Les hydrogrammes de crue ou même uniquement les débits maxima atteints ne sont connus qu'à la station de Tigny, en aval du bassin versant. Les débits de crue en d'autres points du cours du Sornin ainsi que les débits des affluents doivent donc être extrapolés à partir de cet unique point d'observation.

Le modèle du Sornin a été calé sur l'événement de décembre 2003 pour un débit de $180\text{m}^3/\text{s}$ à Tigny, et à partir des PHE disponibles identifiées et nivelées dans le cadre de la phase 1 de la présente étude. Les hydrogrammes résultant de la modélisation hydrologique, à partir du hydrogramme observé à Baudemont, ont été injectés dans le modèle hydraulique. Le graphe suivant superpose l'hydrogramme observé à la station de Tigny, et celui résultant de la modélisation hydraulique.



On constate que l'hydrogramme modélisé

- est calé sur la pointe et la forme de l'hydrogramme observé à la station hydrométrique.
- présente un décalage de réponse dans le temps, qui peut s'expliquer par la non prise en compte, dans la modélisation des antécédents pluvieux les jours précédant la crue de décembre 2003. La réponse en débit du modèle, après saturation des sols, est donc plus longue.

Le calage a permis d'affiner, sur la partie amont du modèle, les valeurs du paramètre de rugosité (coefficient de Strickler), qui est fonction de la nature du lit d'écoulement et de l'occupation du sol.

Les valeurs de coefficient de Strickler ainsi calées reprennent celles du modèle aval initial :

- lit mineur du Sornin entre 20 (berges végétalisées) et 25 (zone urbaine, berges peu végétalisées)
- lit majeur du Sornin entre 3 et 5 (zone urbaine) et 8 et 15 (prairies, terrains de sport)
- lit mineur du Bézo 20
- lit mineur du Botoret entre 18 et 20

Les résultats détaillés (hauteur d'eau et vitesse moyenne d'écoulement) du calage hydraulique sur le Sornin sont rassemblés en annexe 4.2 et sur le profil en long suivant. Le tableau synthétise les résultats au droit des PHE.

Profil en long du Sornin pour la crue de décembre 2003

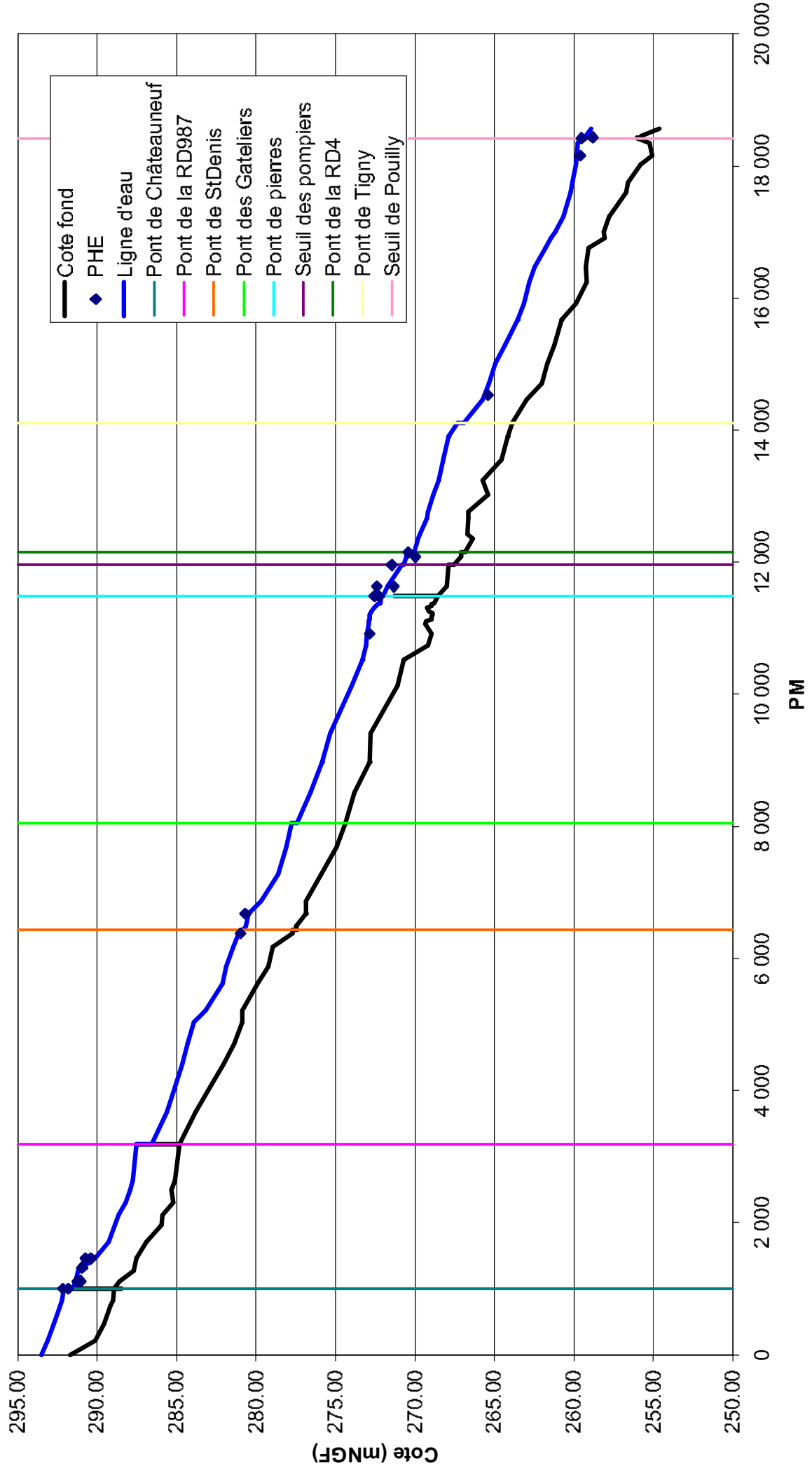


Tableau 19 : Résultats de la modélisation hydraulique des crues du Sornin
Calage sur l'évènement de décembre 2003

PHE N°	Localisation	PM	PT	Z TN	Z PHE	Zcalculée	Diff
4	Châteauneuf- place des Maronniers	1 002.00	T06am		292.18	292.09	-0.09
5	Châteauneuf- La Croix Blanche	1 002.00	T06am		291.82	292.09	0.27
6	Châteauneuf- La Croix Blanche	1 002.00	T06am	291.34	291.84	292.09	0.25
8	Châteauneuf- Le Dénichoir	1 112.60	T07	291.15	291.26	291.39	0.14
9	Châteauneuf- Melle Lardry	1 112.60	T07		291.12	291.39	0.27
10	Châteauneuf- Melle Lardry	1 112.60	T07		291.06	291.39	0.33
1	St Maurice-Stade	1 317.80		290.16	290.96	290.65	-0.31
3	St Maurice-Lagune submergée	1 456.40	T09		290.40	290.15	-0.25
11TER	St Denis de C. - rue de la Gare	6 382.70	G39		280.98	281.08	0.10
15BIS	St Denis de C. - stade	6 678.70	G360	279.83	280.68	280.45	-0.23
24	Charlieu - Camping	10 917.70	G25	272.52	272.87	273.01	0.14
17	Charlieu- rue Pont de Pierre	11 487.24	G24	271.57	272.27	272.12	-0.15
17	Charlieu- rue Pont de Pierre	11 487.24	G24	271.57	272.29	272.12	-0.17
20	Charlieu- Relay de l'Abbaye	11 633.24	G23	271.33	271.33	271.72	0.39
22	Charlieu- rue Dorian	12 149.24	G190		270.42	270.25	-0.17
28	Pouilly - stade	18 158.24	G6		259.61	259.82	0.21
25	St Nizier-STEP	18 420.24	G4	259.19	259.51	259.59	0.07
27	St Nizier-Beauvermay	18 436.24	G333	258.28	258.83	259.16	0.34

Il convient de rappeler que les informations sur les niveaux atteints (PHE) ont été recueillies lors de l'enquête de terrain réalisée au cours de la phase 1, qui était destinée à acquérir ces éléments auprès des riverains. Ces informations restent toutefois très subjectives, puisque directement liées au niveau de perception des riverains dans un contexte émotionnel traumatisant, et hydrauliquement influencés: en effet, les niveaux témoignés, relevés pour la plupart en milieu urbanisé, doivent être analysés avec précaution, puisqu'ils dépendent non seulement des débordements du Sornin, mais aussi des divers embâcles rencontrés en lit majeur (mur, portail, voiture...) lors des écoulements sur les voiries, des obstacles divers (accumulation d'eau contre les murs de clôture ou dans des points bas localisés au droit des habitations), et des arrivées de ruissellement pluvial, non pris en compte dans la modélisation des écoulements du Sornin.

Au regard des résultats de la modélisation de la crue de 2003, le calage peut être considéré comme satisfaisant sur le Sornin, en fonction :

- de la concordance des hydrogrammes modélisé/observé à Tigny,
- de la cohérence (à une vigtaine de cm près) des cotes calculées/témoignées,
- et compte tenu des imprécisions sur les débits et les cotes réellement atteintes.

Sur le Botoret à la traversée de St Denis de Cabanne, aucun élément de calage en débit n'est disponible (absence de relevés limnimétriques). Toutefois, au regard des PHE disponibles et des résultats de la modélisation hydraulique, cet événement apparaît supérieur à une crue 30 ans théorique sur cet affluent, et se rapprocherait plus d'un événement qualifié de crue rare.

3.1.3 Simulations des crues théoriques

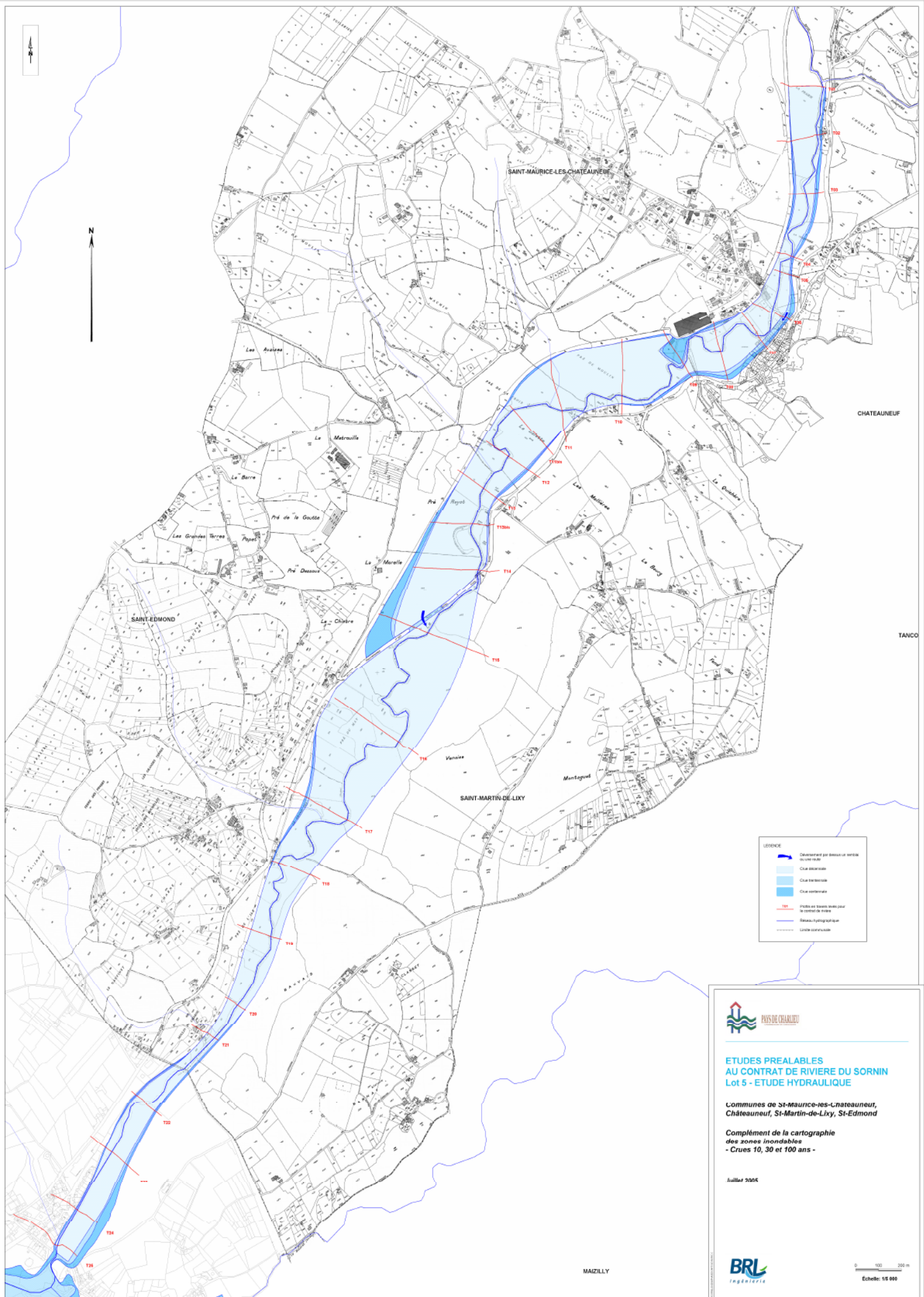
Sur la base du modèle hydraulique calé précédemment, des simulations ont été réalisées, en régime transitoire, pour les crues de période de retour de 10, 30, et 100 ans.

Les résultats sont fournis d'une part sous forme graphique (profils en travers et en long) en annexe 4.3 et sous forme de tableaux de synthèse, indiquant les hauteurs d'eau et les vitesses moyennes d'écoulement au droit des profils en travers, qui figurent également en annexe, pour les 3 crues simulées.

Sont indiquées ci-dessous quelques consignes pour interpréter les résultats hydrauliques :

- Hauteurs d'eau :
 - ◆ Elles sont interpolées linéairement entre les profils en travers sur les sections courantes ;
 - ◆ Une rupture existe au niveau des ouvrages et ponts où les niveaux d'eau amont et aval peuvent être très différents.
- Vitesses d'écoulement :
 - ◆ La vitesse d'écoulement (par rapport à la cote d'eau) est beaucoup plus sensible à des phénomènes localisés.
 - ◆ Les vitesses données par le modèle hydraulique sont des vitesses moyennes : à la différence du niveau d'eau, la vitesse doit être interpolée d'une part sur le profil en travers et d'autre part entre les profils.

Par ailleurs, les résultats de la modélisation ont permis de compléter la cartographie des zones inondables en amont de St Denis de Cabanne (cette cartographie existant déjà au droit des communes couvertes par le PPRNI Sornin aval).



PAIS DE CHARLITE

ETUDES PREALABLES AU CONTRAT DE RIVIERE DU SORNIN Lot 5 - ETUDE HYDRAULIQUE

Communes de St-Maurice-les-Châteauneuf, Châteauneuf, St-Martin-de-Lixy, St-Edmond

Complément de la cartographie des zones inondables - Crues 10, 30 et 100 ans -

juillet 2006

BRL
ingénieria

0 100 200 m
Echelle: 1:6 000

3.2 DIAGNOSTIC HYDRAULIQUE

Les conditions d'écoulement actuelles ont donc été simulées pour les événements d'occurrence 10ans, 30ans et 100ans et pour un événement comparable à celui de décembre 2003 sur le Sornin (180 m³/s à Tigny).

Au regard des résultats hydrauliques en terme de hauteurs d'eau et d'étendue de la zone inondable, la crue de décembre 2003 peut être comparée à une crue d'occurrence trentennale sur le Sornin.

3.2.1 Zone inondable

LA CARTOGRAPHIE DE LA ZONE INONDABLE du Sornin sur la partie amont (communes de Saône et Loire) reste encaissée entre l'ancienne voie ferrée en rive droite et la RD987 en rive gauche, nettement surélevée.

En terme d'étendue de la zone inondable, les 3 événements simulés diffèrent peu, compte tenu de la configuration relativement encaissée du relief. Les seules différences notables apparaissent au niveau:

- des lagunes à St Maurice-les-Chateauneuf, dont les digues ne sont pas submergées pour les crues décennale et trentennale,
- du champ d'expansion en amont du pont de la RD987 à St Edmond, où les eaux s'étalent plus ou moins selon l'ampleur de la crue.

Les zones vulnérables concernées par le risque d'inondation sont les suivantes:

A St Maurice-les-Chateauneuf :

- Le garage automobile en amont immédiat du pont,
- Les terrains de sport en rive droite en aval du pont; le vestiaire est concerné par la crue centennale,
- Les lagunes pouvant être submergées par les crues rares.

A Chateauneuf:

- La Croix Blanche, inondée par les déversements en rive gauche du pont
- La place publique des Marronniers,
- Quelques habitations et atelier de la rue des Terreaux.

Plus en aval, les habitations du lieu-dit "La Galette" sont hors d'eau pour les 3 crues simulées.

A St Edmond/ St Martin de Lixy, la zone inondable franchit la RD987 à son niveau le plus bas sur 180ml environ pour les crues trentennale (type 2003) et centennale. En terme d'habitations, seuls le chalet de Baligand et le Moulin de Charme sont concernés par les crues du Sornin.

Sur le Sornin aval, la cartographie réalisée dans le cadre du PPRNI Sornin approuvé courant février 2005, et jointe en annexe 5 du présent document (pour rappel), fait apparaître les contours des crues modélisées de période de retour 30 ans , 100 ans, et décembre 2003.

Les secteurs vulnérables touchés sont:

A St Denis de Cabanne:

Vis-à-vis des débordements du Sornin:

- Les terrains de sport en rive droite en aval du pont sur le Sornin,
- Les jardins et quelques habitations rue de la Gare en aval du pont sur le Sornin.

Vis-à-vis des débordements du Botoret :

- les habitations le long de la rue des Carrières, l'Amicale et l'usine Altrad,
- les habitations de la rue de l'Industrie, situées le long du Sornin, en rive gauche en amont du pont,
- la salle de Musique et bâtiments HLM (caves) en rive droite en amont du pont

à Charlieu :

En rive droite:

- Les terrains de sport, l'habitation de la piscine, et le camping, situés en rive droite en aval du Bézo,
- Le collège en amont du Pont de Pierre,
- Les habitations de la rue du Pont de Pierre particulièrement exposées,
- la rue des Tanneries en aval du Pont de Pierre, avec des inondations dues au refoulement des réseaux d'assainissement,
- Le boulevard E. Guinault ,
- Le square entre le Sornin et le Béal, et la caserne des pompiers,
- La rue Dorian et le carrefour avec la RD4 au niveau du rond-point, en rive droite avec inondation fréquente par refoulement des réseaux d'assainissement.

En rive gauche

- L'entreprise Coquet et les habitations attenantes en amont du Pont de Pierre,
- L'hôtel du Relais de l'Abbaye et les entreprises situées en aval du pont de Pierre.

Vis-à-vis des débordements du Bézo :

- Les pépinières et habitations en rive gauche , et l'usine en rive droite, entre le pont de la SNCF et de la RD487,
- Les nouveaux abattoirs en rive droite,
- Les habitations du quartier du pont du Bézo situées en rive droite derrière la digue du Bézo en aval du pont de la RD487.

A St Nizier :

- L'auberge du Moulin et une habitation au lieu dit Rongefer en rive droite en aval du pont de Tigny,
- La station d'épuration en rive droite en amont du pont de la RD482.

A Pouilly :

- Le stade et le camping en rive gauche en amont du pont de la RD482,
- Le moulin de Beauvernay en rive droite en amont du pont SNCF.

3.2.2 Fonctionnement hydraulique des ouvrages:

Les résultats hydrauliques font apparaître sur tout le linéaire modélisé, d'importantes pertes de charge au droit des ouvrages de franchissement, essentiellement liées aux sections de passage réduites et aux remblais d'accès. Le fonctionnement de chaque ouvrage pour les 3 types de crues théoriques testées est synthétisé dans le tableau ci-après.

- Le pont de **St Maurice/Chateauneuf** occasionne une perte de charge variant entre 40 et 70 cm selon la crue considérée, favorisant les débordements sur la rive gauche (le parapet du pont étant suffisamment haut), et induit un phénomène d'entonnoir et d'accélération à l'aval, augmenté par l'endiguement des lagunes.
- La route départementale 987 barre le champ d'expansion des crues dans la vaste plaine **entre Chateauneuf et St Martin-de-Lixy**. La perte de charge observée est plus liée au remblais de la route qu'au pont lui-même. La route est submergée pour les crues d'occurrence supérieure à 30 ans.
- **A St Denis-de-Cabannes**, la perte de charge occasionnée par le pont de la RD 57 est aggravée par le remblaiement en aval immédiat de la 4^{ème} arche du pont au niveau du jardin public.
- La perte de charge **du pont de pierres à Charlieu** est relativement faible (une dizaine de cm) au regard des résultats de la modélisation: ceci s'explique par le fait que les crues déversent sur la rue du Pont de pierres par les côtés du pont (préférentiellement en rive droite); l'obstacle imposé par le pont est donc "compensé", sur la ligne d'eau, par les débordements de part et d'autre de l'ouvrage. Sans ces débordements latéraux, l'ouvrage lui-même induirait une exhaussement de 1,4m sur une crue centennale.
- **Le seuil des pompiers** sérieusement endommagé lors de la crue de décembre 2003 n'induit qu'une légère surélévation (une dizaine de cm) de la ligne d'eau au droit des habitations amont; ce seuil étant noyé pour les crues simulées.
- **La RD4 à Charlieu** érigée en remblai au dessus de la plaine rive gauche du Sornin fait obstacle aux écoulements, occasionnant une surélévation de la cote d'eau amont de 70 cm pour une crue centennale .
- **Le pont de Tigny** occasionne une perte de charge importante, bien que n'étant pas en charge. Les vitesses y sont élevées.
- **A Pouilly**, l'étranglement provoqué par le pont de la RD4, le pont de Pouilly et la voie SNCF occasionne une perte de charge pouvant atteindre 1 m pour une crue centennale.

Tableau 20 : Diagnostic des ouvrages

ouvrage	type d'ouvrage	Cote de mise en charge (m NGF)	Cote min surverse (mNGF)	Crue 10 ans			Crue 30 ans			Crue 100 ans		
				Cote d'eau (mNGF)	Perte de charge (m)	Mise en charge	Cote d'eau (mNGF)	Perte de charge (m)	Mise en charge	Cote d'eau (mNGF)	Perte de charge (m)	Mise en charge
Pont de Chateauneuf	4 arches	291,8 à 292,5	293,62 pt bas rive gauche à 291,5	291,67	0,40	Non	292,08	0,52	Non	292,64	0,69	Oui 4 arches en charge déversement sur route en RG
pont de la RD987 à St Martin de Lixy	3 arches	288,4	289,68 pt bas route à 285,7	287,03	0,56	Non	287,54	0,96	Non	287,99	1,20	Non passage sur RD9878 au point bas
pont de la RD 57 à St Denis	4 arches	281,5	283,0	280,66	0,14	Non	281,02	0,18	Non	281,86	0,45	Oui de 35 cm
pont du château des Gateillers à St Denis	2 arches+1	278,2	280,0	277,40	0,19	Non	277,88	0,36	Non	279,31	1,28	Oui de 90cm
pont de Pierre à Charlieu	5 arches	272,1 à 273,4	273,0 pt bas rive droite 271,3	271,84	0,12	Déversement sur la route sur les côtés	272,12	0,11	Oui 2 arches sur 5 passage sur route	272,64	0,08	Oui 3 arches sur 5 passage sur route
Seuil des pompiers à Charlieu	Seuil béton	Radier: 269,7		270,54	0,10	-	270,80	0,06	-	271,57	0,04	-
ponts de la RD 4 à Charlieu	2 travées + 1 dalot	272,8	272,0 271,0	269,86	0,03	Non	270,25	0,19	Non	271,24	0,72	Non
pont RD 487 à Tigny	3 arches	270,1	?	266,89	0,20	Non	267,47	0,52	Non	268,74	1,19	Non
pont RD 482 à Pouilly	3 arches	260,25	261,4	258,98	0,16	Non	259,69	0,30	Non	261,31	0,91	Oui de 1m
Seuil de Pouilly	seuil	Radier: 256,8		258,84	0,16	-	259,43	0,18	-	260,45	0,23	-
pont SNCF à Pouilly	1 travée	276,7	?	258,45	-	Non	258,99	-	Non	259,89	-	Non

D'une manière générale, les vitesses d'écoulement sont faibles, de l'ordre de 1m/s, avec des accélérations ponctuelles au droit de rétrécissements marqués des sections:

- A l'aval du pont et au niveau de l'endiguement des lagunes à St Maurice-les-Chateauneufs (>2m/s)
- Au Moulin de Charme, où la vallée est plus encaissée
- Au Pont de Tigny.

4. ORIENTATIONS D'AMENAGEMENTS

En terme de protection contre les crues, deux grands principes d'aménagement sont envisageables, sachant que la solution qui sera effectivement retenue (dans une recherche d'optimum technique et économique) pourra être une combinaison des deux :

- Ralentissement des écoulements dynamiques par rétention, en amont des agglomérations, des apports du Sornin et/ou de ses affluents par un ou plusieurs ouvrages de retenue;
- Amélioration des conditions d'écoulement par des mesures de protection rapprochée (réfection des ouvrages hydrauliques limitants et/ou curage ou recalibrage du lit du Sornin) à la traversée des zones à enjeux.

Ces aménagements doivent s'accompagner de mesures non structurelles, de prévention, notamment en matière d'évolutions prévisibles de l'urbanisation.

Au regard des dysfonctionnements identifiés et des résultats de la modélisation hydraulique , il est proposé des tester, en phase 3 de l'étude, des aménagements parmi les scénarios suivants:

- Réduction des apports du Botoret par un écrêtement amont,
- Réduction des apports du Bézo par un écrêtement amont,
- Retenue transversale sur le Sornin en amont de Charlieu, entre les Gateliers et le Bézo,
- Ouvrages de décharge sous la RD4,
- Remodelage du lit majeur du Sornin en aval de la RD4 (type recalibrage par risberme)
- Abaissement du seuil des pompiers (l'incidence sera analysée sur les petites crues)

ANNEXES

Annexe 1.

Annexe pluviométrique

Annexe 1.1.

Pluie "Bassin": ajustement des pluies journalières

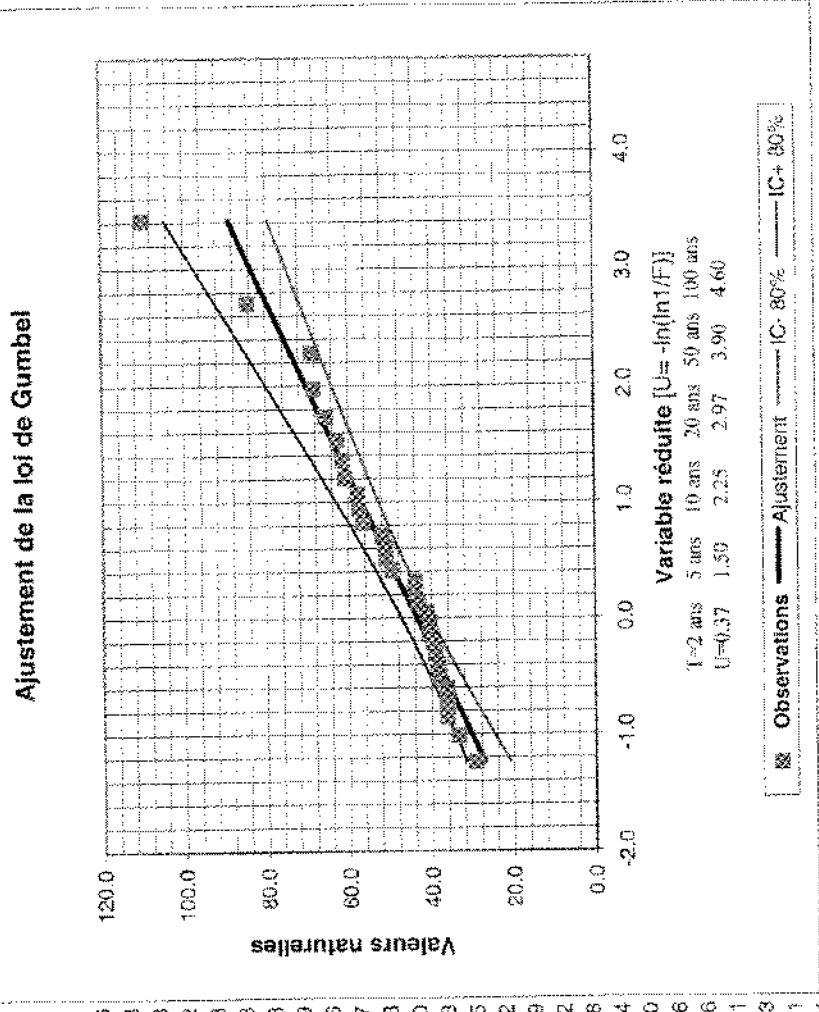
Pluie de bassin : St Denis de C / Chevraillais [1975-2004]
 39% 67%

$$F(x) = \text{Exp}[-\text{Exp}[-(X-43.50)/13.25]]$$

Ajustement de la loi Gumbel
 Seules les cellules colorées sont modifiables

Echantillon 51.15
 Moyenne: 16.99
 Ecart-type: 13.25
 Gradex (g) : 80
 Intervalle de confiance (%): 80 IC+ 80%

Période de retour (ans)	Fréquence (F)	Quantile ($X_p = u + g \cdot x_0$)	Borne inférieure 90%	Borne supérieure 80%	Valeurs classées
1.01	0.0099	23.24	15.86	28.17	29.16
2	0.5000	48.36	44.85	52.63	33.48
2.93	0.5708	51.16	47.50	55.98	36.18
3	0.6667	55.45	51.37	61.23	38.22
5	0.8000	63.67	58.18	71.25	36.23
7	0.8571	68.27	62.29	77.57	38.18
10	0.9000	73.31	66.47	84.13	36.28
20	0.9500	82.84	74.28	96.60	38.99
30	0.9667	88.33	78.75	103.81	39.36
40	0.9750	92.19	81.89	108.89	40.47
50	0.9800	95.18	84.32	112.83	40.48
60	0.9833	97.62	86.30	116.04	41.10
70	0.9857	99.68	87.96	118.76	43.23
80	0.9875	101.45	89.40	121.11	43.75
90	0.9889	103.03	90.57	123.18	43.82
100	0.9900	104.43	91.81	125.03	49.29
200	0.9950	113.66	98.25	137.20	50.92
300	0.9967	119.03	103.59	144.31	50.98
500	0.9980	125.80	109.06	153.27	51.84
1000	0.9990	134.99	116.46	165.42	56.50
					57.46
					57.56
					60.71
					61.33
					62.51
					66.41
					68.19
					68.62
					84.22
					108.91



Annexe 1.2.

Pluies de courtes durées à St Yan



F. Amalric
C. LOR / 16

DUREES DE RETOUR DE FORTES PRECIPITATIONS

Episode : 1 heure - Loi GEV

Statistiques sur la période 1992-2003

ST YAN (71)

Indicatif : 71491001, alt : 242 m., lat : 46°24'48"N, lon : 04°01'36"E

L'échantillon contient 12 valeurs.

Durée de retour	Hauteur estimée	Intervalle de confiance à 70 %	
5 ans	25.1 mm	22.1 mm	28.2 mm
10 ans	29.8 mm	24.9 mm	34.6 mm
20 ans	34.8 mm	27.0 mm	42.6 mm
30 ans	38.0 mm	27.8 mm	48.1 mm
50 ans	42.3 mm	28.4 mm	56.2 mm
100 ans	48.7 mm	28.1 mm	69.4 mm

Paramètre de forme k = -0.1701

Gradex = 4.4747 Mode = 17.4874

VALEURS MAXIMALES DE L'ECHANTILLON TRAITÉ

Hauteur observée	Date
36.6 mm	26/08/2002
26.6 mm	25/06/1997
25.1 mm	08/09/1995
24.8 mm	19/05/1999
24.8 mm	26/03/1996

* Les précipitations en 1 heure sont issues de mesures de l'intensité des précipitations par pas de 6 minutes et sont décomptées sur 24 heures glissantes.

N.B. : La vente, redistribution ou rediffusion des informations reçues, en l'état ou sous forme de produits dérivés, est strictement interdite sans l'accord de METEO-FRANCE



DUREES DE RETOUR DE FORTES PRECIPITATIONS

Episode : 2 heures - Loi GEV

Statistiques sur la période 1992-2003

ST YAN (71)

Indicatif : 71491001, alt : 242 m., lat : 46°24'48"N, lon : 04°01'36"E

L'échantillon contient 12 valeurs.

Durée de retour	Hauteur estimée	Intervalle de confiance à 70 %	
5 ans	27.4 mm	24.6 mm	30.3 mm
10 ans	31.9 mm	27.0 mm	36.8 mm
20 ans	37.0 mm	29.5 mm	45.5 mm
30 ans	40.4 mm	28.9 mm	52.0 mm
50 ans	45.2 mm	28.6 mm	61.8 mm
100 ans	52.8 mm	28.8 mm	78.8 mm

Paramètre de forme $k = -0.2543$

Gradex = 3.8703 Mode = 20.722

VALEURS MAXIMALES DE L'ÉCHANTILLON TRAITÉ

Hauteur observée	Date
39.0 mm	26/08/2002
30.7 mm	26/03/1996
26.9 mm	03/10/2001
26.8 mm	25/08/1997
25.8 mm	08/06/1995

* Les précipitations en 2 heures sont issues de mesures de l'intensité des précipitations par pas de 6 minutes et sont décomptées sur 24 heures glissantes.

N.B. : La vente, redistribution ou rediffusion des informations reçues, en l'état ou sous forme de produits dérivés, est strictement interdite sans l'accord de METEO-FRANCE

DUREES DE RETOUR DE FORTES PRECIPITATIONS

Episode : 3 heures - Loi GEV

Statistiques sur la période 1992-2003

ST YAN (71)

Indicatif : 71491001, alt : 242 m., lat : 46°24'48"N, lon : 04°01'36"E

L'échantillon contient 12 valeurs.

Durée de retour	Hauteur estimée	Intervalle de confiance à 70 %	
5 ans	31.6 mm	28.0 mm	35.3 mm
10 ans	37.2 mm	31.4 mm	43.1 mm
20 ans	43.4 mm	38.9 mm	52.8 mm
30 ans	47.2 mm	34.9 mm	59.6 mm
50 ans	52.5 mm	35.5 mm	66.5 mm
100 ans	60.4 mm	35.0 mm	85.6 mm

Paramètre de forme $k = -0.1751$

Gradex = 5.3705 Mode = 22.4364

VALEURS MAXIMALES DE L'ECHANTILLON TRAITÉ

Hauteur observée	Date
40.0 mm	25/03/1996
39.0 mm	26/08/2002
35.0 mm	03/10/2001
32.4 mm	08/08/1995
27.0 mm	25/08/1997

* Les précipitations en 3 heures sont issues de mesures de l'intensité des précipitations, par pas de 6 minutes et sont décomptées sur 24 heures glissantes.

Page 1/2

Edité le : 24/05/2005

N.B. : La vente, redistribution ou rediffusion des informations reçues, en l'état ou sous forme de produits dérivés, est strictement interdite sans l'accord de METEO-FRANCE

Centre Départemental de Saone et Loire
Aérodrome 71850 Charnay les Macon
Tel. : 03.85.35.00.15 - Fax : 03.85.34.91.55



DUREES DE RETOUR DE FORTES PRECIPITATIONS

Episode : 6 heures – Loi GEV

Statistiques sur la période 1992–2003

ST YAN (71)

Indicatif : 71491001, alt : 242 m., lat : 46°24'48"N, lon : 04°01'36"E

L'échantillon contient 12 valeurs.

Durée de retour	Hauteur estimée	Intervalle de confiance à 70 %	
5 ans	41.2 mm	37.9 mm	44.6 mm
10 ans	45.8 mm	41.8 mm	49.3 mm
20 ans	48.0 mm	44.4 mm	53.7 mm
30 ans	50.8 mm	46.4 mm	56.1 mm
50 ans	52.7 mm	46.4 mm	59.1 mm
100 ans	55.0 mm	47.2 mm	62.8 mm

Paramètre de forme $k = 0.237$

Gradex = 8.9478 Mode = 29.9544

VALEURS MAXIMALES DE L'ECHANTILLON TRAITÉ

Hauteur observée	Date
48.0 mm	03/10/2001
44.4 mm	26/03/1998
39.3 mm	10/06/2000
38.0 mm	26/08/2002
37.4 mm	08/03/1995

* Les précipitations en 6 heures sont issues de mesures de l'intensité des précipitations par pas de 6 minutes et sont décomptées sur 24 heures glissantes.

N.B. : La vente, redistribution ou rediffusion des informations reçues, en l'état ou sous forme de produits dérivés, est strictement interdite sans l'accord de METEO-FRANCE



DUREES DE RETOUR DE FORTES PRECIPITATIONS

Episode : 12 heures - Loi GEV

Statistiques sur la période 1992-2003

STYAN (71)

Indicatif : 71491001, alt : 242 m., lat : 46°24'48"N, lon : 04°01'36"E

L'échantillon contient 12 valeurs.

Durée de retour	Hauteur estimée	Intervalle de confiance à 70 %	
		Inférieure	Supérieure
5 ans	45.5 mm	42.9 mm	48.1 mm
10 ans	48.8 mm	46.0 mm	51.8 mm
20 ans	51.5 mm	48.0 mm	55.0 mm
50 ans	52.8 mm	48.8 mm	58.8 mm
60 ans	54.2 mm	49.5 mm	58.9 mm
100 ans	55.9 mm	50.1 mm	61.6 mm

Paramètre de forme K = 0.2722

Gradex = 7.4156 Mode = 36.3595

VALEURS MAXIMALES DE L'ECHANTILLON TRAITÉ

Hauteur observée	Date
50.2 mm	03/10/2001
49.2 mm	10/06/2000
45.6 mm	26/03/1996
41.9 mm	21/09/1992
40.6 mm	28/08/2002

* Les précipitations en 12 heures sont issues de mesures de l'intensité des précipitations par pas de 6 minutes et sont décomptées sur 24 heures glissantes.

N.B. : La vente, redistribution ou rediffusion des informations reçues, en l'état ou sous forme de produits dérivés, est strictement interdite sans l'accord de METEO-FRANCE

DUREES DE RETOUR DE FORTES PRECIPITATIONS

Episode : 24 heures - Loi GEV

Statistiques sur la période 1992-2003

ST YAN (71)

Indicatif : 71491001, alt : 242 m., lat : 46°24'48"N, lon : 04°01'36"E

L'échantillon contient 12 valeurs.

Durée de retour	Hauteur estimée	Intervalle de confiance à 70 %	
5 ans	53.8 mm	50.5 mm	57.2 mm
10 ans	56.0 mm	54.5 mm	61.6 mm
20 ans	61.1 mm	66.9 mm	65.3 mm
30 ans	62.8 mm	57.9 mm	67.3 mm
50 ans	64.2 mm	58.7 mm	69.6 mm
100 ans	65.9 mm	59.3 mm	72.4 mm

Paramètre de forme $k = 0.3454$

Gradex = 10.6203 Mode = 41.3827

VALEURS MAXIMALES DE L'ÉCHANTILLON TRAITÉ

Hauteur observée	Date
61.3 mm	01/12/2003
54.2 mm	12/11/1996
51.8 mm	26/04/1998
51.2 mm	10/05/2000
50.6 mm	25/08/2002

* Les précipitations en 24 heures sont issues de mesures de l'intensité des précipitations par pas de 6 minutes et sont décomptées sur 24 heures glissantes

N.B. : La vente, redistribution ou rédiffusion des informations reçues, en l'état ou sous forme de produits dérivés, est strictement interdite sans l'accord de METEO-FRANCE

Annexe 2.

Annexe hydrométrique

Annexe 2.1.

Présentation du logiciel HYDROSTAT

HYDROSTAT



Le logiciel HYDROSTAT rassemble une centaine de fonctions informatisées, utilisées les plus couramment en Hydrologie statistique :

- il est compatible avec IBM PC (micro) XT/AT,
- il sort des graphiques en couleurs ou N/B,
- la taille du logiciel est de 3 M Octets environ et la mémoire (ROM) nécessaire à son utilisation est de 640 K Octets.

Ses fonctions principales sont les suivantes :

➔ Gestion des données hydrologiques

- changement de formats de données : les formats des banques de données HYDRO (hydrométrie), PLUVIO (pluviométrie) et de nombreux autres formats peuvent être pris en compte,
- changement de pas de temps (annuel, mensuel, journalier)
- tri de valeurs : tri de maximum ou minimum de plusieurs jours consécutifs dans un fichier chronologique, fusion de données, etc,
- saisie de données,
- édition de données (annuaires, hydrogrammes, etc.).

➔ Critique de données

- recherche de données manquantes et reconstitution de ces données avec des méthodes différentes (au choix),
- critique de données hydrologiques : critique de stationnarité, recherche d'anomalies (méthode Double Cumul, Moyenne Mobile, etc...)

➔ Statistiques classiques

- calcul de paramètres (moyenne, écart-type, coefficient d'asymétrie, QCX, VCX, etc.),
- corrélation : régression linéaire et non linéaire, classique ou avec la méthode de Stepwise,
- ajustement de lois : 10 lois ont été programmées (Poisson, Binomiale, Normale, Log-Normale, Exponentielle, Gumbel, Frechet, Weibull, Pearson III, Jenkinson).

Pour chacune des lois, le logiciel donne les résultats suivants :

- paramètres de la loi (position, échelle...),
- quantiles pour des fréquences choisies,
- test d'adéquation de l'ajustement par la méthode d'Anderson (X^2),
- intervalles de confiance,
- graphique.

Annexe 2.2.

Résultats des ajustements statistiques

Ajustement de la loi Gumbel

Seules les cellules colorées sont modifiables

$$F(x) = \text{Exp}[-\text{Exp}[-(X-102.15)/66.50]]$$

Echantillon:

Moyenne:

Ecart-type:

Gradex (g) :

Intervalle de confiance (%):

Observations

140.52

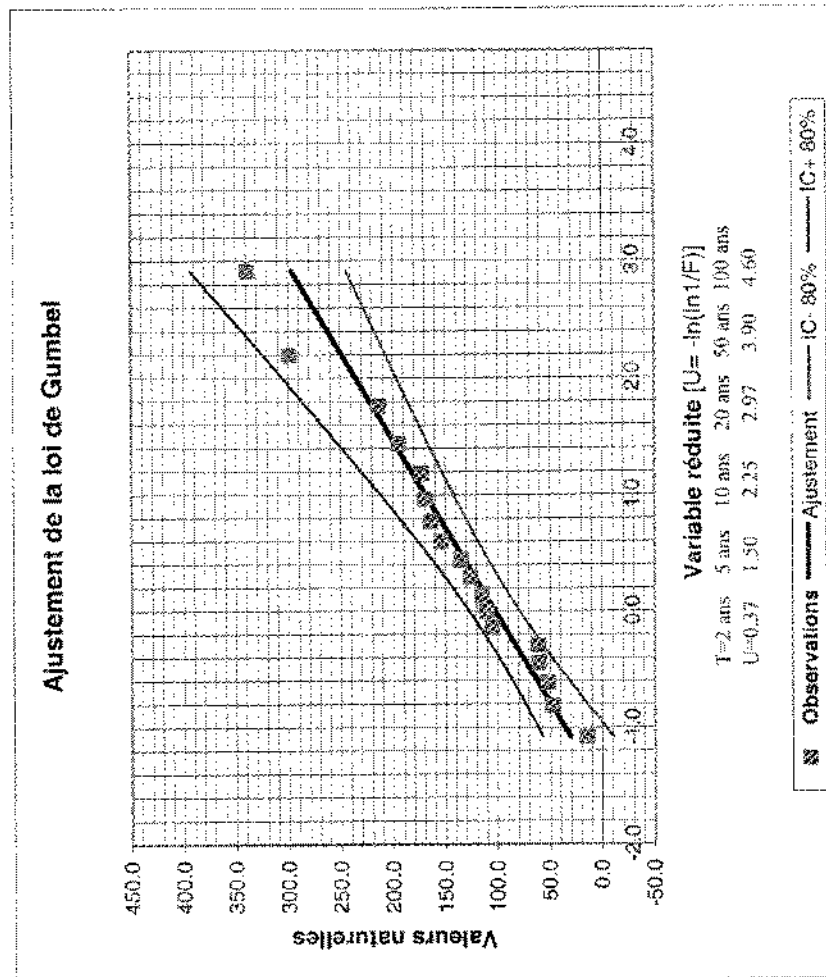
85.25

66.50

80

IC+ 80%

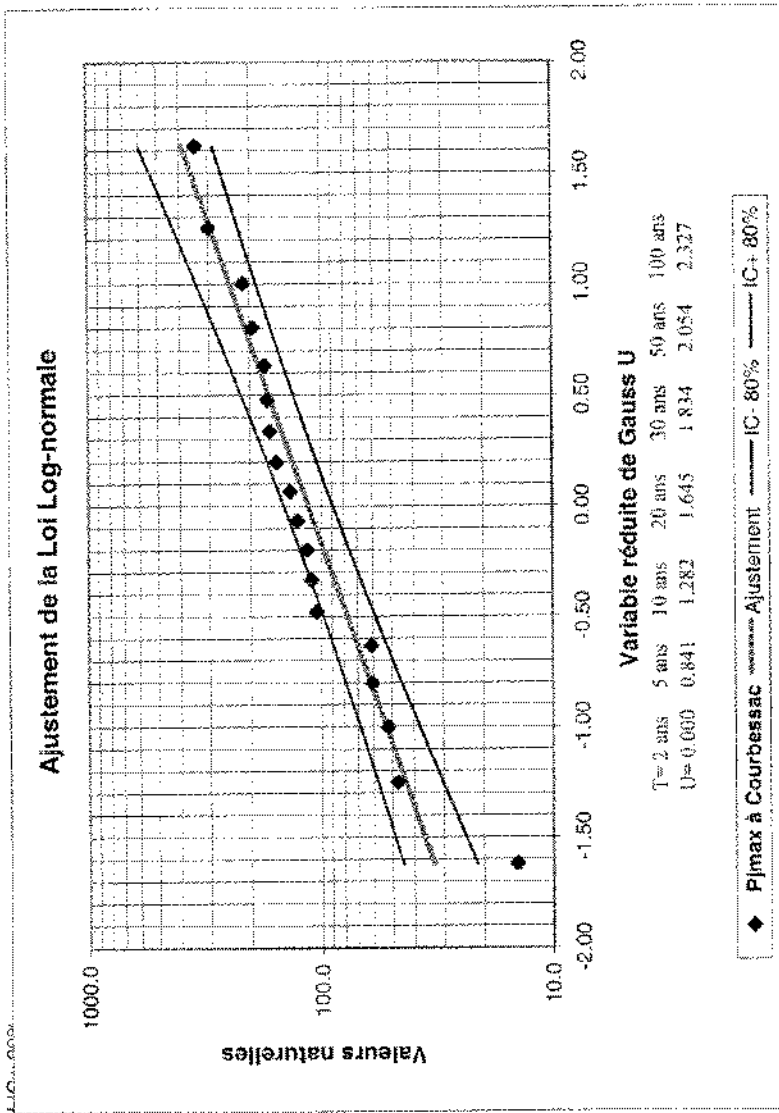
Période de retour (ans)	Fréquence (F)	Quantile ($X_{(n-u)^{-1}p-x_0}$)	Borne inférieure 80%	Borne supérieure 80%	Valeurs classées
1.01	0.0099	0.50	-51.90	31.45	14.30
2	0.5000	126.52	103.58	156.18	47.00
2.33	0.5708	140.91	116.91	174.21	51.80
3	0.6667	162.16	136.14	202.98	60.40
5	0.8000	201.88	189.42	257.88	60.80
7	0.8571	226.44	169.25	292.70	105.00
10	0.9000	251.74	209.34	328.87	110.00
20	0.9500	292.58	246.78	397.82	115.00
30	0.9667	327.11	288.13	437.89	126.00
40	0.9750	348.52	283.11	465.85	135.00
50	0.9800	361.52	294.58	487.64	154.00
60	0.9833	373.75	304.09	505.43	164.00
70	0.9857	384.06	312.03	520.45	169.00
80	0.9875	393.01	318.90	533.48	172.00
90	0.9889	400.89	324.94	544.92	194.00
100	0.9900	407.93	330.34	555.18	213.00
200	0.9950	454.17	365.77	622.57	299.00
300	0.9967	481.17	386.42	661.97	339.00
500	0.9980	516.17	412.39	711.50	
Quantile pour une période de retour donnée					
1000	0.9990	561.28	447.58	778.95	



Ajustement de la loi Log-normale
Seules les cellules colorées sont modifiables

Echantillon: Pimax à Courbessac
 Moyenne: 140.52
 Ecart-type: 65.25
 Intervalle de confiance (%): 80

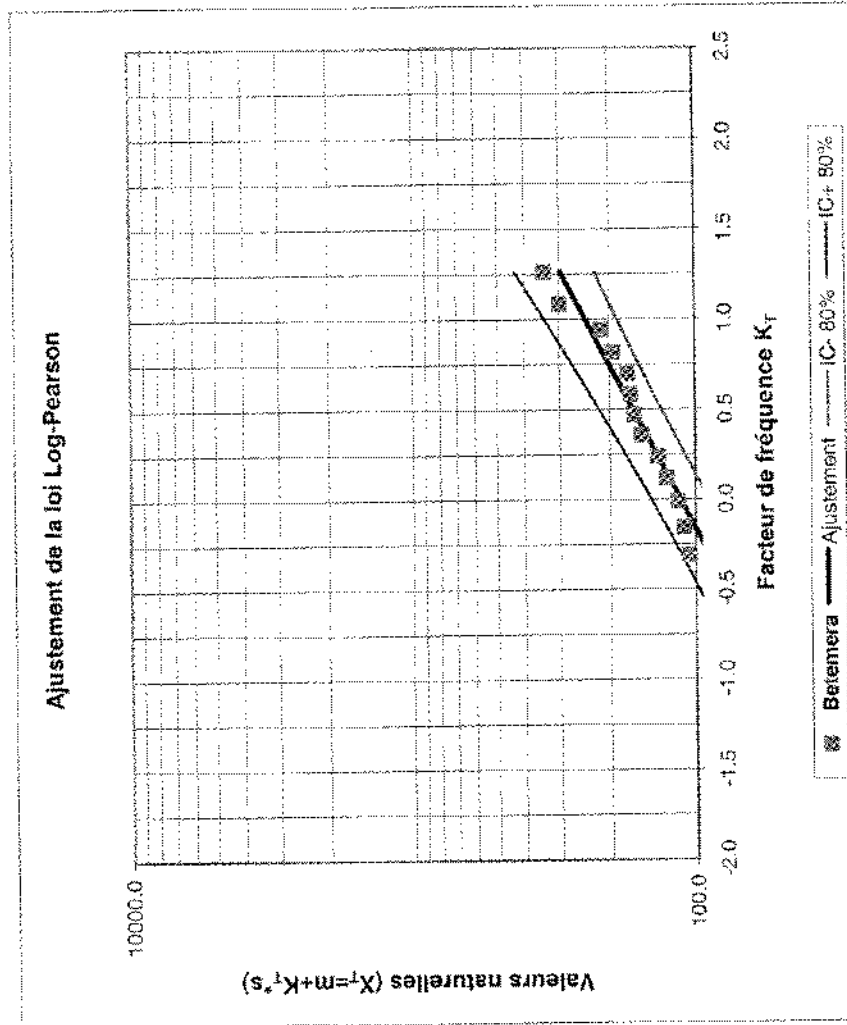
Période de retour (années)	Fréquence (F)	Quantile	Borne inférieure 80%	Borne supérieure 80%	Valeurs classées
1.01	0.0099	19.08	11.00	27.91	14.30
2	0.5000	112.91	66.63	143.76	47.00
2.93	0.5708	129.34	102.08	166.07	51.80
3	0.6667	156.79	123.74	205.01	60.40
5	0.8000	214.58	167.05	293.05	60.90
7	0.8571	254.97	185.68	358.78	105.00
10	0.9000	300.22	227.09	435.82	110.00
20	0.9500	396.17	290.43	609.34	115.00
30	0.9667	457.67	329.47	726.78	126.00
40	0.9750	503.87	358.16	817.84	135.00
50	0.9800	541.25	381.04	893.14	154.00
60	0.9833	572.62	400.14	957.82	164.00
70	0.9857	600.25	416.57	1014.78	169.00
80	0.9875	624.57	431.03	1065.83	172.00
90	0.9889	646.46	443.96	1112.27	194.00
100	0.9900	666.38	455.66	1154.90	213.00
200	0.9950	806.09	536.08	1462.77	299.00
300	0.9967	895.04	585.99	1666.42	339.00
500	0.9980	1015.18	662.06	1949.94	
25	0.9600	429.50	311.72	572.43	



Ajustement de la loi de Log-Pearson III
 Seules les cellules colorées sont modifiables

Echantillon: **Betemera**
 Moyenne (m): 140.52
 Ecart-type (s): 85.25
 Intervalle de confiance (%): 80

Période de retour (ans)	Fréquence (F)	Quantile ($X_p = K_T \cdot s + m$)	Borne inférieure 80%	Borne supérieure 80%	Valeurs classées
1.01	0.0099	10.45	5.99	16.84	14.30
2	0.5000	129.82	102.84	165.68	47.00
2.33	0.5708	146.46	116.30	189.39	51.80
3	0.6667	171.64	136.82	226.32	60.40
5	0.8000	214.82	167.90	293.41	60.90
7	0.8571	238.97	185.21	352.74	105.00
10	0.9000	261.63	201.10	370.69	110.00
20	0.9500	298.52	225.45	434.67	115.00
30	0.9667	316.72	238.61	468.81	126.00
40	0.9750	328.22	248.27	487.50	135.00
50	0.9800	336.45	251.72	502.43	154.00
60	0.9833	342.76	255.87	513.95	164.00
70	0.9857	347.82	259.20	523.24	169.00
80	0.9875	352.01	261.94	530.96	172.00
90	0.9889	355.57	264.28	537.51	194.00
100	0.9900	358.64	266.27	543.20	213.00
200	0.9950	376.48	277.84	576.50	289.00
300	0.9967	385.24	283.48	593.01	339.00
500	0.9980	394.77	289.59	611.08	
Enter a required frequency:					
25	0.9600	308.87	233.36	452.80	



Application de la méthode du Renouvellement
 Seules les cellules colorées sont modifiables

Données

Intervalle de confiance (%):

Avec la loi Exponentielle:

$$Q(T) = \ln(1.47xT) + 70$$

Période de retour (ans)	Fréquence (F)	Quantile Fuller ($X_T = \ln(u.T) + x_0$)	Borne Fuller inférieure 70%	Borne Fuller supérieure 70%
1.01	0.0099	102.86	90.17	115.54
2	0.5000	159.45	142.09	176.80
2.33	0.5708	172.10	153.38	180.81
3	0.6667	183.03	171.91	214.14
5	0.8000	235.34	206.01	261.67
7	0.8571	263.21	233.28	293.13
10	0.9000	292.75	258.92	326.58
20	0.9500	350.16	308.57	391.75
30	0.9667	383.74	337.55	429.94
40	0.9750	407.57	358.09	457.06
50	0.9800	426.05	374.01	478.10
60	0.9833	441.15	387.02	495.29
70	0.9857	453.92	398.01	509.94
80	0.9875	464.98	407.93	522.44
90	0.9889	474.74	415.92	533.65
100	0.9900	483.46	423.43	543.60
200	0.9950	540.88	472.81	608.94
300	0.9967	574.46	501.68	647.24
500	0.9980	616.77	538.04	695.50
Quantile pour une période de retour donnée:				
25	0.9600	368.64	324.52	412.76

Crues observées

70 IC: 70% IC+ 70%

Avec la loi de Weibull

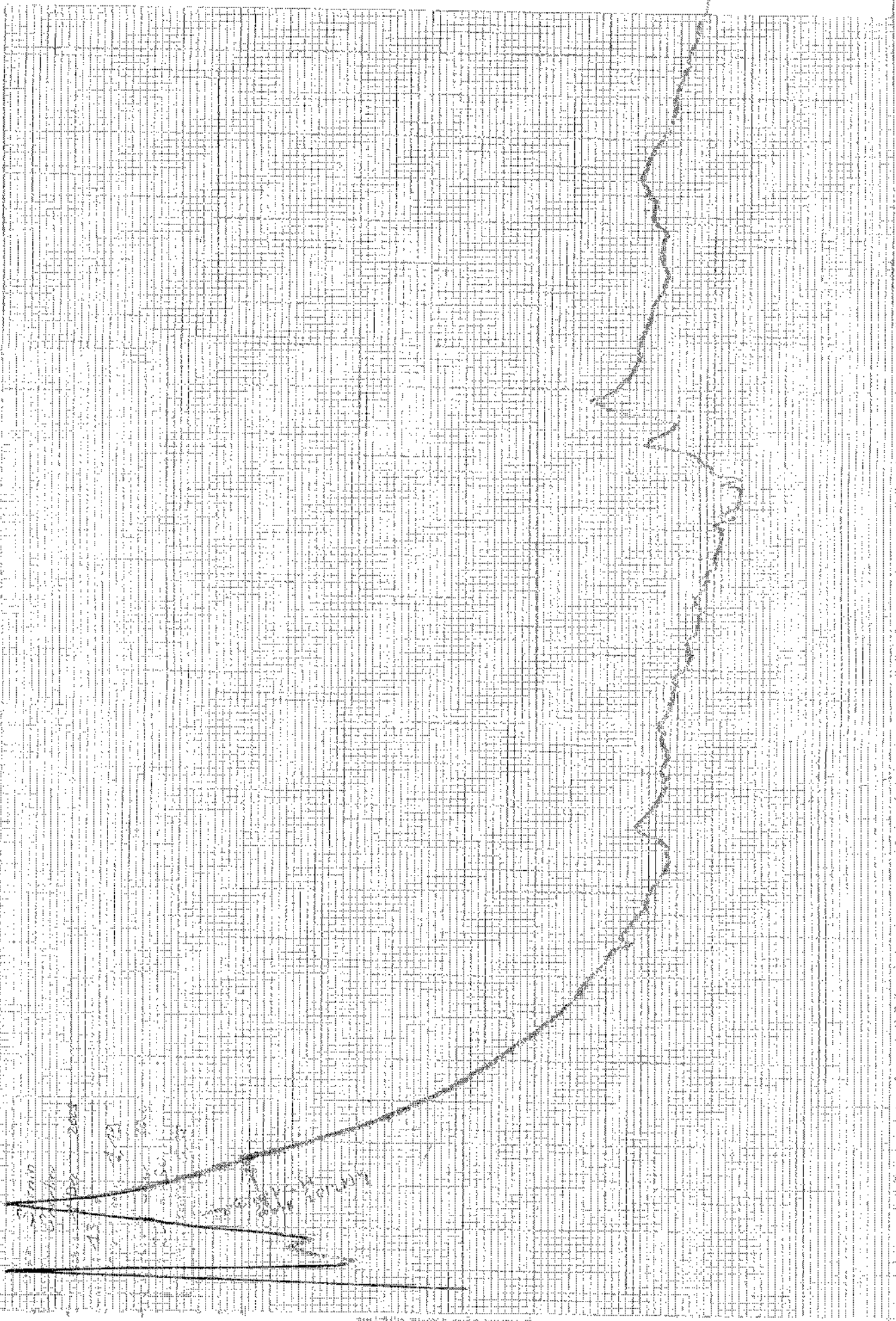
$$Q(T) = 80.975 \times \ln(1.47xT) + 054 + 70$$

Année (tabA)	Echantillon (tabV)	Période de retour (ans)	Fréquence (F)	Quantile Weibull ($X_T = u^g + x_0$)	Borne Weibull inférieure 70%	Borne Weibull supérieure 70%
1971	74.30	1.01	0.0099	100.57	87.18	113.96
1971	126.00	2	0.5000	157.81	139.51	176.10
1973	135.00	2.33	0.5708	170.94	151.29	190.88
1974	84.10	3	0.6667	192.86	170.64	215.07
1974	105.00	5	0.8000	237.74	209.01	266.47
1974	103.00	7	0.8571	267.66	233.72	301.50
1975	91.00	10	0.9000	299.63	259.45	339.81
1975	75.70	20	0.9500	362.38	308.31	416.45
1975	75.70	30	0.9667	399.42	336.31	462.54
1975	172.00	40	0.9750	425.84	355.94	495.73
1976	137.00	50	0.9800	446.39	371.05	521.73
1978	169.00	60	0.9833	463.23	383.33	543.13
1978	82.20	70	0.9857	477.49	393.66	561.33
1979	110.00	80	0.9875	489.87	402.58	577.16
1981	213.00	90	0.9889	500.80	410.42	591.19
1981	88.00	100	0.9900	510.60	417.41	603.78
1981	135.00	200	0.9950	575.28	462.98	687.59
1982	194.00	300	0.9967	613.32	489.31	737.34
1982	91.00	500	0.9980	661.44	522.18	800.70
1983	339.00	Quantile pour une période de retour donnée:				
1983	339.00	1000	0.9990	727.05	566.27	887.83
1984	76.10					
1985	151.00					

Annexe 2.3.

Limnigramme de la crue de décembre 2003 à l'ancienne station de Tigny (source DDE Charlieu)

05.12.2005 Decembre 2005



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25

2

25

1

36

Annexe 3.

Annexe hydrologique

Annexe 3.1.

Présentation du logiciel PHENIX

PRESENTATION DU LOGICIEL « PHENIX »

1. OBJECTIFS.....	54
2. PRINCIPE.....	54
2.1 Les bassins versants	55
2.2 Les tronçons de rivière pour le routage	56
2.3 Les ouvrages écrêteurs	56
2.4 La composition des hydrogrammes	56
3. L'APPARENCE DE L'OUTIL ET LA FACILITE D'UTILISATION	57

PRESENTATION DU LOGICIEL « PHENIX »

5. OBJECTIFS

Phenix est un logiciel de modélisation hydrologique de la formation et de la propagation de crue sur un bassin versant qui permet :

- de déterminer un hydrogramme à l'exutoire d'un bassin versant à partir de données pluviométriques (transformation pluie-débit) ;
- de le propager ensuite dans le cours d'eau (routage) ;
- de simuler l'effet de bassins de rétention sur le BV

6. PRINCIPE

Avant toute modélisation, il est nécessaire de savoir où l'on souhaite, sur le bassin versant, obtenir les résultats. Le découpage en sous-bassins versants doit être judicieusement choisi car les exutoires des BV correspondent à des points de calculs pour le modèle et permettront de visualiser les résultats.

Le schéma peut comporter différents éléments :

- des bassins versants
- des tronçons de rivière
- des confluences
- des retenues
- des injections et des prélèvements etc.

Ces différents éléments ne remplissent pas les mêmes fonctions :

- les bassins versants génèrent un hydrogramme à partir de la pluie.
- les tronçons de rivière ont deux fonctions : permettre la propagation de l'hydrogramme le long du cours d'eau (le routage) ou relier des éléments entre eux (pas de routage).
- les confluences correspondent à des jonctions de rivière (somme des hydrogrammes). Les différents cours d'eau des bassins versants qui se jettent au même endroit dans le cours d'eau principal, sont schématiquement représentés par des bassins versants reliés par des tronçons de rivière à une confluence.

6.1 LES BASSINS VERSANTS

Le logiciel permet de calculer l'hydrogramme à un exutoire donné en fonction d'une pluie réelle (hyétogramme connu) ou une pluie de projet (méthode Keiffer) par la méthode Rationnelle et la méthode SCS.

La formule **Rationnelle** permet d'estimer le débit de pointe à l'exutoire d'un bassin versant soumis à des précipitations. Elle repose sur le concept du temps de concentration et précise que le débit maximum à l'exutoire d'un bassin versant ne peut être observé que sous une averse de même période de retour et de durée égale au temps de concentration. La pluie doit être uniforme et constante dans le temps. Une méthode dite « Rationnelle améliorée » a été introduite dans le logiciel Phenix pour permettre de déterminer l'hydrogramme correspondant au débit de pointe donné par la formule Rationnelle classique et le coefficient de ruissellement.

Rappelons que la formule Rationnelle ne peut s'appliquer qu'à de petits bassins versants de quelques dizaines de kilomètres carrés.

La **méthode SCS** du Soil Conservation Service a été mise au point aux Etats Unis sur la base de résultats de mesures pluvio-hydrométriques pratiquées sur plusieurs centaines de bassins versants. BRL ingénierie l'a appliquée et calée en région méditerranéenne sur des bassins jaugés, et obtenu des résultats assez proches de la réalité.

Avant tout, on suppose qu'un épisode pluvieux de période de retour T engendre un ruissellement de même période de retour. Les seules données nécessaires à la transformation sont les caractéristiques de la pluie choisie et les caractéristiques géométriques et physiques du bassin versant.

Elle fait appel à un coefficient d'aptitude au ruissellement CN qui est estimé en fonction de la nature et de l'occupation du sol en se référant à des tables de correspondance du Soil Conservation Service pré-établies pour les valeurs les plus courantes.

La fonction de production (calcul de la pluie nette) est basée sur la loi de Horton et le principe de l'hydrogramme élémentaire est utilisé pour la transformation pluie nette – débit. L'hydrogramme global résulte de la composition d'une série des hydrogrammes élémentaires.

Les hypothèses retenues, tant sur le plan de la forme de l'hydrogramme élémentaire que sur celui des paramètres entrant dans les formules, ont été vérifiées sur un grand nombre de bassins dans nombreux pays sous des types de climats très différents.

Il est apparu également que l'application de cette méthode en France sur quelques bassins connus donne des résultats assez proches de ceux fournis par d'autres méthodes plus précises prenant en compte les séries de débits.

L'efficacité de cette méthode tient notamment au fait qu'elle utilise non seulement les caractéristiques géométriques du bassin, mais également les caractéristiques des sols et du couvert, tenant compte des conditions d'humidité initiales et permettant de déterminer l'évolution de l'infiltration au cours de l'épisode pluvieux. On se rapproche ainsi très sensiblement de la réalité du phénomène.

6.2 LES TRONÇONS DE RIVIERE POUR LE ROUTAGE

La propagation du débit peut s'effectuer dans Phenix de deux manières différentes :

- - Méthode « empirique »
- En modifiant l'hydrogramme selon la méthode de Muskingum (translation et l'écrêtement).

Pour la méthode empirique, on introduit, en fonction de l'expérience de l'utilisateur et des données d'observation disponibles, deux paramètres caractérisant l'hydrogramme propagé: le taux d'aplatissement de l'hydrogramme et le décalage dans le temps de l'hydrogramme aval par rapport à celui en amont du tronçon.

Pour le modèle **Muskingum**, l'utilisateur a le choix entre le modèle simple et Muskingum – Cunge. Ce dernier permet de déterminer les paramètres du modèle en fonction de la géométrie du lit du cours d'eau.

Des modules spécifiques ont été développés dans le logiciel pour faciliter le calage des modèles, l'analyse et l'édition des résultats.

6.3 LES OUVRAGES ECRETEURS

L'écrêtement de crue par une retenue peut être simulé dans le logiciel en tenant compte :

- De la courbe caractéristique de la retenue (relation Hauteur / Volume)
- De la dimension des évacuateurs (pertuis, évacuateur de surface) ; la loi de déversoir ou la loi de vannes peut être utilisée.

On peut obtenir facilement tous les résultats détaillés concernant le fonctionnement de l'ouvrage pendant une crue : niveau maximum atteint dans la retenue, débit maximum en sortie, taux d'écrêtement, l'hydrogramme laminé etc.

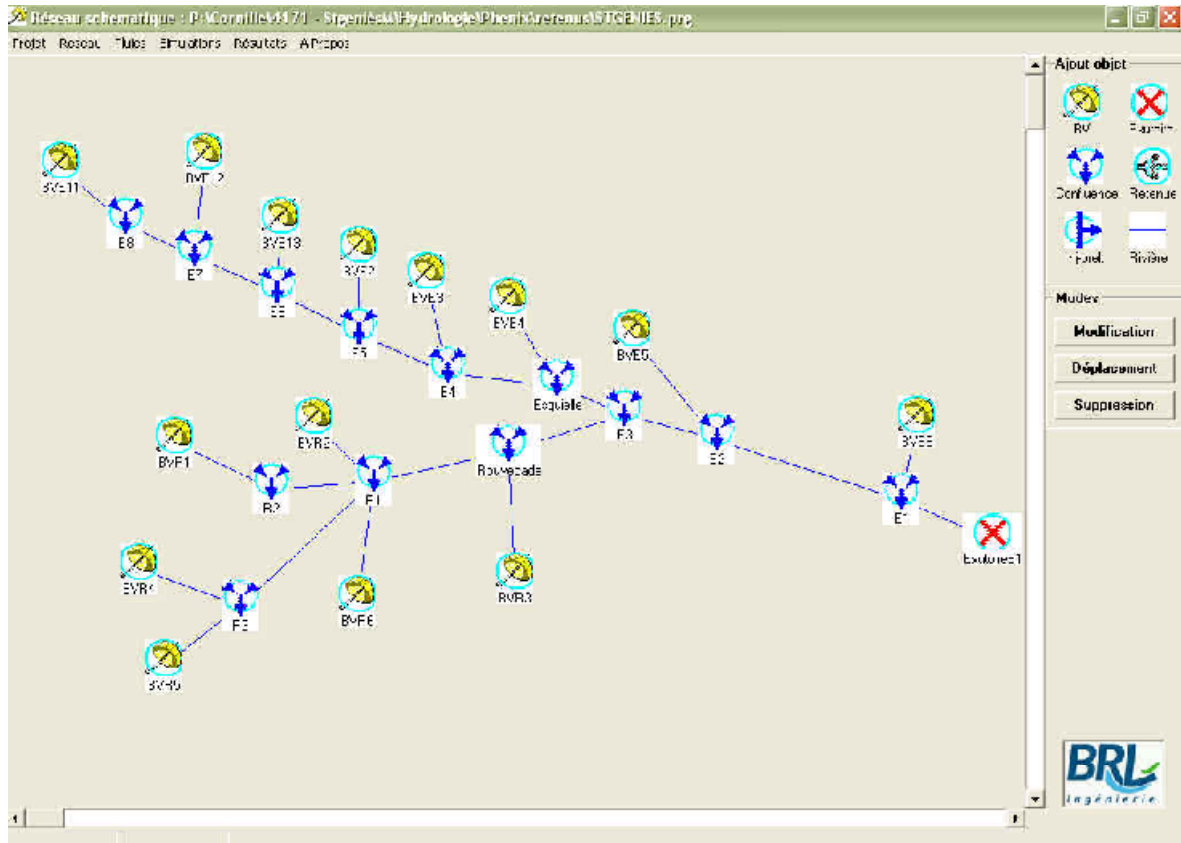
Ce module peut également être utilisé indépendamment des autres fonctions pour le dimensionnement d'un ouvrage et l'optimisation de la dimension des évacuateurs.

6.4 LA COMPOSITION DES HYDROGRAMMES

Le logiciel traite les confluent, défluent, prélèvements et apports latéraux, ce qui permet de modéliser d'une manière relativement facile des systèmes hydrologiques très complexes.

7. L'APPARENCE DE L'OUTIL ET LA FACILITE D'UTILISATION

L'écran principal du logiciel permet par le déplacement d'icônes de construire et modifier la structure du modèle hydrologique.



Il est ensuite possible de construire une bibliothèque de pluie qui feront ensuite l'objet des simulations et qui pourront être appliquées à tout ou partie du bassin versant :

L'écran de saisie des pluies se présente de la manière suivante :

The screenshot shows the 'Pluies' software interface. On the left, there is a 'Liste des Pluies' with a scrollable list containing items like 'Nîmes100ans,6h', 'Nîmes100ans,3h_inf', 'Septembre,2002', 'Nîmes100ans,6h_seuil', and 'Nîmes100ans12h_seuil'. Below this is a 'Suppression' button. Further down, there is a 'Nom de la pluie' field containing 'Septembre2002' and a 'Type de pluie' section with radio buttons for 'projet' and 'réelle' (selected).

In the center, the 'Pluie réelle' section has input fields for 'Pas de temps (h)' and 'Pas de temps (min)', a 'Pluie totale (mm)' field, and 'Copier' and 'Coller' buttons.

On the right, the 'Hyétoqramme' section contains a table with two columns: 'Temps (min)' and 'Intensité'. The table data is as follows:

Temps (min)	Intensité
0	.00
5	.00
10	.00
15	.00
20	.00
25	.00
30	.00
35	.00
40	.00
45	.00
50	.00
55	.00
60	.00
64.99998	.00

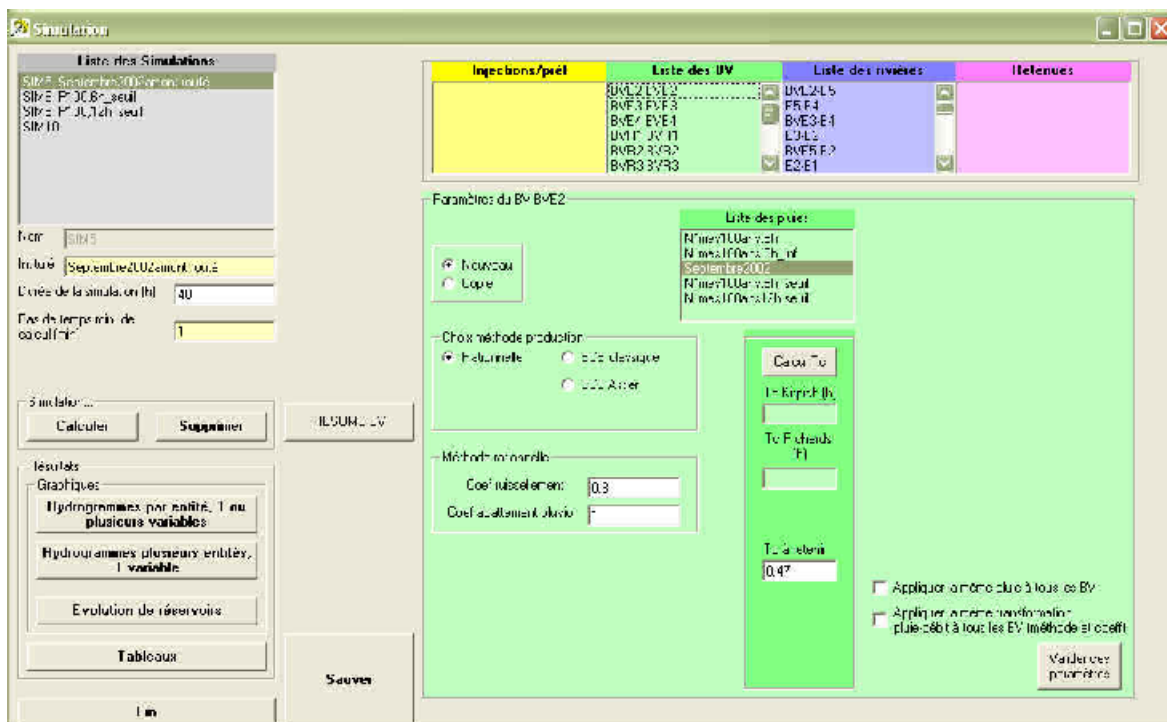
At the bottom, there is a hydrograph plot showing intensity I (mm/h) on the y-axis (0 to 150) versus time t (h) on the x-axis (0 to 35). The plot shows a red line representing the rainfall intensity over time, with several peaks reaching up to 100 mm/h.

At the bottom left, there are buttons for 'Valider la pluie' and 'Fin'.

Il est possible de saisir des pluies réelles ou de construire des pluies de projet.

La présentation sous forme graphique de la pluie permet une vérification rapide et conviviale.

L'intégration dans le modèle hydrologique des paramètres associés aux différentes méthodes (coefficients de ruissellement, paramètres de routage, ...) sont saisies dans un écran qui vision synthétique des différentes informations.



Un code couleur permet de différencier les productions des bassins versants, les fonctions de routage sur les tronçons de cours d'eau et les fonctions d'écêtement des ouvrages de retenue.

A partir de cet écran, il est possible de lancer le calcul. Les résultats se présentent ensuite sous différentes formes graphiques et numériques.

Annexe 3.2.

Méthodes de transformation Pluie-Débit

PRESENTATION DE LA METHODE RATIONNELLE

Ce modèle déterministe repose sur le concept de temps de concentration et précise que le débit maximum à l'exutoire d'un bassin versant ne peut être observé que sous une averse de durée égale au temps de concentration défini comme le plus long temps d'écoulement sur le bassin jusqu'à l'exutoire.

- $Q = \frac{1}{36} CIS$

Q = Débit de pointe en m³/s

S = Superficie du bassin versant en km²

C : Coefficient de ruissellement

I = Intensité en mm/h sur la durée de l'averse prise en compte (soit le temps de concentration)

Le temps de concentration est déterminé en fonction des caractéristiques du bassin versant par l'une ou l'autre des formules usuelles (Passini, Kirpich, Richards...)



Ce logiciel interactif programmé en Fortran, utilise la méthode du Soil Conservation Service pour déterminer les hydrogrammes de crue.

Son principe est le suivant :

Le choix de la durée de l'épisode pluvieux, et celui du pas de temps de calcul pour la transformation pluie-débit, dépendent du temps caractéristique du bassin versant étudié caractérisé par le temps de concentration TC.

$$TC = f(L, H)$$

L = longueur du plus grand thalweg

H = dénivelée correspondante

L'hydrogramme élémentaire, généré par la pluie élémentaire, est supposé triangulaire, avec les caractéristiques suivantes :

débit de pointe	:	QP
temps de montée	:	$TP = \frac{D}{2} + K1 TC$
temps de descente	:	$Td = K2 Tp$
temps de base	:	$Tb = Tp + Td$

K1 et K2 sont des paramètres qui dépendent des caractéristiques du bassin versant et qui sont ajustés pendant la phase de calage du modèle.

La lame d'eau ruisselée est donnée en fonction de la pluie P par une équation du type $LR = f(P, S)$.

Pmm	:	pluie cumulée
Smm	:	déficit maximum théorique

La résolution de $LR = f(P)$ donne, pour une valeur de S, une courbe dite courbe de ruissellement identifiée par son numéro N variable entre 0 et 100.

La courbe de ruissellement est choisie en fonction de la nature du couvert du bassin versant en se référant à des tables de correspondance pré-établies.

Le volume ruisselé élémentaire est donc :

$$VE = LR \times A$$

A : surface du bassin versant

et
$$VE = \frac{Qp \times Tb}{2}$$

Ces équations permettent de déterminer QP, débit de pointe de l'hydrogramme élémentaire.

Le calcul de la lame d'eau ruisselée à chaque pas de temps permet de déterminer chacun des hydrogrammes élémentaires. L'hydrogramme résultant est obtenu par sommation des hydrogrammes élémentaires.

Annexe 3.3.

Présentation de la méthode du Gradex

PRESENTATION DE LA METHODE DU GRADEX

Elle est basée sur l'hypothèse de base suivante : "au-delà d'un certain seuil, tout excédent de précipitation engendre un excédent identique de ruissellement".

Le seuil habituellement utilisé est l'épisode décennal. On détermine dans un premier temps, le temps caractéristique du bassin versant (temps de concentration) et on calcule les pluies (loi de Gumbel) et ruissellements correspondant pour la durée du temps caractéristique.

Pour des pluies supérieures à 10 ans de période de retour, la loi de probabilité des ruissellements sera donc une parallèle à celle des pluies (en coordonnées de Gumbel) qui débute à la période de retour 10 ans pour laquelle le ruissellement a été calculé en utilisant les données observées.

Le débit de point et l'hydrogramme sont obtenus en répétant l'opération précédente pour différentes durées, et par identité de forme avec les hydrogrammes observés.

L'ensemble des problèmes d'adéquation des échantillons à la loi de Gumbel, tant pour les pluies que pour les débits, est traité par le logiciel HYDROSTAT qui permet ainsi d'obtenir les lames d'eau ruisselées et débits de pointe correspondants pour n'importe quelle période de retour.

Annexe 3.4.

Présentation de la méthode QDF et résultats

PRESENTATION DU MODELE <QDF>

Le modèle QdF décrit les relations qui existent entre les débits, la durée et la fréquence. Ses deux propriétés principales sont une représentation synthétique du régime hydrologique d'un bassin versant en crue, et la particularité de pouvoir être utilisé sur d'autres bassins versants que ceux ayant servi au calage, par le biais de deux paramètres locaux réputés connus (*ou estimables*) sur tout bassin versant : débit de pointe décennal et durée caractéristique de crue du bassin versant.

Les modèles calés par CEMAGREF sur de nombreuses données d'observations, appelés modèles de référence, sont transposables sur la plupart des cours d'eau français. Les modèles sont valables pour des bassins versants de surfaces très différentes, ce qui permet leur utilisation sur des bassins de superficie plus petite ou plus grande, mais aussi sur le même linéaire, en amont et en aval d'une station de contrôle.

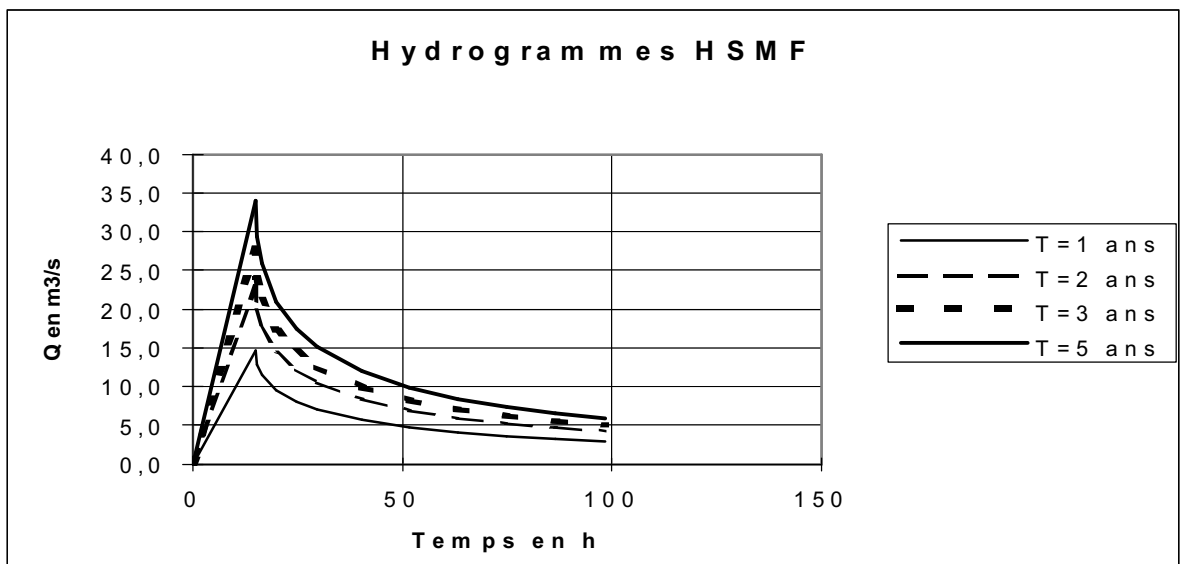
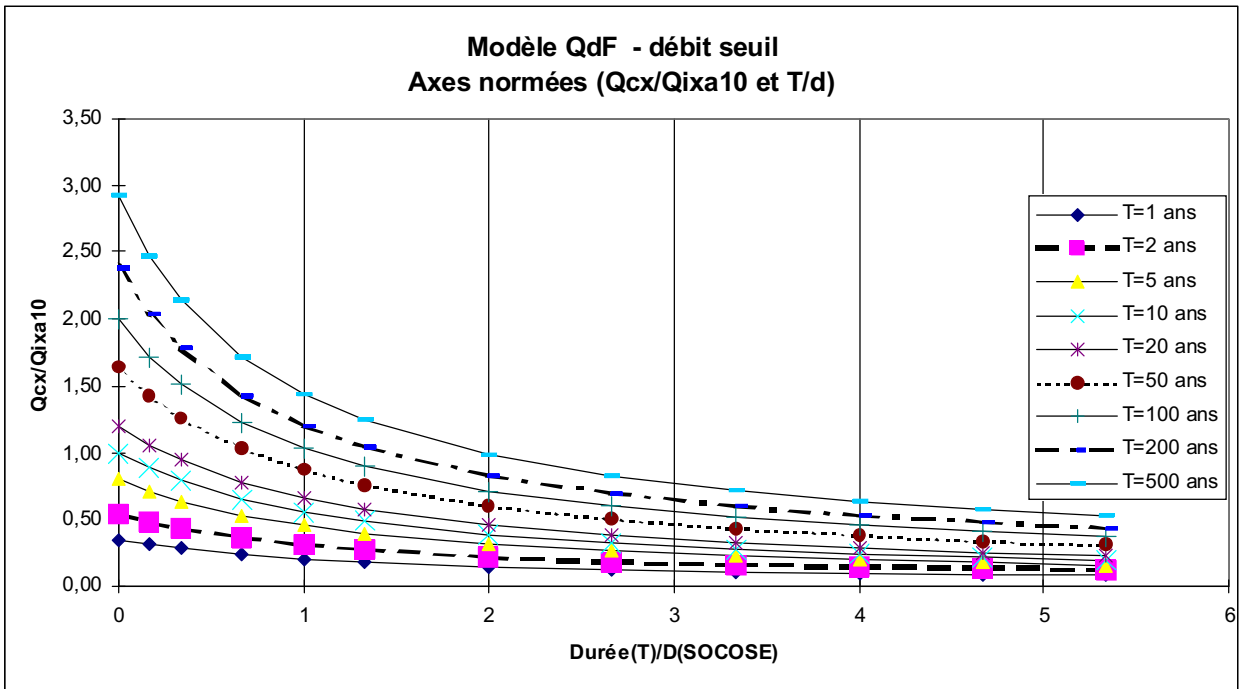
Les deux paramètres locaux, la durée caractéristique de crue notée D et le débit de crue décennal noté QIXA10, peuvent être estimés à partir des données hydrométriques ou par des calculs théoriques. Une fois les valeurs de ces deux paramètres (ou les formules utilisées pour l'estimation de ces paramètres) déterminées le débit et le volume seront connus sur l'ensemble du cours d'eau, quelles que soient la superficie du bassin, la durée et la fréquence de la crue.

L'hydrogramme de crue déduit des courbes QdF est appelé Hydrogramme Synthétique Mono fréquentiel (HSMF). En effet pour une fréquence donnée le volume de la crue est connu sur la courbe QdF correspondante pour n'importe quelle durée: l'hydrogramme est construit sur la base des points durée – volume (le débit de pointe est considéré égal au volume écoulé en une seconde).

Lorsque le modèle est construit sur un cours d'eau principal les débits des affluents sont déterminés par différence des débits amont et aval du confluent.

Un programme informatique a été réalisé par BRLi en adaptant le principe de la méthode QdF, il fonctionne sous EXCEL.

Des exemples des modèles de référence (modèle normé) et des hydrogrammes HSMF sont montrés ci-après.



ESTIMATION DU Q10

8. METHODE SOCOSE

Cette méthode est le résultat d'une synthèse menée à partir de l'observation de 5000 crues sur 194 bassins versants de 2 à 200 km². Elle utilise un modèle simple de transformation de la pluie en débit.

Elle s'intéresse à deux variables pour décrire la crue: le débit instantané maximal annuel décennal et la durée caractéristique de crue D_s du bassin versant.

Les données nécessaires sont les suivantes : la superficie S du bassin (km²), la longueur du chemin hydraulique le plus long (km), la pluie journalière maximale annuelle décennale (mm) et la pluie moyenne annuelle (mm).

Formulation : pour le calcul du débit instantané décennal, il faut auparavant déterminer D_s, J, K et r.

- D_s: durée caractéristique de crue du bassin versant (h)

$$\ln(D_s) = -0.69 + 0.32 \ln(S) + 2.2 (P_a / (P_{j10} * T_a))^{1/2}$$

- J: interception potentielle (mm)

$$J = 260 + 21 \ln(S/L) - 54 (P_a / P_{j10})^{1/2}$$

- K : indice volumétrique

$$K = 24b P_{j10} / 21 (1 + S^{1/2} / 30 D_s^{1/3})$$

- r : nombre intermédiaire

$$r = 1 - J / 5K (1.25 D_s)^{3-b}$$

- Q_{i10}: débit instantané maximal annuel centennal

$$Q_{i10} = [KS / (1.25 D_s)^b] [r^{2/(15-12r)}]$$

$$Q_{i10} = [KS / (1.25 D_s)^b] [r^{2/(15-12r)}]$$

L'intervalle de confiance à 70% est [Q/2, 2Q]

9. METHODE CRUPEDIX

La méthode CRUPEDIX (1980-1982) permet l'estimation du débit de pointe décennal (Q_{i10}). La formulation ci-après a été obtenue par une analyse statistique de 630 bassins versants de moins de 2000 km².

$$Q_{i10} = S^{0.8} (P_{j10} / 80)^2 R$$

où

- Q_{i10} débit instantané maximal annuel décennal
- S superficie du bassin versant en km²
- P_{j10} pluie journalière maximale annuelle décennale en mm
- R coefficient régional que l'on prendra ici égal à 1

L'incertitude de la méthode pour l'échantillon considéré est grande. L'intervalle de confiance à 70% est $[2/3Q, 3/2Q]$ et celui à 90% est $[Q/2, 2Q]$.

Caractéristiques

D	QIXA10	S
22.00	114.00	457

Tableau en VCX

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
0.870	4.960	0.000	1.070	2.500	0.059	0.057	0.690	0.046

d	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	A	B	C
D/2 a 10D	2	5	10	30	50	100	500	1.000			
0.0	74.1	98.8	114.0	157.5	192.1	256.6	471.0	580.0	0.22	0.50	1.50
11.0	64.5	85.3	101.0	141.0	173.1	233.4	437.0	541.3	0.20	0.43	1.44
22.0	57.7	76.8	91.2	128.2	158.1	214.8	408.6	508.6	0.18	0.38	1.38
44.0	48.3	64.8	77.3	109.4	135.8	186.4	363.3	455.7	0.16	0.31	1.29
66.0	42.2	56.7	67.7	96.1	119.7	165.4	328.1	414.0	0.14	0.27	1.21
88.0	37.9	50.8	60.6	86.1	107.4	149.1	299.7	380.0	0.12	0.25	1.14
110.0	34.6	46.3	55.1	78.3	97.7	136.0	275.3	351.7	0.11	0.23	1.07
220.0	25.9	33.7	39.7	55.4	69.0	96.2	200.9	258.9	0.08	0.17	0.84

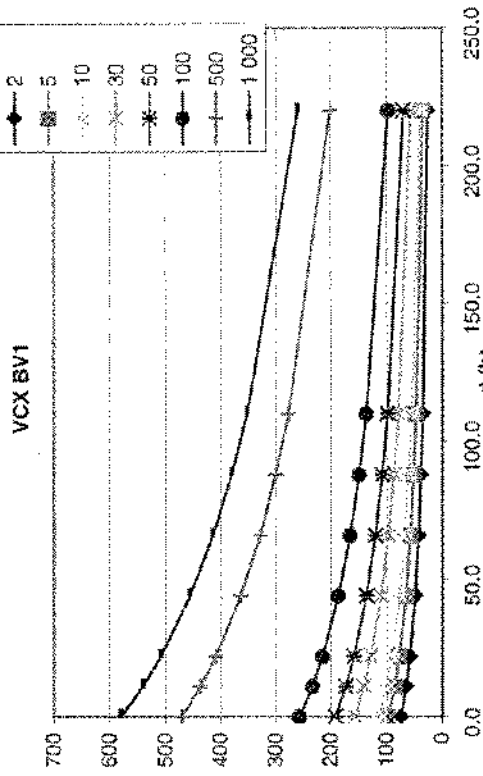
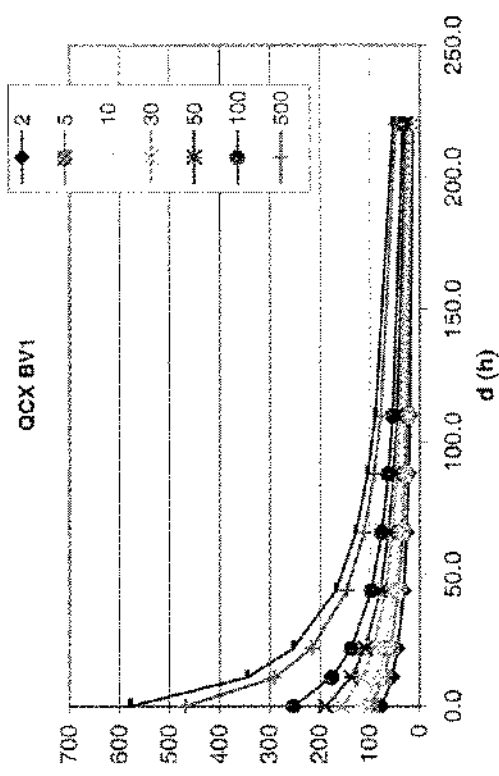


Tableau en QCX

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
2.570	4.860	0.000	2.100	2.100	0.050	1.490	0.060	0.017

d	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T7	T7	A	B	C
D/2 a 10D	2	5	10	30	50	100	500	1.000				
0.0	76.2	97.7	114.0	155.6	189.1	252.4	467.8	578.6	0.21	0.53	1.53	
11.0	54.7	71.7	84.6	115.3	137.6	176.1	290.6	345.5	0.16	0.37	0.73	
22.0	43.5	57.5	68.2	92.6	109.4	137.2	215.8	252.6	0.13	0.29	0.48	
44.0	31.7	42.1	50.0	67.4	78.8	95.8	145.8	168.2	0.10	0.21	0.29	
66.0	25.6	33.9	40.2	53.7	62.3	75.8	111.8	128.1	0.08	0.17	0.21	
88.0	21.8	28.7	33.9	45.0	52.0	62.9	91.5	104.5	0.07	0.15	0.17	
110.0	19.2	25.1	29.6	39.0	44.9	54.1	78.1	88.9	0.06	0.13	0.14	
220.0	13.2	16.6	19.2	24.7	28.1	33.4	47.3	53.6	0.03	0.09	0.08	



Nom BV: C4-Station hydro

Caractéristiques	D	QIXA10	S
	22.00	114.00	457.00

D'après le modèle : Soyons ($D=22h$, $QIXA10=103.0$ m³/s, $S=500$ km²)

Tableau en VCX normé

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
0.870	4.600	0.000	1.070	2.500	0.069	0.057	0.690	0.046

d/D	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
0.01	0.65	0.85	1.00	1.38	1.68	2.25	4.13	5.09
0.50	0.57	0.75	0.89	1.24	1.52	2.05	3.83	4.75
1.00	0.51	0.67	0.80	1.12	1.39	1.88	3.58	4.46
2.00	0.42	0.57	0.68	0.96	1.19	1.64	3.19	4.00
3.00	0.37	0.50	0.59	0.84	1.05	1.45	2.88	3.63
4.00	0.33	0.45	0.53	0.76	0.94	1.31	2.63	3.33
5.00	0.30	0.41	0.48	0.69	0.86	1.19	2.42	3.09

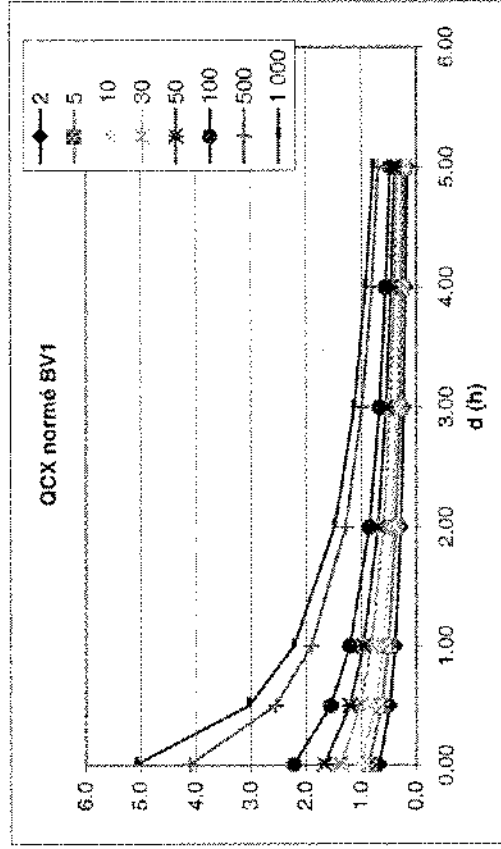
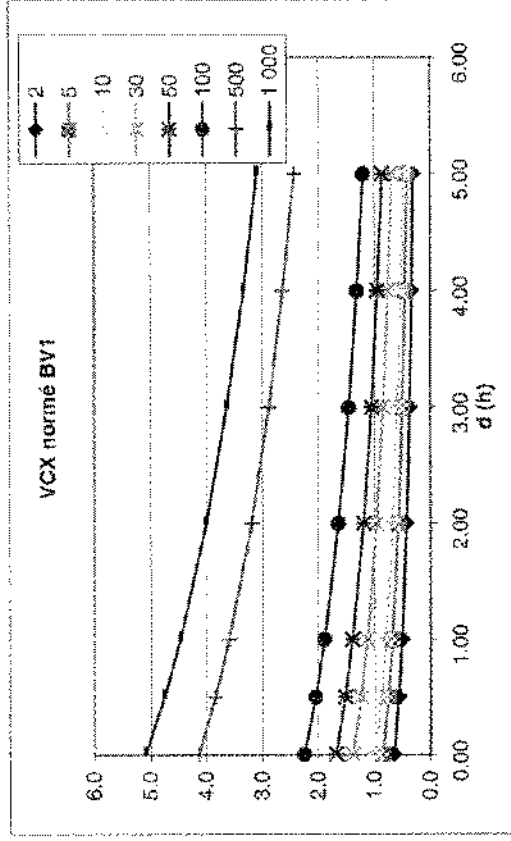
NB : la première durée correspond au débit instantané, pris non nul pour une raison d'échelle logarithmique

Tableau en QCX normé

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
2.570	4.860	0.000	2.100	2.100	0.050	1.490	0.660	0.017

d/D	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T7
0.01	0.67	0.86	1.00	1.36	1.66	2.21	4.10	5.08
0.50	0.48	0.63	0.74	1.01	1.21	1.55	2.55	3.03
1.00	0.38	0.50	0.60	0.81	0.96	1.20	1.89	2.22
2.00	0.28	0.37	0.44	0.59	0.69	0.85	1.28	1.48
3.00	0.22	0.30	0.35	0.47	0.55	0.67	0.98	1.12
4.00	0.19	0.25	0.30	0.39	0.46	0.55	0.80	0.92
5.00	0.17	0.22	0.26	0.34	0.39	0.47	0.68	0.78

NB : la première durée correspond au débit instantané, pris non nul pour une raison d'échelle logarithmique



Calcul des Hydrogrammes Synthétiques Monofréquence.

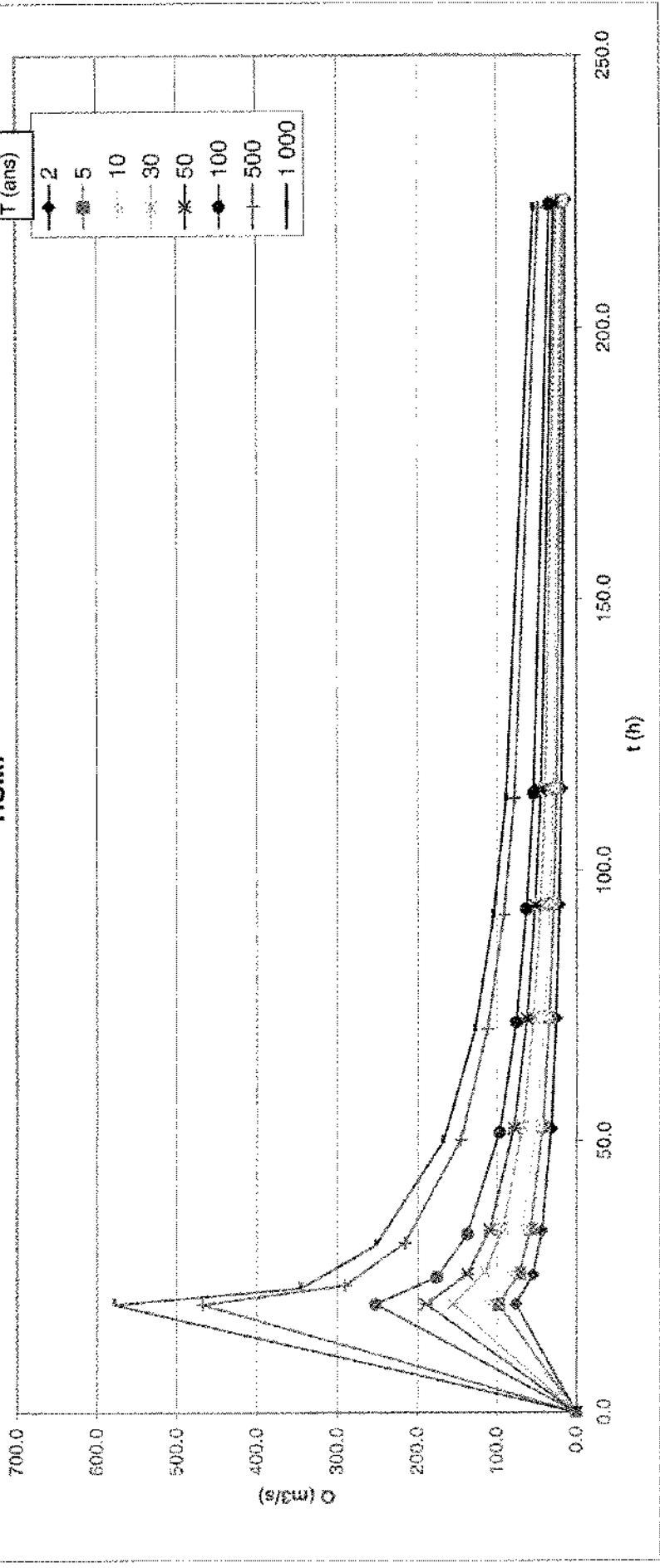
Nom du Bassin Versant : C4-Station hydro

Caractéristiques :

D (h)	22.0
QIXA10 (m3/s)	114.0
S (km2)	457
Im (h)	20.0

T1 2		T2 5		T3 10		T4 30		T5 50		T6 100		T7 500		T8 1 000	
t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20.0	76.2	20.0	97.7	20.0	114.0	20.0	155.6	20.0	189.1	20.0	252.4	20.0	467.8	20.0	578.6
25.4	54.7	25.7	71.7	25.8	84.6	25.8	115.3	25.6	137.6	25.0	176.1	23.4	290.8	22.9	345.5
33.4	43.5	33.8	57.5	34.0	68.2	33.9	92.6	33.6	109.4	32.9	137.2	31.2	215.8	30.7	252.6
52.3	31.7	52.6	42.1	52.8	50.0	52.7	67.4	52.3	78.8	51.7	96.8	50.2	145.8	49.8	168.2
72.7	25.6	72.9	33.9	73.0	40.2	72.9	53.7	72.6	62.3	72.0	75.8	70.8	111.8	70.4	128.1
93.7	21.8	93.9	28.7	93.9	33.9	93.8	45.0	93.5	52.0	93.0	62.9	91.9	91.5	91.6	104.5
115.0	19.2	115.1	25.1	115.2	29.6	115.0	39.0	114.8	44.9	114.3	54.1	113.3	78.1	113.1	88.9
223.5	13.2	223.4	16.6	223.4	19.2	223.2	24.7	223.0	28.1	222.6	33.4	222.0	47.3	221.9	53.6

HSMF



Nom BV : **C1**

D'après le modèle : Soyans (D=22h, QIXA10=103.0 m³/s, S=500 km²)

Caractéristiques

D	QIXA10	S
18.00	68.00	244

Tableau en VCX

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
0.870	4.980	0.000	1.070	2.580	0.099	0.057	0.690	0.046

d	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	A	B	C
D/2 a 10D	2	5	10	30	60	100	500	1 000			
0.0	44.2	57.7	68.0	93.9	114.6	153.0	281.0	346.0	0.22	0.50	1.50
9.0	38.5	50.9	60.2	84.1	103.2	139.2	260.7	322.9	0.20	0.43	1.44
18.0	34.4	45.8	54.4	76.5	94.3	128.1	243.8	303.4	0.18	0.38	1.38
36.0	28.8	38.6	46.1	65.3	81.0	111.2	216.7	271.8	0.16	0.31	1.29
54.0	25.2	33.8	40.4	57.3	71.4	98.7	195.7	246.9	0.14	0.27	1.21
72.0	22.6	30.3	36.1	51.4	64.1	88.9	178.8	226.7	0.12	0.25	1.14
90.0	20.7	27.6	32.9	46.7	58.3	81.1	164.8	209.8	0.11	0.23	1.07
180.0	15.4	20.1	23.7	33.1	41.1	57.4	119.9	154.4	0.08	0.17	0.84

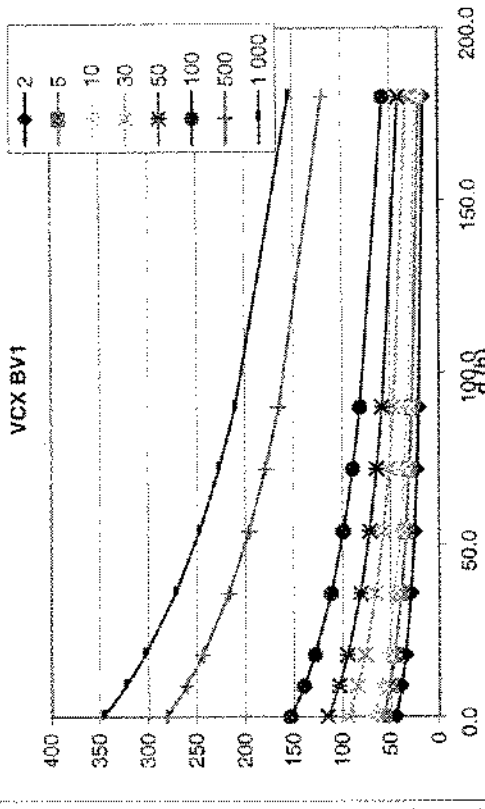
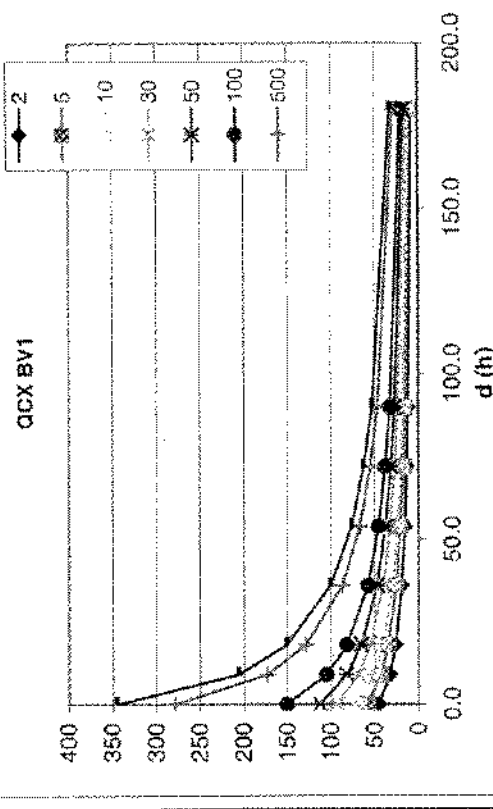


Tableau en QCX

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
2.570	4.860	0.000	1.100	2.100	0.050	1.490	0.660	0.017

d	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	A	B	C
D/2 a 10D	2	5	10	30	50	100	500	1 000			
0.0	45.5	58.3	68.0	92.8	112.8	150.6	279.0	345.1	0.21	0.63	1.53
9.0	32.7	42.8	50.5	68.8	82.1	105.1	173.4	206.1	0.16	0.37	0.73
18.0	25.9	34.3	40.7	55.2	65.2	81.9	128.7	150.6	0.13	0.29	0.48
36.0	18.9	25.1	29.9	40.2	47.0	57.8	87.0	100.3	0.10	0.21	0.29
54.0	15.2	20.2	24.0	32.0	37.2	45.2	66.7	76.4	0.08	0.17	0.21
72.0	13.0	17.1	20.2	26.8	31.0	37.5	54.6	62.3	0.07	0.15	0.17
90.0	11.5	15.0	17.6	23.3	26.8	32.2	46.6	53.0	0.06	0.13	0.14
180.0	7.9	9.9	11.5	14.7	16.8	19.9	28.2	32.0	0.03	0.09	0.08



Nom BV : C1

Caractéristiques	
D	CIXA10 S
18.00	68.00 244.00

D'après le modèle : Soyans (D=22h, CIXA10=103.0 m3/s, S=500 km2)

Tableau en VCX normé

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
0.870	4.600	0.000	1.070	2.500	0.099	0.057	0.690	0.046

d/D	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
0.01	2	5	10	30	50	100	500	1 000
0.50	0.65	0.85	1.00	1.38	1.68	2.25	4.13	5.09
1.00	0.57	0.75	0.89	1.24	1.52	2.05	3.83	4.75
2.00	0.51	0.67	0.80	1.12	1.39	1.88	3.58	4.46
3.00	0.42	0.57	0.68	0.96	1.19	1.64	3.19	4.00
4.00	0.37	0.50	0.59	0.84	1.05	1.45	2.88	3.63
5.00	0.33	0.45	0.53	0.76	0.94	1.31	2.63	3.33
	0.30	0.41	0.48	0.69	0.86	1.19	2.42	3.09

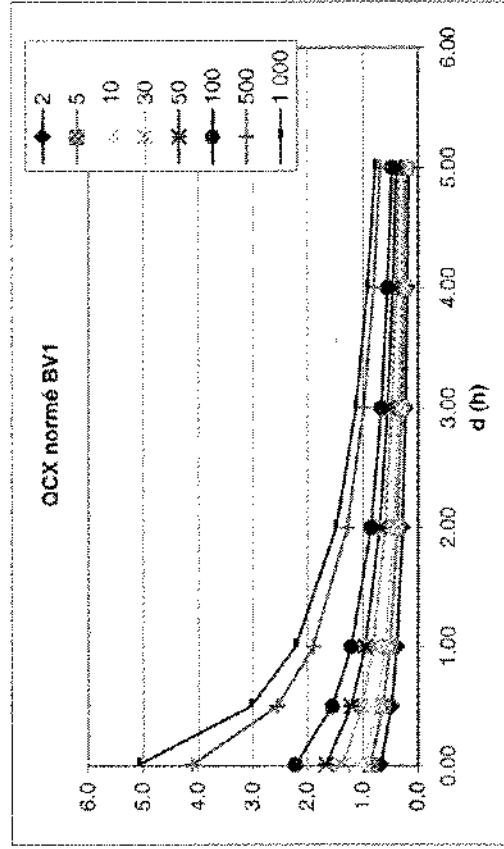
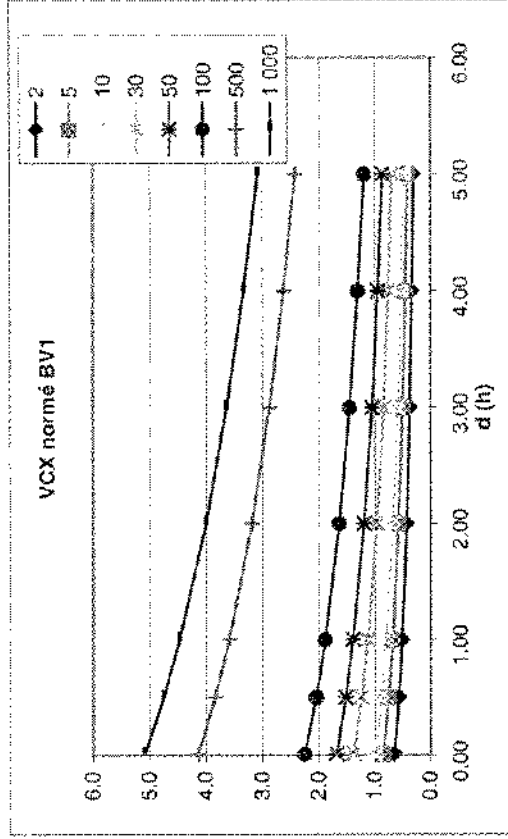
NB : la première durée correspond au débit instantané, pris non nul pour une raison d'échelle logarithmique

Tableau en QCX normé

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
2.570	4.860	0.000	2.100	2.100	0.050	1.490	0.660	0.017

d/D	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T7
0.01	2	5	10	30	50	100	500	1 000
0.50	0.67	0.86	1.00	1.36	1.66	2.21	4.10	5.08
1.00	0.48	0.63	0.74	1.01	1.21	1.55	2.55	3.03
2.00	0.38	0.50	0.60	0.81	0.96	1.20	1.89	2.22
3.00	0.28	0.37	0.44	0.59	0.69	0.85	1.28	1.48
4.00	0.22	0.30	0.35	0.47	0.55	0.67	0.98	1.12
5.00	0.19	0.25	0.30	0.39	0.46	0.55	0.80	0.92
	0.17	0.22	0.26	0.34	0.39	0.47	0.68	0.78

NB : la première durée correspond au débit instantané, pris non nul pour une raison d'échelle logarithmique



Calcul des Hydrogrammes Synthétiques Monofréquence.

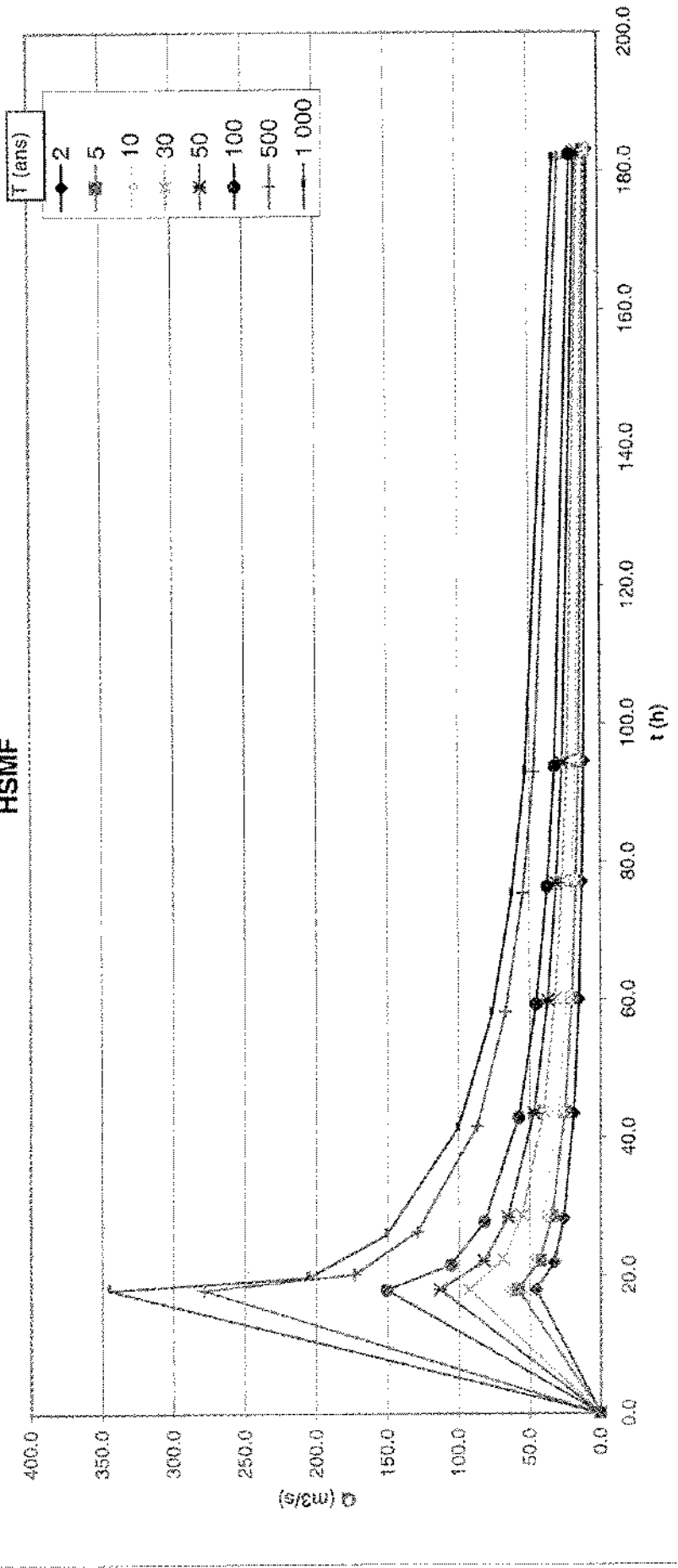
Nom du Bassin Versant : C1

Caractéristiques :

D (h)	18.0
QIXA10 (m ³ /s)	68.0
S (km ²)	244
Im (h)	18.0

T1 2		T2 5		T3 10		T4 30		T5 50		T6 100		T7 500		T8 1 000	
t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18.0	45.5	18.0	58.3	18.0	68.0	18.0	92.8	18.0	112.8	18.0	150.6	18.0	279.0	18.0	345.1
21.9	32.7	22.2	42.8	22.4	50.5	22.3	68.8	22.1	82.1	21.6	105.1	20.2	173.4	19.7	206.1
28.3	25.9	28.6	34.3	28.8	40.7	28.7	55.2	28.4	65.2	27.8	81.9	26.3	128.7	25.9	150.6
43.5	18.9	43.8	25.1	43.9	29.9	43.8	40.2	43.5	47.0	42.9	57.8	41.6	87.0	41.2	100.3
60.0	15.2	60.2	20.2	60.3	24.0	60.2	32.0	59.9	37.2	59.4	45.2	58.3	66.7	58.0	76.4
77.1	13.0	77.3	17.1	77.3	20.2	77.2	26.8	76.9	31.0	76.5	37.5	75.5	84.6	75.2	82.3
94.5	11.5	94.6	15.0	94.7	17.6	94.5	23.3	94.3	26.8	93.8	32.2	93.0	101.8	92.8	93.0
183.1	7.9	183.0	9.9	183.0	11.5	182.8	14.7	182.7	16.8	182.4	19.9	181.8	28.2	181.6	32.0

HSMF



Nom BV : C2

D'après le modèle : Soyans (D=22h, QIXA10=103.0 m3/s, S=500 km2)

Caractéristiques

D	QIXA10	S
20.42	93.00	362

Tableau en VCX

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
0.870	4.600	0.000	1.070	2.500	0.099	0.067	0.690	0.046

d	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	A	B	C
D/2 a 10D	2	5	10	30	50	100	500	1.000			
0.0	60.4	78.9	93.0	128.5	156.7	209.3	384.3	473.1	0.22	0.50	1.50
10.2	52.7	69.6	82.4	115.0	141.2	190.4	356.5	441.6	0.20	0.43	1.44
20.4	47.0	62.6	74.4	104.6	129.0	175.3	333.4	414.9	0.18	0.38	1.38
40.8	39.4	52.9	63.0	89.3	110.8	152.1	296.3	371.7	0.16	0.31	1.29
61.3	34.4	46.3	55.2	78.4	97.7	134.9	267.6	337.7	0.14	0.27	1.21
81.7	30.9	41.4	49.4	70.3	87.6	121.6	244.5	310.0	0.12	0.25	1.14
102.1	28.3	37.8	45.0	63.9	79.7	111.0	225.4	286.9	0.11	0.23	1.07
204.2	21.1	27.6	32.4	45.2	56.3	78.5	163.9	211.2	0.08	0.17	0.84

VCX BV1

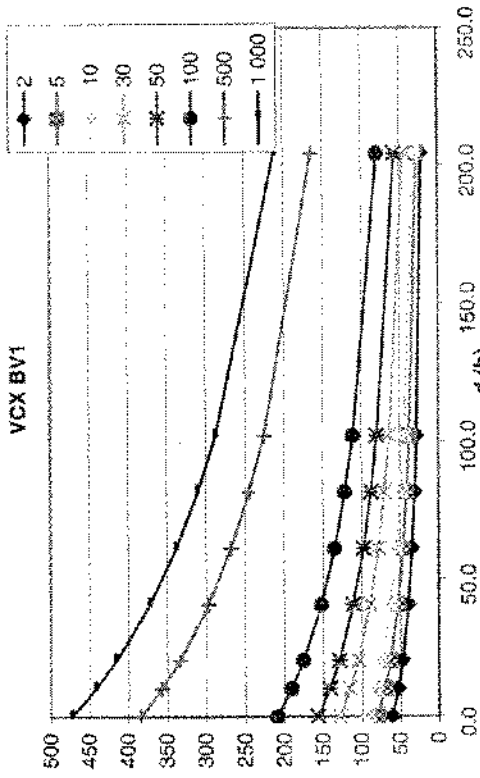
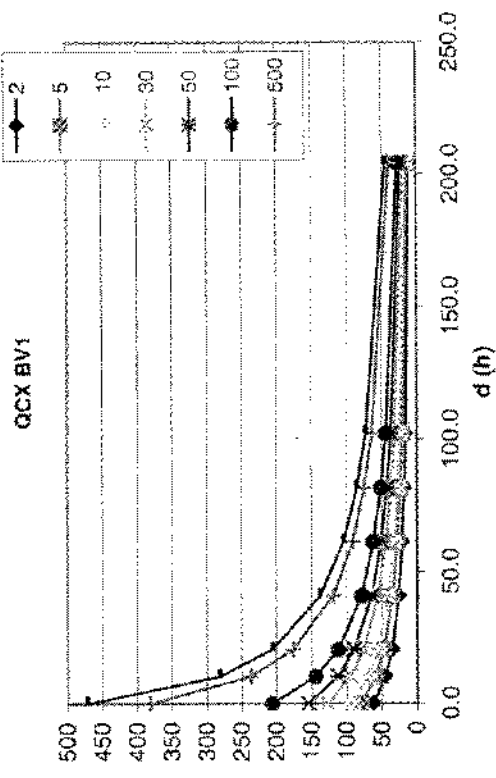


Tableau en QCX

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
2.570	4.860	0.000	2.100	2.100	0.050	1.490	0.660	0.017

d	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T7	A	B	C
D/2 a 10D	2	5	10	30	50	100	500	1.000			
0.0	62.2	79.7	93.0	126.9	154.3	205.9	381.6	472.0	0.21	0.53	1.53
10.2	44.7	58.5	69.0	94.0	112.3	143.7	237.1	281.8	0.16	0.37	0.73
20.4	35.5	46.9	55.6	75.5	89.2	111.9	176.1	206.0	0.13	0.29	0.48
40.8	25.9	34.4	40.8	55.0	64.2	79.0	118.9	137.2	0.10	0.21	0.29
61.3	20.8	27.6	32.3	43.8	50.8	61.9	91.2	104.5	0.08	0.17	0.21
81.7	17.8	23.4	27.7	36.7	42.4	51.3	74.7	85.3	0.07	0.15	0.17
102.1	15.7	20.5	24.1	31.8	36.6	44.1	63.7	72.5	0.06	0.13	0.14
204.2	10.8	13.6	15.7	20.1	22.9	27.3	38.6	43.7	0.03	0.09	0.08

QCX BV1



Nom BV : C2

Caractéristiques

D	QIXA10	S
20.42	93.00	362.00

D'après le modèle : Soyans (D=22h, QIXA10=103.0 m3/s, S=500 km2)

Tableau en VCX normé

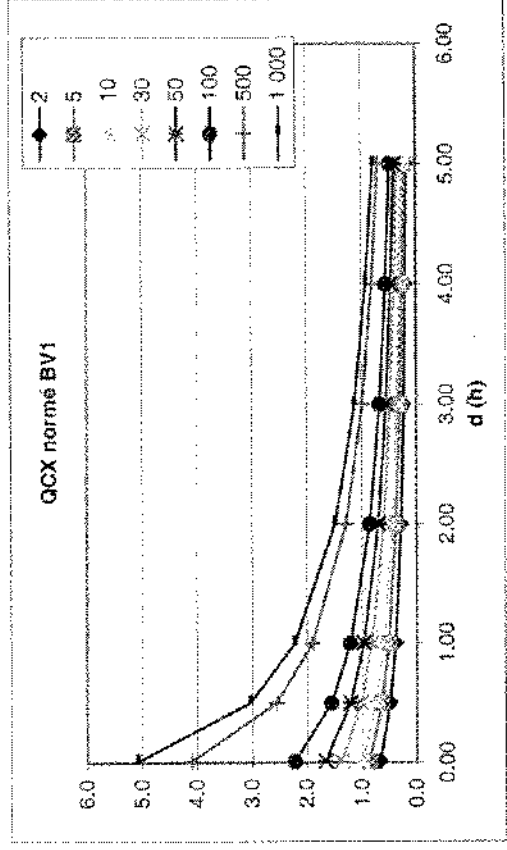
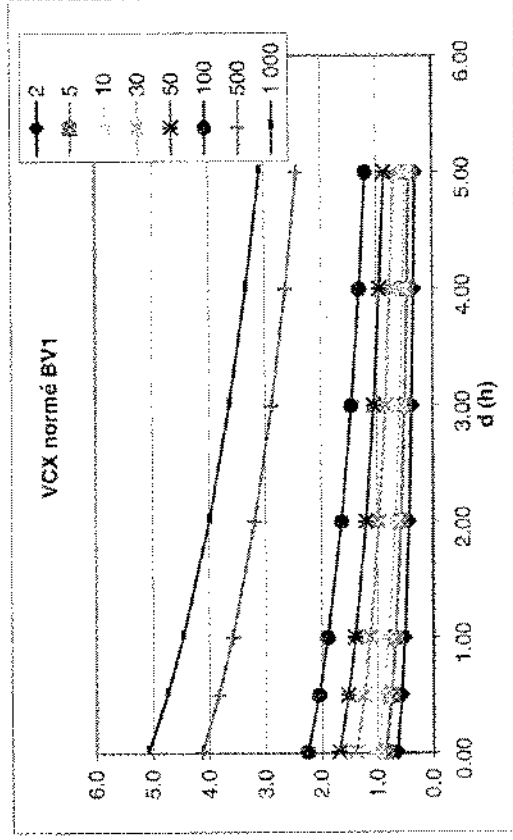
x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
0.870	4.600	0.000	1.070	2.500	0.099	0.057	0.690	0.046
d/D	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
0.01	0.65	0.85	1.00	1.38	1.66	2.25	4.13	5.09
0.50	0.57	0.75	0.89	1.24	1.52	2.05	3.83	4.75
1.00	0.51	0.67	0.80	1.12	1.39	1.88	3.58	4.46
2.00	0.42	0.57	0.68	0.96	1.19	1.64	3.19	4.00
3.00	0.37	0.50	0.59	0.84	1.05	1.45	2.88	3.63
4.00	0.33	0.45	0.53	0.76	0.94	1.31	2.63	3.33
5.00	0.30	0.41	0.48	0.69	0.86	1.19	2.42	3.09

NB : la première durée correspond au débit instantané, puis non nul pour une raison d'échelle logarithmique

Tableau en QCX normé

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
2.570	4.860	0.000	2.100	2.100	0.050	1.490	0.660	0.017
d/D	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T7
0.01	0.67	0.86	1.00	1.36	1.66	2.21	4.10	5.08
0.50	0.48	0.63	0.74	1.01	1.21	1.55	2.55	3.03
1.00	0.38	0.50	0.60	0.81	0.96	1.20	1.89	2.22
2.00	0.28	0.37	0.44	0.59	0.69	0.85	1.28	1.48
3.00	0.22	0.30	0.35	0.47	0.55	0.67	0.98	1.12
4.00	0.19	0.25	0.30	0.39	0.46	0.55	0.80	0.92
5.00	0.17	0.22	0.26	0.34	0.39	0.47	0.68	0.78

NB : la première durée correspond au débit instantané, puis non nul pour une raison d'échelle logarithmique



Calcul des Hydrogrammes Synthétiques Monofréquence.

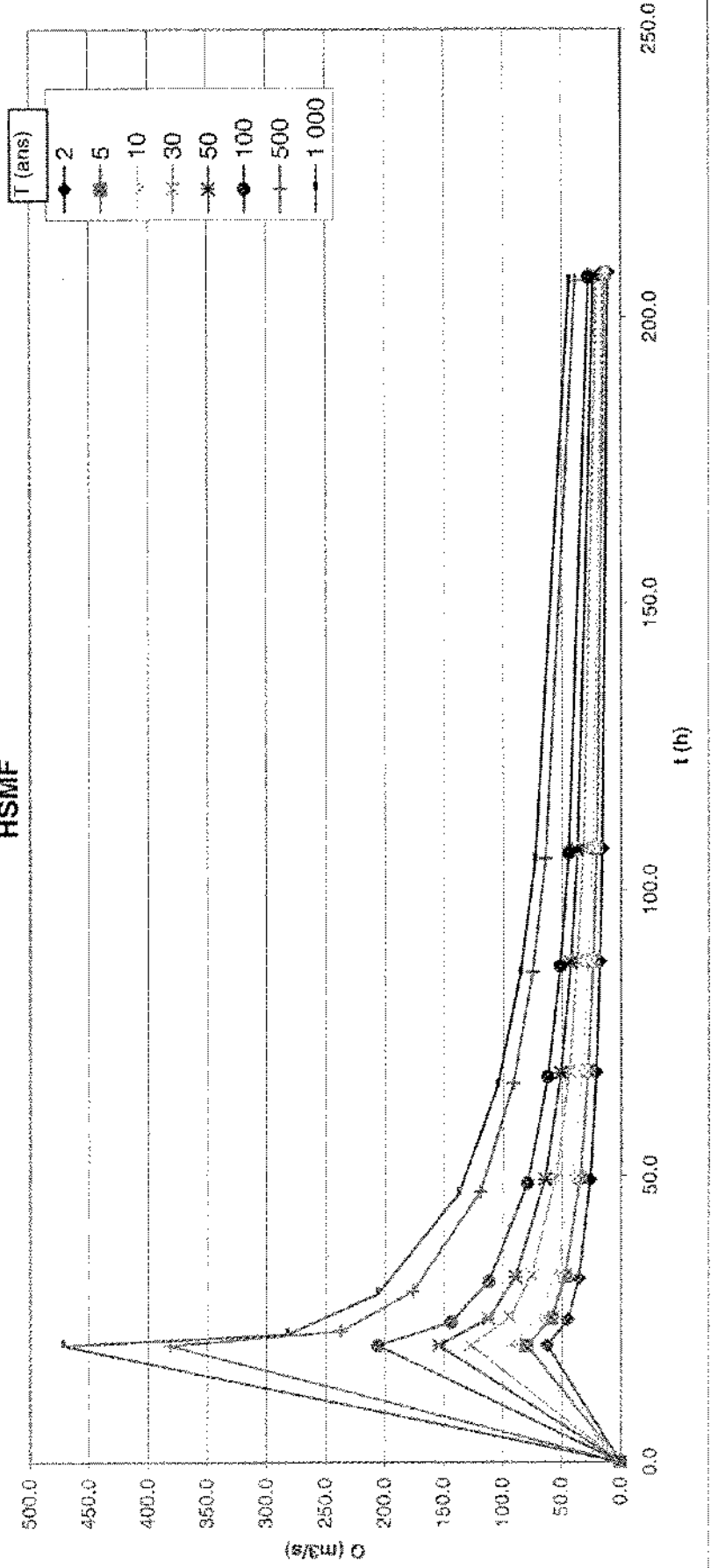
Nom du Bassin Versant : C2

Caractéristiques :

D (h)	20.4
QIXA10 (m ³ /s)	93.0
S (km ²)	362
Im (h)	20.4

T1 2		T2 5		T3 10		T4 30		T5 50		T6 100		T7 500		T8 1000	
t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20.4	62.2	20.4	79.7	20.4	93.0	20.4	126.9	20.4	154.3	20.4	205.9	20.4	381.6	20.4	472.0
24.9	44.7	25.2	58.5	25.4	69.0	25.3	94.0	25.1	112.3	24.5	143.7	22.9	237.1	22.4	281.8
32.1	35.5	32.4	46.9	32.6	55.6	32.6	75.5	32.2	89.2	31.5	111.9	29.8	176.1	29.3	206.0
49.3	25.9	49.6	34.4	49.8	40.8	49.7	55.0	49.3	64.2	48.7	79.0	47.2	118.9	46.8	137.2
68.1	20.8	68.3	27.6	68.4	32.8	68.3	43.8	68.0	50.8	67.4	61.9	66.1	91.2	65.8	104.5
87.5	17.8	87.7	23.4	87.7	27.7	87.6	36.7	87.3	42.4	86.8	51.3	85.7	74.7	85.4	85.3
107.2	15.7	107.3	20.5	107.4	24.1	107.2	31.8	106.9	36.6	106.5	44.1	105.5	63.7	105.2	72.5
207.7	10.8	207.7	13.6	207.6	15.7	207.4	20.1	207.2	22.9	206.9	27.3	206.3	38.6	206.1	43.7

HSMF



Norm BV : C3

D'après le modèle : Soyans (D=22h, QIXA10=103.0 m3/s, S=500 km2)

Caractéristiques

D	QIXA10	S
20.88	97.00	366

Tableau en VCX

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
0.870	4.600	0.000	1.070	2.500	0.099	0.057	0.690	0.046

d	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	A	B	C
D/2 a 10D	2	5	10	30	50	100	500	1 000			
0.0	63.0	82.3	97.0	134.0	163.4	218.3	400.8	493.5	0.22	0.50	1.50
10.4	54.9	72.6	85.9	119.9	147.3	198.6	371.9	460.6	0.20	0.43	1.44
20.9	49.1	65.3	77.6	109.1	134.6	182.8	347.7	432.8	0.18	0.38	1.38
41.8	41.1	55.1	65.7	93.1	115.6	158.6	309.1	387.7	0.16	0.31	1.29
62.6	35.9	48.2	57.6	81.8	101.9	140.7	279.1	352.2	0.14	0.27	1.21
83.5	32.2	43.2	51.6	73.3	91.4	126.8	255.0	323.4	0.12	0.25	1.14
104.4	29.5	39.4	48.9	66.6	83.2	115.7	235.1	299.3	0.11	0.23	1.07
208.8	22.0	28.7	33.7	47.2	58.7	81.9	171.0	220.3	0.08	0.17	0.84

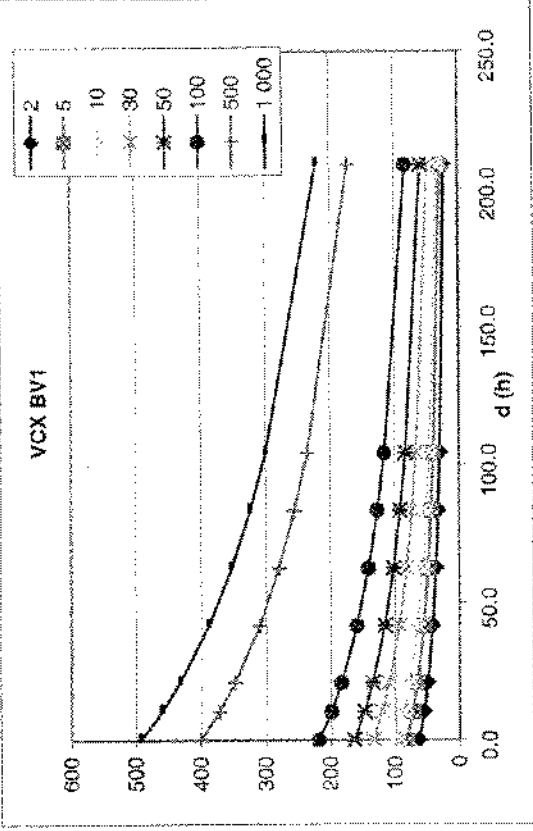
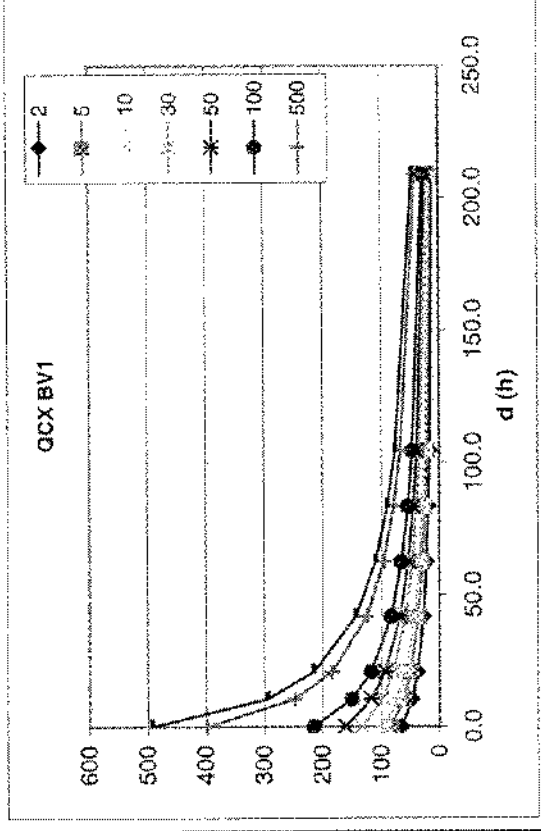


Tableau en QCX

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
2.570	4.660	0.000	2.100	2.100	0.050	1.490	0.660	0.017

d	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T7	A	B	C
D/2 a 10D	2	5	10	30	50	100	500	1 000			
0.0	64.9	83.2	97.0	132.4	160.9	214.8	398.0	492.3	0.21	0.53	1.53
10.4	46.6	61.0	72.0	98.1	117.1	149.9	247.3	294.0	0.16	0.37	0.73
20.9	37.0	49.0	59.0	78.8	93.1	116.8	183.6	214.9	0.13	0.29	0.48
41.8	27.0	35.9	42.5	57.4	67.0	82.4	124.1	143.1	0.10	0.21	0.29
62.6	21.7	28.8	34.2	45.7	53.0	64.5	95.1	109.0	0.08	0.17	0.21
83.5	18.5	24.4	28.8	38.3	44.2	53.5	77.9	88.9	0.07	0.15	0.17
104.4	16.3	21.4	25.2	33.2	38.2	46.0	66.4	75.6	0.06	0.13	0.14
208.8	11.2	14.2	16.4	21.0	23.9	28.4	40.3	45.6	0.03	0.09	0.08



Nom BV : C3

Caractéristiques

D	QIXA10	S
20.68	97.00	388.00

D'après le modèle : Soyans (D=22h, QIXA10=103.0 m3/s, S=500 km2)

Tableau en VCX normé

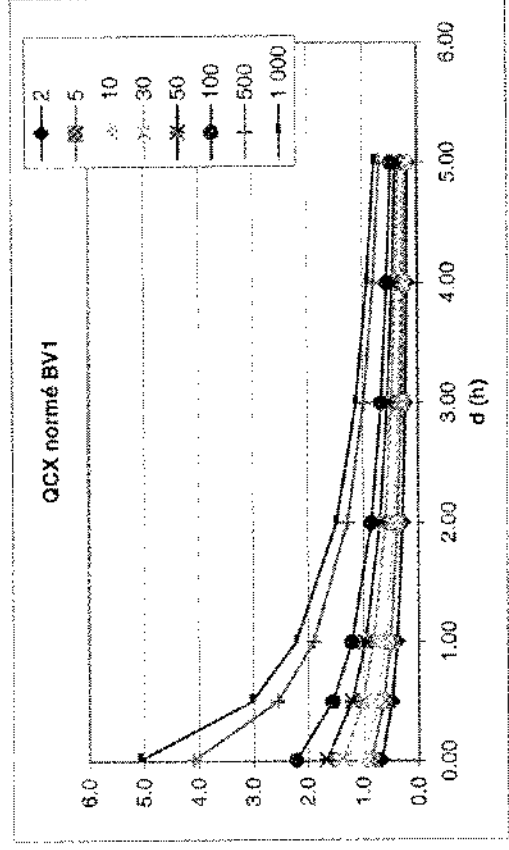
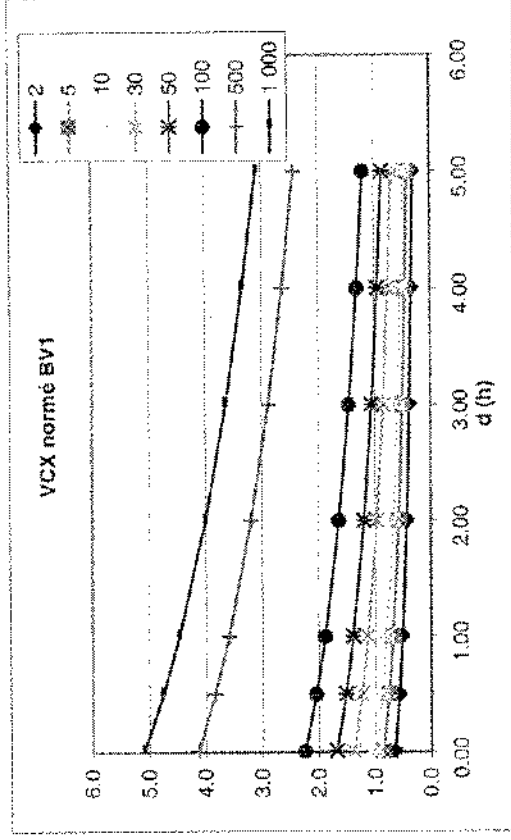
x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
0.870	4.600	0.000	1.070	2.500	0.099	0.057	0.690	0.046
d/D	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
0.01	0.65	0.85	1.00	1.38	1.68	2.25	4.13	5.09
0.50	0.57	0.75	0.89	1.24	1.52	2.05	3.83	4.75
1.00	0.51	0.67	0.80	1.12	1.39	1.88	3.58	4.46
2.00	0.42	0.57	0.68	0.96	1.19	1.64	3.19	4.00
3.00	0.37	0.50	0.59	0.84	1.05	1.45	2.88	3.63
4.00	0.33	0.45	0.53	0.76	0.94	1.31	2.63	3.33
5.00	0.30	0.41	0.48	0.69	0.86	1.19	2.42	3.09

NB : la première durée correspond au débit instantané, pris non nul pour une raison d'échelle logarithmique

Tableau en QCX normé

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
2.570	4.860	0.000	2.100	2.100	0.050	1.490	0.660	0.017
d/D	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T7
0.01	0.67	0.86	1.00	1.36	1.66	2.21	4.10	5.08
0.50	0.48	0.63	0.74	1.01	1.21	1.55	2.55	3.03
1.00	0.38	0.50	0.60	0.81	0.96	1.20	1.89	2.22
2.00	0.28	0.37	0.44	0.59	0.69	0.85	1.28	1.48
3.00	0.22	0.30	0.35	0.47	0.55	0.67	0.98	1.12
4.00	0.19	0.25	0.30	0.39	0.46	0.55	0.80	0.92
5.00	0.17	0.22	0.26	0.34	0.39	0.47	0.68	0.78

NB : la première durée correspond au débit instantané, pris non nul pour une raison d'échelle logarithmique



Calcul des Hydrogrammes Synthétiques Monofréquence.

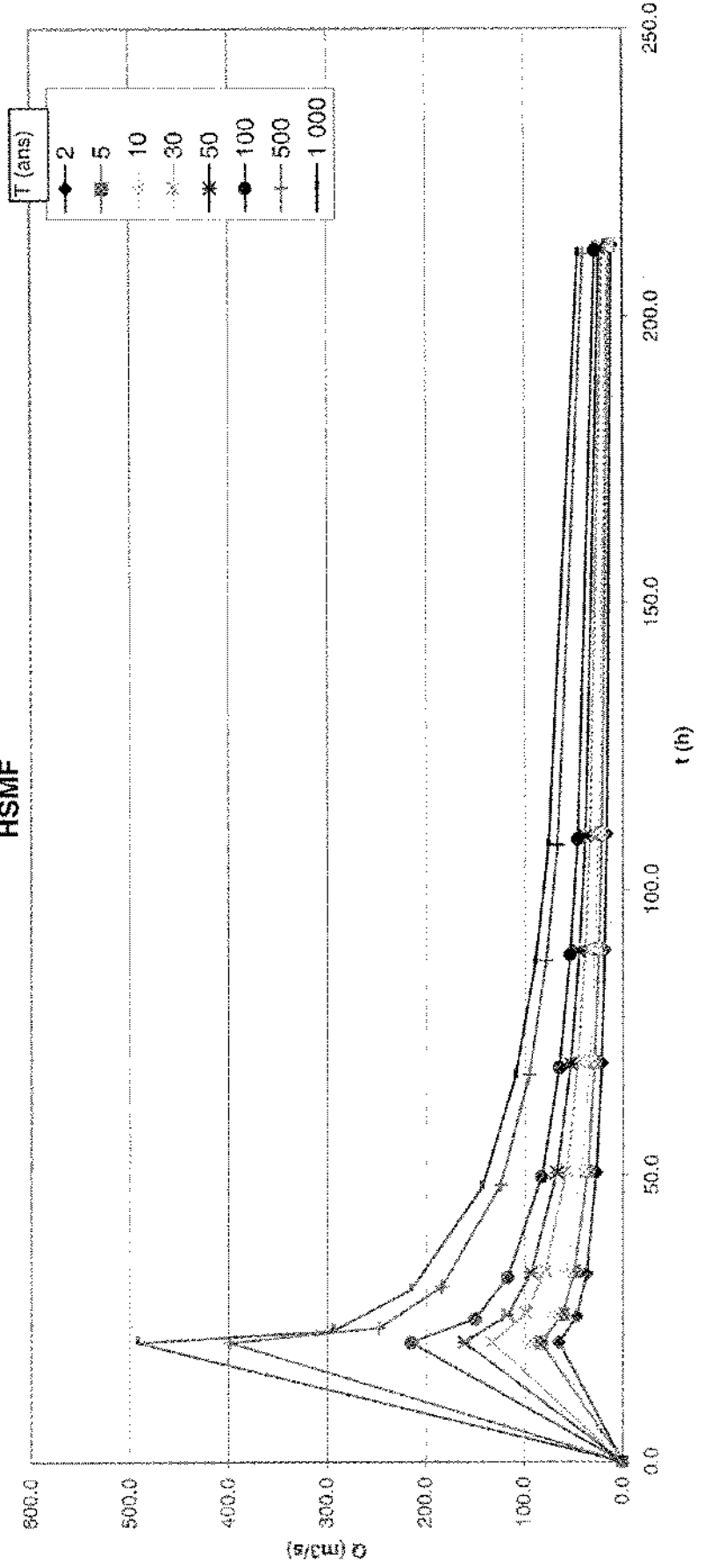
Nom du Bassin Versant : Ca

Caractéristiques :

D (h)	20.9
QIXA10 (m3/s)	97.0
S (km2)	388
Im (h)	20.9

T1 2		T2 5		T3 10		T4 30		T5 50		T6 100		T7 500		T8 1 000	
t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20.9	64.9	20.9	83.2	20.9	97.0	20.9	132.4	20.9	160.9	20.9	214.8	20.9	398.0	20.9	492.3
25.4	46.6	25.8	61.0	25.9	72.0	25.9	98.1	25.6	117.1	25.0	149.9	23.4	247.3	22.9	294.0
32.8	37.0	33.2	49.0	33.4	58.0	33.3	78.8	33.0	93.1	32.2	116.8	30.5	183.8	30.0	214.9
50.4	27.0	50.8	35.9	50.9	42.6	50.8	57.4	50.5	67.0	49.8	82.4	48.3	124.1	47.8	143.1
69.6	21.7	69.9	28.8	70.0	34.2	69.8	45.7	69.5	53.0	68.9	64.5	67.6	95.1	67.3	109.0
89.5	18.5	89.6	24.4	89.7	28.8	89.6	38.3	89.2	44.2	88.7	53.5	87.6	77.9	87.3	88.9
109.6	16.3	109.7	21.4	109.8	25.2	109.6	33.2	109.3	38.2	108.9	46.0	107.9	66.4	107.6	75.6
212.4	11.2	212.3	14.2	212.3	16.4	212.1	21.0	211.9	23.9	211.5	28.4	210.9	40.3	210.7	45.6

HSMF



Nom BV: C3-avBézo
D'après le modèle: Soyans (D=22h, QIXA10=103.0 m3/s, S=500 km2)

Caractéristiques

D	QIXA10	S
2191	112.00	451

Tableau en VCX

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
0.870	1.690	0.090	1.070	2.500	0.099	0.057	0.690	0.046

d	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	A	B	C
D/2 a 10D	2	5	10	30	50	100	500	1 000			
0.0	72.8	95.1	112.0	154.7	188.7	252.1	462.8	569.8	0.22	0.50	1.50
11.0	63.4	83.6	99.2	138.5	170.0	229.3	429.4	531.8	0.20	0.43	1.44
21.9	56.7	75.4	89.6	125.9	155.4	211.1	401.5	499.7	0.18	0.38	1.38
43.8	47.5	63.7	75.9	107.5	133.4	183.1	356.9	447.7	0.16	0.31	1.29
65.7	41.5	55.7	66.5	94.4	117.6	162.5	322.3	406.7	0.14	0.27	1.21
87.6	37.2	49.9	59.5	84.5	105.5	146.5	294.5	373.4	0.12	0.25	1.14
109.5	34.0	45.5	54.2	76.9	96.0	133.6	271.4	345.5	0.11	0.23	1.07
219.1	25.4	33.1	39.0	54.5	67.8	94.6	197.4	254.3	0.08	0.17	0.84

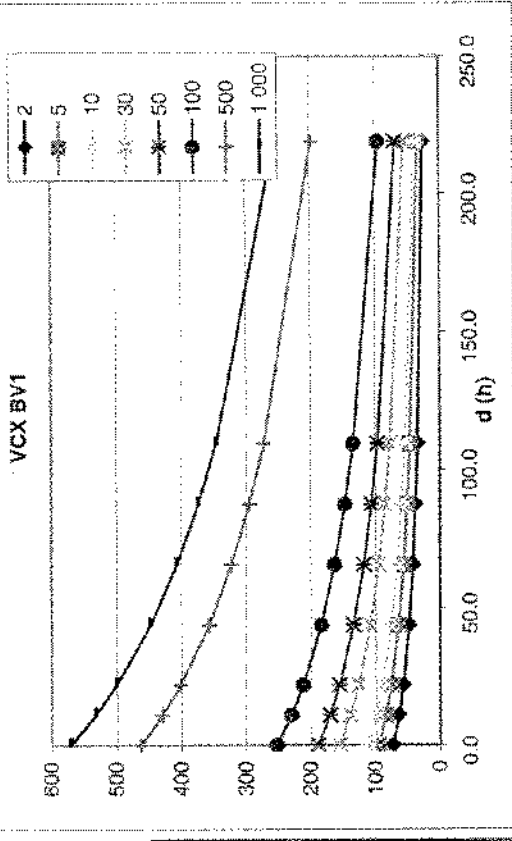
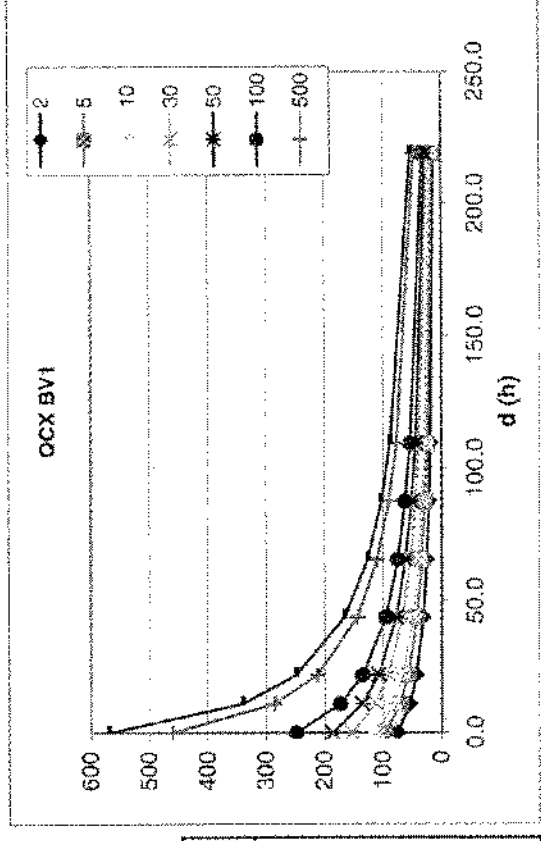


Tableau en QCX

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
2.570	1.860	0.000	2.100	2.100	0.050	1.490	0.660	0.017

d	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	A	B	C
D/2 a 10D	2	5	10	30	50	100	500	1 000			
0.0	74.9	96.0	112.0	152.8	185.8	248.0	459.6	568.4	0.21	0.53	1.53
11.0	53.8	70.5	83.1	113.3	135.2	173.1	285.5	339.4	0.16	0.37	0.73
21.9	42.7	56.5	67.0	90.9	107.5	134.8	212.0	248.1	0.13	0.29	0.48
43.8	31.1	41.4	49.2	66.2	77.4	95.1	143.2	165.3	0.10	0.21	0.29
65.7	25.1	33.3	39.4	52.7	61.2	74.5	109.8	125.9	0.08	0.17	0.21
87.6	21.4	28.2	33.3	44.2	51.1	61.8	89.9	102.7	0.07	0.15	0.17
109.5	18.9	24.7	29.1	38.3	44.1	53.1	76.7	87.3	0.06	0.13	0.14
219.1	13.0	16.3	18.9	24.3	27.6	32.8	46.5	52.7	0.03	0.09	0.08



Nom BV : C3-avBézo

D	QIXA10	S
21.91	112.00	451.00

Caractéristiques

D'après le modèle : Soyans (D=22h, QIXA10=103.0 m3/s, S=500 km2)

Tableau en VCX normé

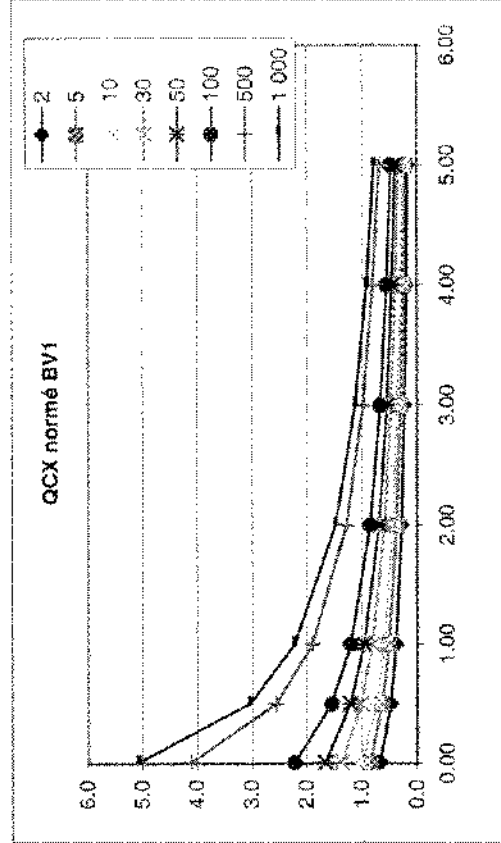
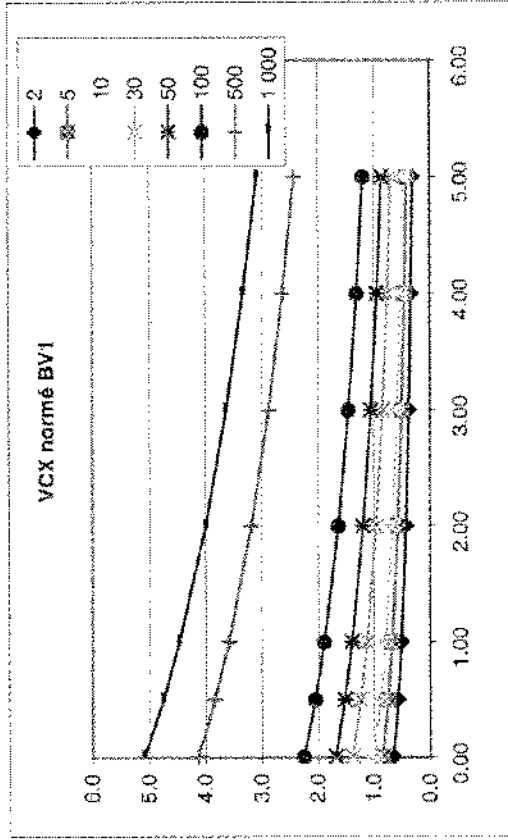
x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
0.870	4.600	0.000	1.070	2.500	0.099	0.057	0.690	0.046
d/D	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
0.01	0.65	0.85	1.00	1.38	1.68	2.25	4.13	5.09
0.50	0.57	0.75	0.89	1.24	1.52	2.05	3.83	4.75
1.00	0.51	0.67	0.80	1.12	1.39	1.88	3.58	4.46
2.00	0.42	0.57	0.68	0.96	1.19	1.64	3.19	4.00
3.00	0.37	0.50	0.59	0.84	1.05	1.45	2.88	3.63
4.00	0.33	0.45	0.53	0.76	0.94	1.31	2.63	3.33
5.00	0.30	0.41	0.48	0.69	0.86	1.19	2.42	3.09

NB : la première durée correspond au débit instantané, pris non nul pour une raison d'échelle logarithmique

Tableau en QCX normé

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
2.570	4.860	0.000	2.100	2.100	0.050	1.490	0.660	0.017
d/D	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T7
0.01	0.57	0.86	1.00	1.36	1.66	2.21	4.10	5.08
0.50	0.48	0.63	0.74	1.01	1.21	1.55	2.55	3.03
1.00	0.38	0.50	0.60	0.81	0.96	1.20	1.89	2.22
2.00	0.28	0.37	0.44	0.59	0.69	0.85	1.28	1.48
3.00	0.22	0.30	0.35	0.47	0.55	0.67	0.98	1.12
4.00	0.19	0.25	0.30	0.39	0.46	0.55	0.80	0.92
5.00	0.17	0.22	0.28	0.34	0.39	0.47	0.68	0.78

NB : la première durée correspond au débit instantané, pris non nul pour une raison d'échelle logarithmique



Calcul des Hydrogrammes Synthétiques Mono-fréquence.

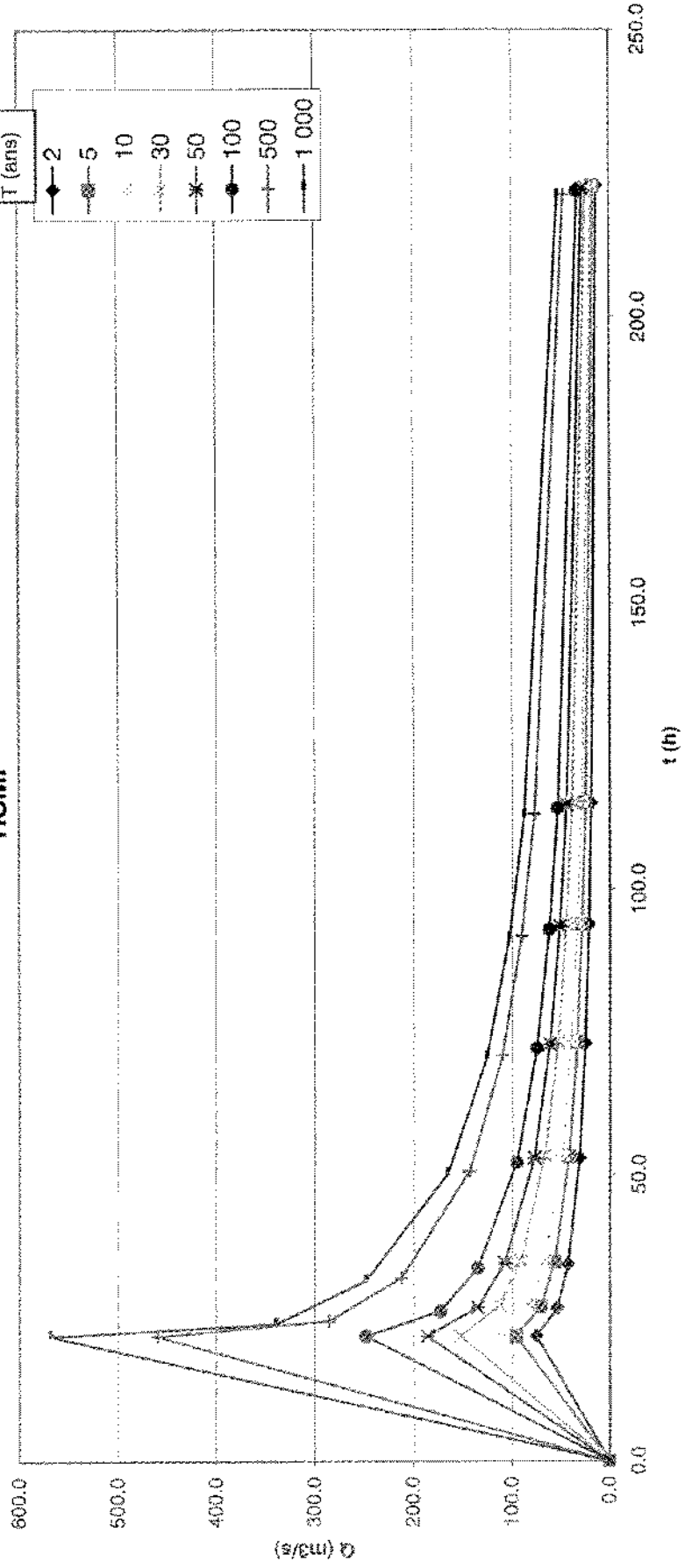
Nom du Bassin Versant : C3-avBézo

Caractéristiques :

D (h)	21.9
QIXA10 (m ³ /s)	112.0
S (Km ²)	451
Im (h)	21.9

T1 2		T2 5		T3 10		T4 30		T5 50		T6 100		T7 500		T8 1 000	
t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21.9	74.9	21.9	96.0	21.9	112.0	21.9	152.8	21.9	185.8	21.9	248.0	21.9	459.6	21.9	568.4
26.7	53.8	27.0	70.5	27.2	83.1	27.2	113.3	26.9	135.2	26.2	173.1	24.5	285.5	24.0	339.4
34.4	42.7	34.8	56.5	35.0	67.0	34.9	90.9	34.6	107.5	33.8	134.8	32.0	212.0	31.5	248.1
52.9	31.1	53.3	41.4	53.4	49.2	53.3	66.2	52.9	77.4	52.2	95.1	50.5	143.2	50.2	165.3
73.1	25.1	73.3	33.3	73.4	39.4	73.3	52.7	72.9	61.2	72.3	74.5	71.0	109.8	70.6	125.9
93.9	21.4	94.1	28.2	94.1	33.3	94.0	44.2	93.7	51.1	93.1	61.8	91.9	89.9	91.6	102.7
115.1	18.9	115.2	24.7	115.2	29.1	115.0	38.3	114.7	44.1	114.2	53.1	113.2	76.7	112.9	87.3
222.9	13.0	222.8	16.3	222.8	18.9	222.5	24.3	222.3	27.6	222.0	32.8	221.3	46.5	221.1	52.7

HSMF



Nom BV : **C4-Station hydro**
D'après le modèle : **Soyens (D=22h, QIXA10=103.0 m³/s, S=500 km²)**

Caractéristiques	
D	QIXA10 S
22.00	114.00 457

Tableau en VCX

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
0.870	4.600	0.000	1.070	2.500	0.099	0.057	0.690	0.046

d	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	A	B	C
D/2 a 10D	2	5	10	30	50	100	500	1.000	0.22	0.50	1.50
0.0	74.1	96.8	114.0	157.5	192.1	256.6	471.0	580.0	0.20	0.43	1.44
11.0	64.5	85.3	101.0	141.0	173.1	233.4	437.0	541.3	0.18	0.38	1.38
22.0	57.7	76.8	91.2	128.2	158.1	214.8	408.6	508.6	0.16	0.31	1.29
44.0	48.3	64.8	77.3	109.4	135.8	186.4	363.3	455.7	0.14	0.27	1.21
66.0	42.2	56.7	67.7	96.1	119.7	165.4	328.1	414.0	0.12	0.25	1.14
88.0	37.9	50.8	60.6	86.1	107.4	149.1	299.7	380.0	0.11	0.23	1.07
110.0	34.6	46.3	55.1	78.3	97.7	136.0	276.3	351.7	0.08	0.17	0.84
220.0	26.9	39.7	39.7	55.4	69.0	96.2	200.9	258.9			

VCX BV1

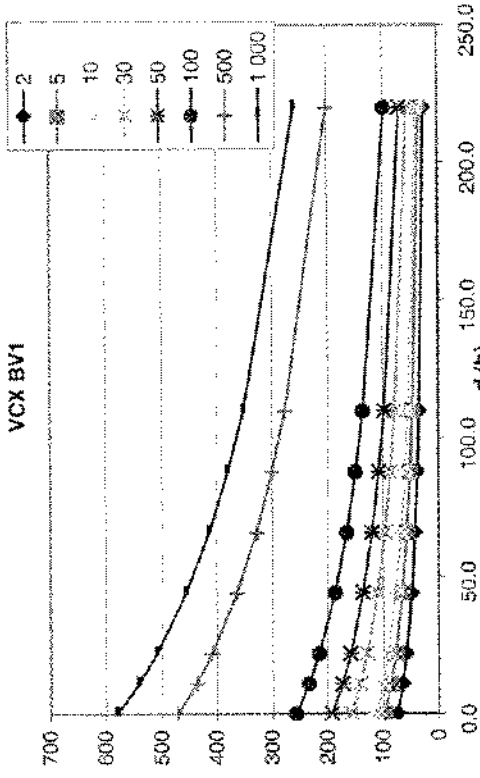
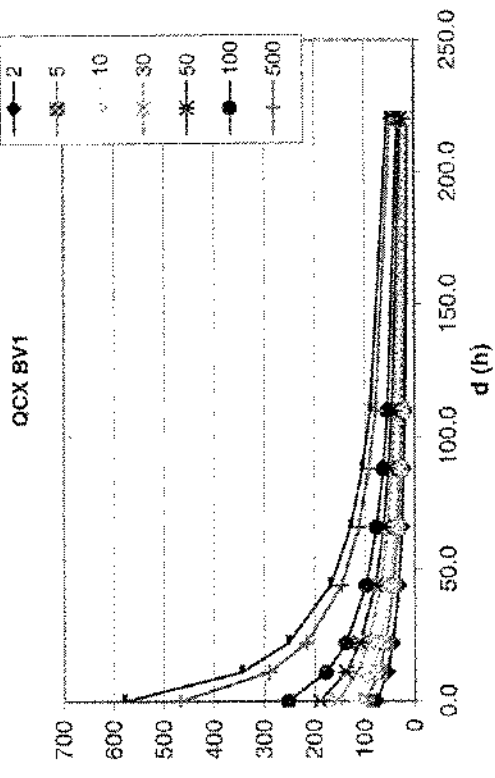


Tableau en QCX

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
2.570	9.860	0.000	2.100	2.100	0.050	1.490	0.660	0.017

d	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T7	A	B	C
D/2 a 10D	2	5	10	30	50	100	500	1.000	0.21	0.53	1.53
0.0	76.2	97.7	114.0	155.6	189.1	252.4	467.8	578.6	0.16	0.37	0.73
11.0	54.7	71.7	84.6	115.3	137.6	176.1	290.6	345.5	0.13	0.29	0.48
22.0	43.5	57.5	68.2	92.6	109.4	137.2	215.8	252.6	0.10	0.21	0.29
44.0	31.7	42.1	50.0	67.4	78.8	98.3	145.8	168.2	0.08	0.17	0.21
66.0	25.6	33.9	40.2	53.7	62.3	75.8	111.8	128.1	0.07	0.15	0.17
88.0	21.6	28.7	33.9	45.0	52.0	62.9	91.5	104.5	0.06	0.13	0.14
110.0	19.2	25.1	29.6	39.0	44.9	54.1	78.1	88.9	0.03	0.09	0.08
220.0	13.2	16.6	19.2	24.7	28.1	33.4	47.3	53.6			

QCX BV1



Nom BV: C4-Station hydro

Caractéristiques

D	QIXA10	S
22.00	114.00	457.00

D'après le modèle : Soyans (D=22h, QIXA10=103.0 m3/s, S=500 km2)

Tableau en VCX normé

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
0.870	4.600	0.000	1.070	2.500	0.099	0.057	0.690	0.046

d/D	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
0.01	0.65	0.85	1.00	1.38	1.68	2.25	4.13	5.09
0.50	0.57	0.75	0.89	1.24	1.52	2.05	3.83	4.75
1.00	0.51	0.67	0.80	1.12	1.39	1.88	3.58	4.46
2.00	0.42	0.57	0.68	0.96	1.19	1.64	3.19	4.00
3.00	0.37	0.50	0.59	0.84	1.05	1.45	2.88	3.63
4.00	0.33	0.45	0.53	0.76	0.94	1.31	2.63	3.33
5.00	0.30	0.41	0.48	0.69	0.86	1.19	2.42	3.09

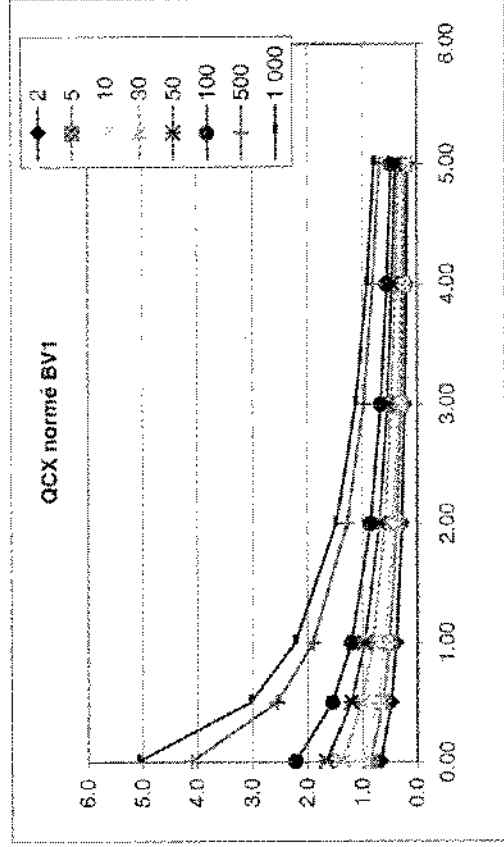
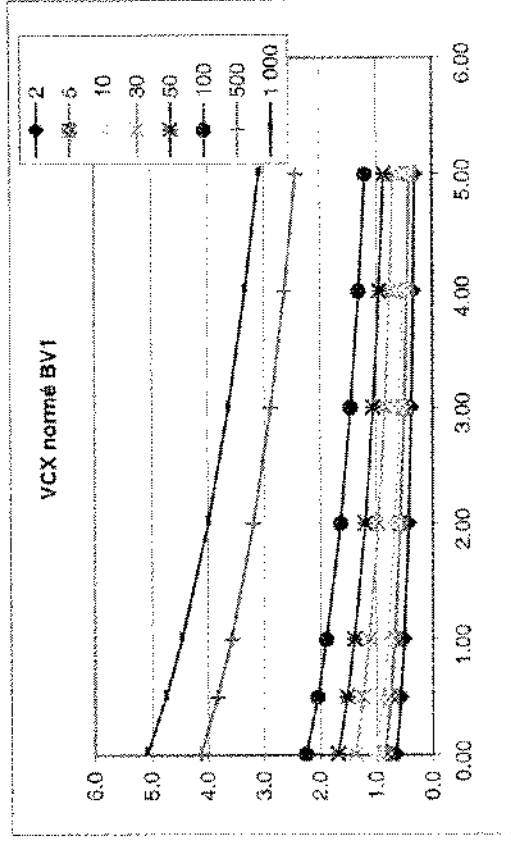
NB : la première durée correspond au débit instantané, pris non nul pour une raison d'échelle logarithmique

Tableau en QCX normé

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
2.570	4.860	0.000	2.100	2.300	0.050	1.490	0.660	0.017

d/D	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T7
0.01	0.67	0.86	1.00	1.36	1.66	2.21	4.10	5.08
0.50	0.48	0.63	0.74	1.01	1.21	1.55	2.55	3.03
1.00	0.38	0.50	0.60	0.81	0.96	1.20	1.89	2.22
2.00	0.28	0.37	0.44	0.59	0.69	0.85	1.28	1.48
3.00	0.22	0.30	0.35	0.47	0.55	0.67	0.98	1.12
4.00	0.19	0.25	0.30	0.39	0.46	0.55	0.80	0.92
5.00	0.17	0.22	0.26	0.34	0.39	0.47	0.68	0.78

NB : la première durée correspond au débit instantané, pris non nul pour une raison d'échelle logarithmique



Calcul des Hydrogrammes Synthétiques Mono fréquence.

Nom du Bassin Versant : C4-Station hydro

Caractéristiques :

D (h)	22.0
QIXA10 (m3/s)	114.0
S (km2)	457
Im (h)	22.0

T1 2		T2 5		T3 10		T4 30		T5 50		T6 100		T7 500		T8 1000	
t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22.0	76.2	22.0	97.7	22.0	114.0	22.0	155.6	22.0	189.1	22.0	252.4	22.0	467.8	22.0	578.6
26.8	54.7	27.1	71.7	27.3	84.6	27.3	115.3	27.0	137.6	26.4	176.1	24.7	290.6	24.1	345.5
34.5	43.5	35.0	57.5	35.2	68.2	35.1	92.6	34.7	109.4	34.0	137.2	32.1	215.8	31.6	252.6
53.1	31.7	53.5	42.1	53.7	50.0	53.5	67.4	53.2	78.8	52.4	96.8	50.9	145.8	50.4	168.2
73.4	25.6	73.6	33.9	73.7	40.2	73.6	53.7	73.2	62.3	72.6	75.8	71.3	111.8	70.9	128.1
94.3	21.8	94.5	28.7	94.5	33.9	94.4	45.0	94.0	52.0	93.5	62.9	92.3	91.5	92.0	104.5
115.5	19.2	115.7	25.1	115.7	29.6	115.5	39.0	115.2	44.9	114.7	54.1	113.7	78.1	113.4	88.9
223.8	13.2	223.7	16.6	223.7	19.2	223.5	24.7	223.3	28.1	222.9	33.4	222.2	47.3	222.0	53.6

HSMF



Nom BV: C5

D'après le modèle: Soyans (D=22h, QIXA10=103.0 m3/s, S=500 km2)

Caractéristiques

D	QIXA10	S
22.64	123.00	493

Tableau en VCX

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
0.870	4.800	0.000	1.070	2.500	0.099	0.057	0.690	0.046

d	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	A	B	C
D/2 a 10D	2	5	10	30	50	100	500	1 000	0.22	0.50	1.50
0.0	79.9	104.4	122.9	169.9	207.3	276.8	508.2	625.8	0.20	0.43	1.44
11.3	69.6	92.0	109.0	152.1	186.7	251.8	471.5	584.0	0.18	0.38	1.38
22.5	62.2	82.8	98.4	138.3	170.6	231.8	440.9	548.8	0.16	0.31	1.29
45.1	52.1	69.9	83.4	118.1	146.5	201.1	391.9	491.6	0.14	0.27	1.21
67.6	45.5	61.2	73.0	103.7	129.2	178.4	354.0	446.7	0.12	0.25	1.14
90.2	40.9	54.8	65.4	92.9	115.9	160.8	323.4	410.0	0.11	0.23	1.07
112.7	37.4	50.0	59.5	84.5	105.4	146.7	298.1	379.5	0.08	0.17	0.84
225.4	27.9	36.4	42.8	59.8	74.4	103.8	216.8	279.3			

VCX BV1

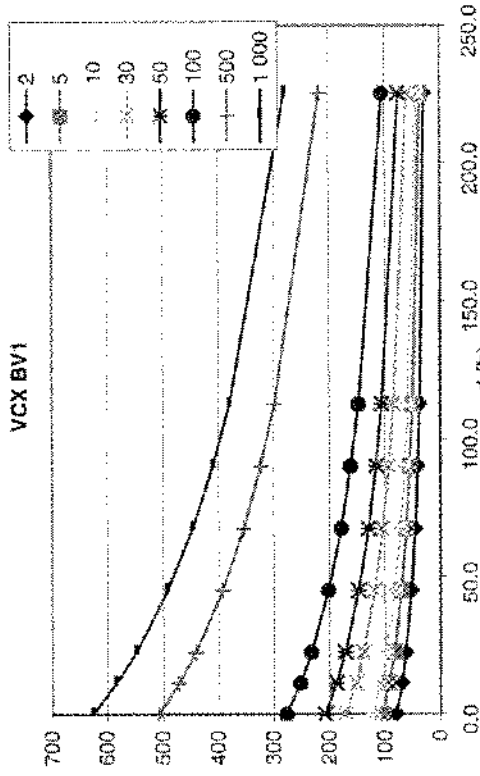
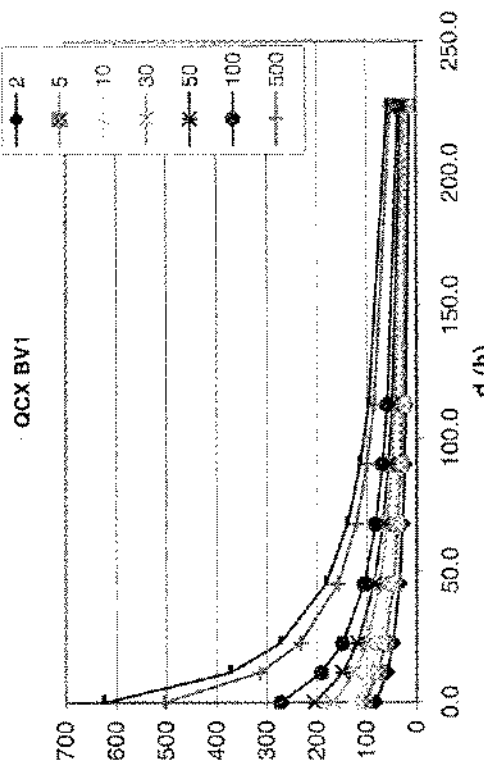


Tableau en QCX

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
2.570	4.860	0.000	2.160	2.100	0.050	1.490	0.660	0.017

d	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T7	A	B	C
D/2 a 10D	2	5	10	30	50	100	500	1 000	0.21	0.53	1.53
0.0	82.3	105.5	123.0	167.8	204.0	272.3	504.7	624.3	0.16	0.37	0.73
11.3	59.1	77.4	91.3	124.4	148.5	190.1	313.6	372.8	0.13	0.29	0.48
22.5	46.9	62.1	73.6	99.9	118.0	148.1	232.9	272.5	0.10	0.21	0.29
45.1	34.2	45.5	54.0	72.7	85.0	104.5	157.3	181.5	0.08	0.17	0.21
67.6	27.6	36.5	43.3	57.9	67.2	81.8	120.6	138.3	0.07	0.15	0.17
90.2	23.5	30.9	36.6	48.6	56.1	67.8	98.8	112.8	0.06	0.13	0.14
112.7	20.7	27.1	31.9	42.1	48.5	58.3	84.2	95.9	0.03	0.09	0.08
225.4	14.3	18.0	20.7	26.6	30.3	36.0	51.0	57.8			

QCX BV1



Nom BV : C5

Caractéristiques

D	QIXA10	S
22.54	123.00	493.00

D'après le modèle : Soyons (D=22h, QIXA10=103.0 m3/s, S=500 km2)

Tableau en VCX normé

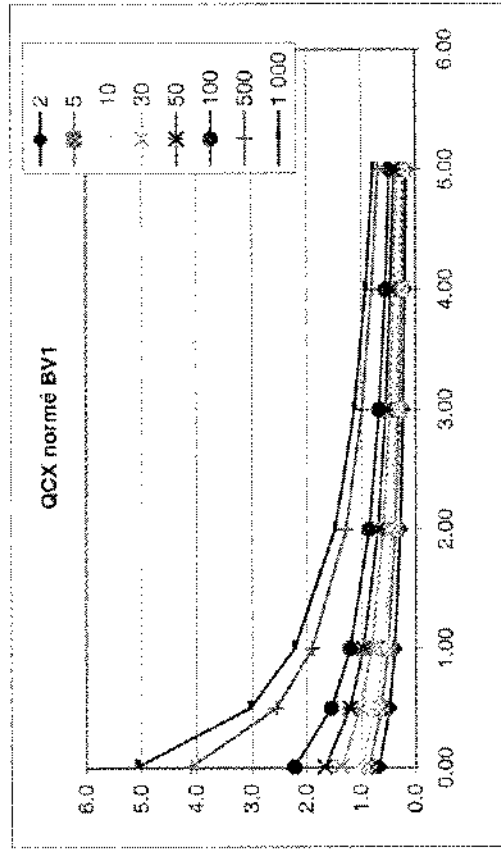
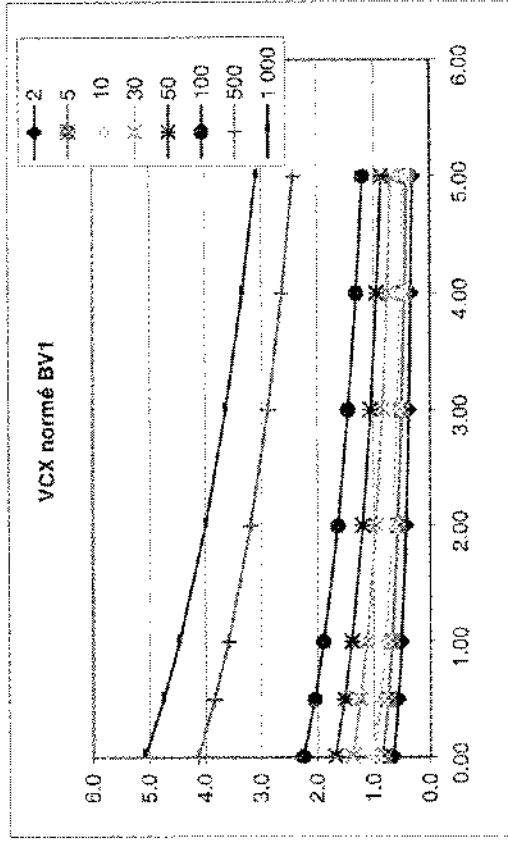
x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
0.870	4.600	0.000	1.070	2.500	0.099	0.057	0.690	0.046
d/D	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
0.01	0.65	0.85	1.00	1.38	1.68	2.25	4.13	5.09
0.50	0.57	0.75	0.89	1.24	1.52	2.05	3.83	4.75
1.00	0.51	0.67	0.80	1.12	1.39	1.88	3.58	4.46
2.00	0.42	0.57	0.68	0.96	1.19	1.64	3.19	4.00
3.00	0.37	0.50	0.59	0.84	1.05	1.45	2.88	3.63
4.00	0.33	0.45	0.53	0.76	0.94	1.31	2.63	3.33
5.00	0.30	0.41	0.48	0.69	0.86	1.19	2.42	3.09

NB : la première durée correspond au débit instantané, pris non nul pour une raison d'échelle logarithmique

Tableau en GCX normé

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
2.570	4.660	0.000	2.100	2.100	0.050	1.490	0.660	0.017
d/D	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
0.01	0.67	0.86	1.00	1.36	1.66	2.21	4.10	5.08
0.50	0.48	0.69	0.74	1.01	1.21	1.55	2.55	3.03
1.00	0.38	0.50	0.60	0.81	0.96	1.20	1.89	2.22
2.00	0.28	0.37	0.44	0.59	0.69	0.85	1.28	1.48
3.00	0.22	0.30	0.35	0.47	0.55	0.67	0.98	1.12
4.00	0.19	0.25	0.30	0.39	0.46	0.55	0.80	0.92
5.00	0.17	0.22	0.26	0.34	0.39	0.47	0.68	0.78

NB : la première durée correspond au débit instantané, pris non nul pour une raison d'échelle logarithmique



Calcul des Hydrogrammes Synthétiques Monofréquence.

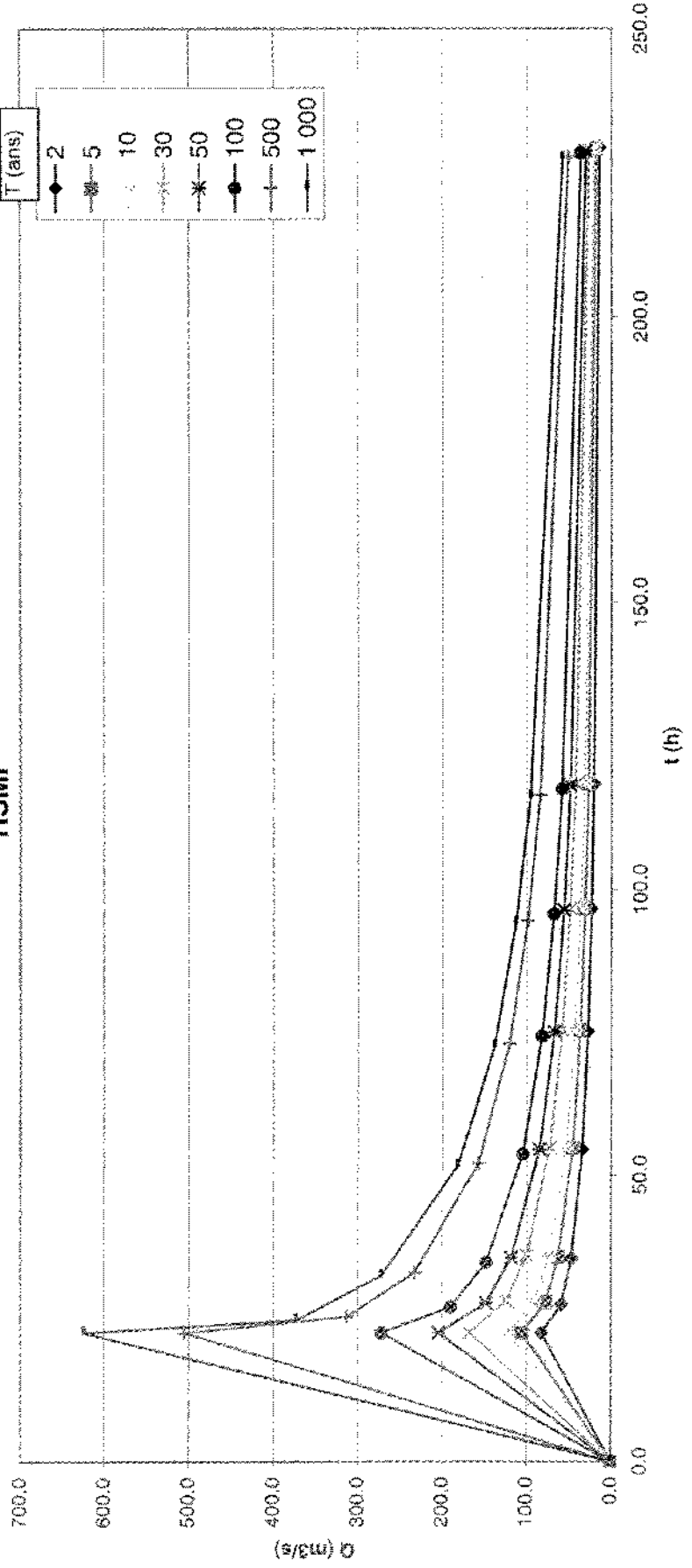
Nom du Bassin Versant : C5

Caractéristiques :

D (h)	22.5
QIXA10 (m ³ /s)	123.0
S (km ²)	493
tm (h)	22.5

T1 2		T2 5		T3 10		T4 30		T5 50		T6 100		T7 500		T8 1 000	
t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22.5	82.3	22.5	105.5	22.5	123.0	22.5	167.8	22.5	204.0	22.5	272.3	22.5	504.7	22.5	624.3
27.5	59.1	27.8	77.4	28.0	91.3	28.0	124.4	27.7	148.5	27.0	190.1	25.3	313.6	24.7	372.8
35.4	46.9	35.8	62.1	36.0	73.6	36.0	99.9	35.6	118.0	34.8	148.1	32.9	232.9	32.4	272.5
54.5	34.2	54.8	45.5	55.0	54.0	54.8	72.7	54.5	85.0	53.7	104.5	52.1	157.3	51.6	181.5
75.2	27.6	75.4	36.5	75.6	43.3	75.4	57.9	75.0	67.2	74.4	81.8	73.0	120.6	72.6	138.3
96.6	23.5	96.8	30.9	96.9	36.6	96.7	48.6	96.4	56.1	95.8	67.8	94.6	98.8	94.2	112.8
118.4	20.7	118.5	27.1	118.5	31.9	118.4	42.1	118.1	48.5	117.5	58.3	116.5	84.2	116.2	95.9
229.3	14.3	229.2	18.0	229.2	20.7	229.0	26.6	228.8	30.3	228.4	36.0	227.7	51.0	227.5	57.8

HSMF



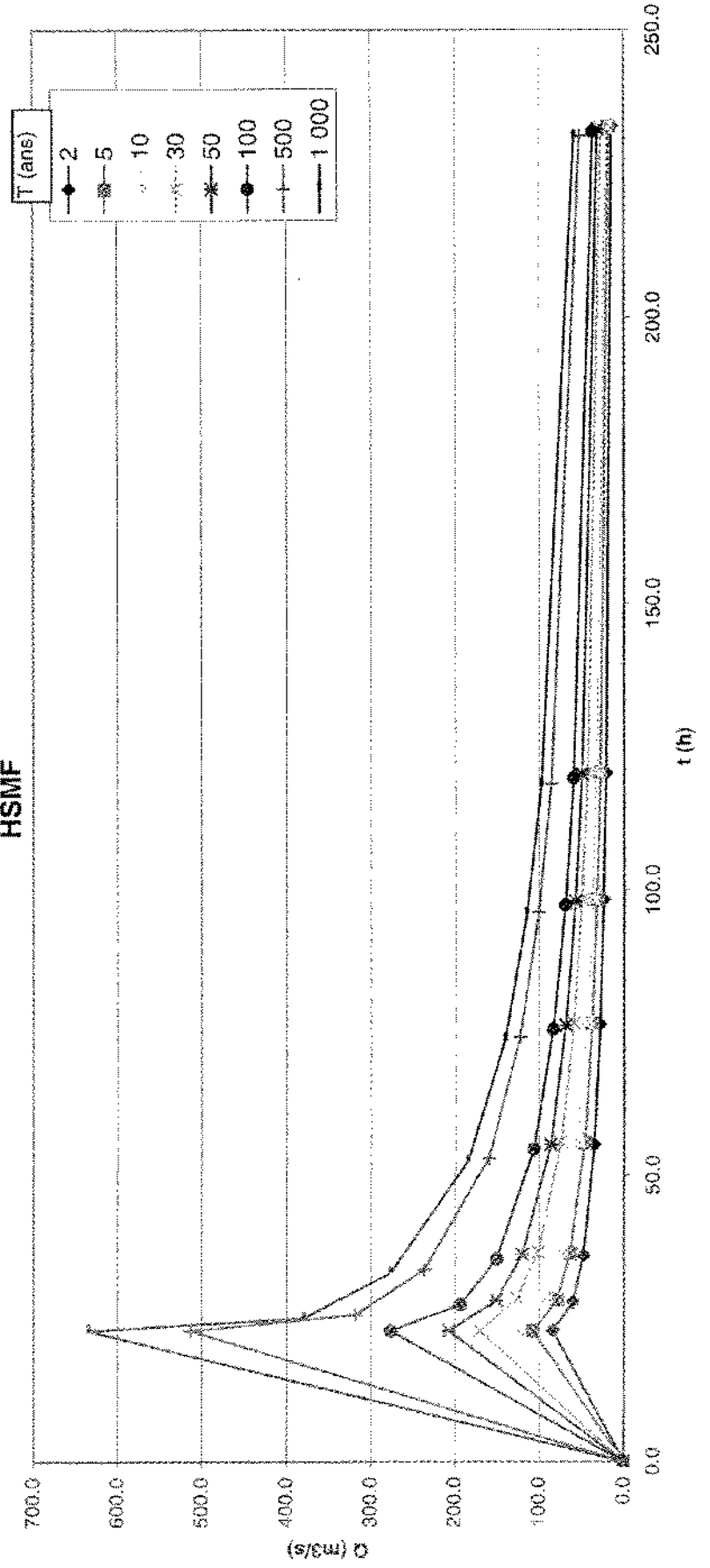
Calcul des Hydrogrammes Synthétiques Monofréquence.

Nom du Bassin Versant : exutoire

Caractéristiques :	D (h)	22.9
	QIXA10 (m3/s)	125.0
	S (km2)	520
	Im (h)	22.9

T1 2		T2 5		T3 10		T4 30		T5 50		T6 100		T7 500		T8 1 000	
t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)	t (h)	Q (m ³ /s)
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22.9	83.6	22.9	107.2	22.9	125.0	22.9	170.6	22.9	207.3	22.9	276.8	22.9	512.9	22.9	634.4
27.9	60.0	28.3	78.7	28.5	92.8	28.5	126.4	28.2	150.9	27.5	193.1	25.7	318.7	25.2	378.8
36.0	47.7	36.4	63.1	36.6	74.7	36.6	101.5	36.2	119.9	35.4	150.5	33.5	236.6	32.9	276.9
55.4	34.8	55.7	46.2	55.9	54.9	55.8	73.9	55.4	86.4	54.7	106.2	53.0	159.9	52.5	184.5
76.5	28.0	76.7	37.1	76.9	44.0	76.7	58.9	76.3	68.3	75.7	83.1	74.3	122.6	73.9	140.5
98.3	23.9	98.4	31.4	98.5	37.2	98.3	49.3	98.0	57.0	97.4	68.9	96.2	100.4	95.9	114.6
120.4	21.1	120.5	27.5	120.6	32.4	120.4	42.8	120.1	49.2	119.6	59.3	118.5	85.6	118.2	97.5
233.3	14.5	233.2	18.2	233.1	21.1	232.9	27.1	232.7	30.8	232.3	36.6	231.6	51.9	231.4	58.8

HSMF



Annexe 4.

Annexe Hydraulique

Annexe 4.1.

Présentation du logiciel ISIS

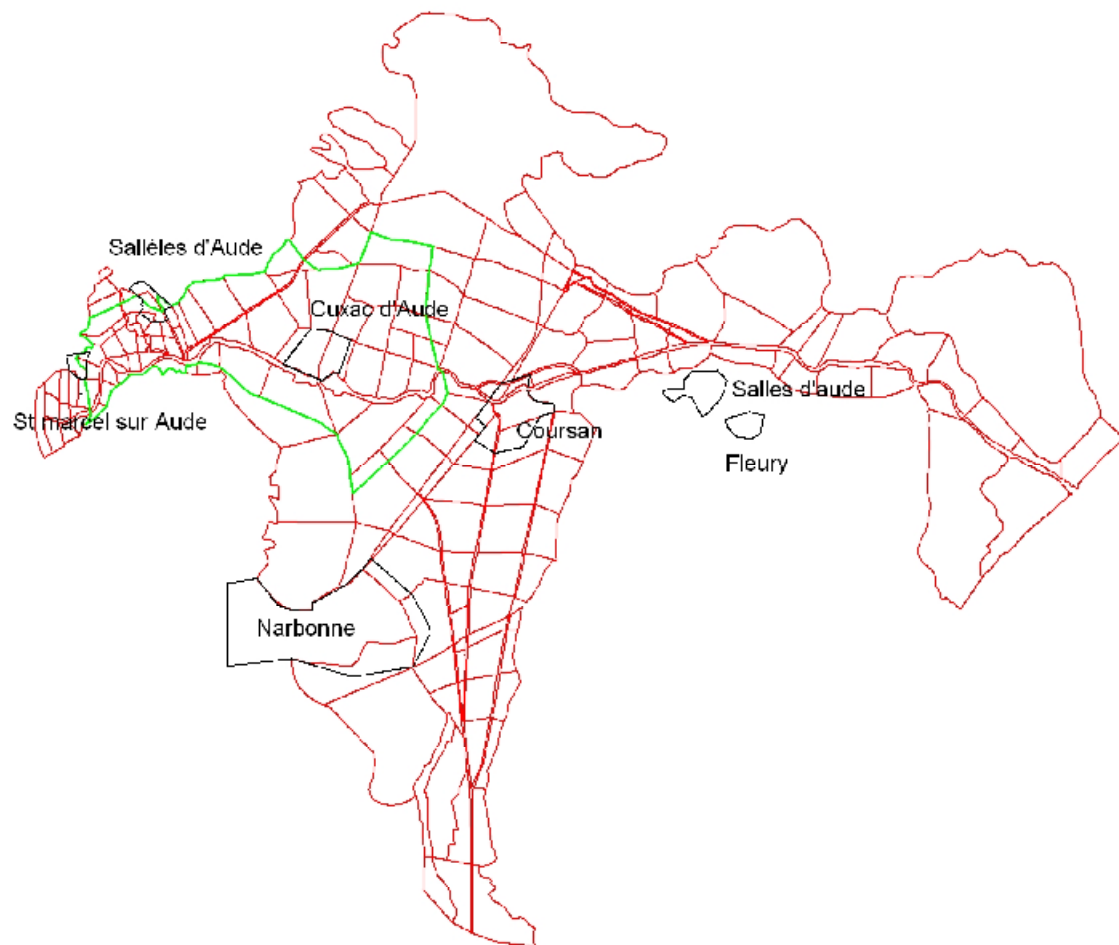
PRESENTATION DU LOGICIEL ISIS

ISIS est un logiciel de simulation hydraulique des écoulements filaires en rivières ou canaux développé par HALCROW et WALLINGFORD (England). Il est particulièrement bien adapté à l'étude des champs d'inondation et à l'analyse de réseaux complexes maillés ou ramifiés, en régime permanent ou transitoire. Par ailleurs, il intègre la possibilité d'introduire des casiers ce qui peut lui conférer un caractère pseudo bi- dimensionnel.

ISIS permet de représenter les champs d'inondation de trois manières selon les configurations des vallées :

1. **Cas des écoulements unidimensionnels et filaires** : Le lit mineur et le lit majeur peuvent être représentés par une section de rivière unique car on suppose que le niveau d'eau est horizontal dans les lits. Ceci est bien adapté aux vallées bien marquées et non aménagées (pas de digue). Les différents lits (mineur, moyen, majeur) sont différenciés par leur coefficient de rugosité qui varient selon la nature et l'occupation des sols.
2. **Cas des écoulements multidirectionnels** : Quand les écoulements sont complexes et multidirectionnels, il est possible de représenter les vallées par des casiers. Les lits d'écoulement restent représentés par des sections et les équations de Barré St Venant. Le champ d'expansion des crues qui joue un rôle de stockage est représenté par des casiers. Les casiers peuvent être implantés en série et reliés par des liaisons hydrauliques (du type seuil, vanne, chenal, etc). Le casier est représenté par une loi de remplissage (hauteur- surface- volume). Cette représentation suppose donc des écoulements en lit mineur et du stockage en lit majeur ($V=0$ et niveau horizontal sur le casier). Ceci est adapté aux plaines cloisonnées et cours d'eau aménagés (endigués), plaines avec peu de pente.
3. **Cas des écoulements unidimensionnels et parallèles avec des échanges latéraux** : Les lits d'écoulement (par exemple le lit mineur, le lit majeur droit et le lit majeur gauche) sont indépendants (vitesse et niveau d'eau différents) mais des échanges se produisent de manière latérales sur des digues ou les berges (répartition de débits). Les sections sont reliées entre elles par des déversements latéraux qui répartissent les débits. Cette configuration est bien adaptée aux lits en toit ou aux lits endigués.

EXEMPLE : MODELE DES BASSES PLAINES DE L'AUDE



ÉQUATIONS DE BASE ET RESOLUTION

Le modèle utilisé repose sur les équations complètes de Barré de Saint-Venant :

➤ Equation de continuité :

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad \text{avec :} \quad \begin{array}{l} Q = \text{Débit} \\ A = \text{Section} \\ q = \text{Débit latéral} \end{array}$$

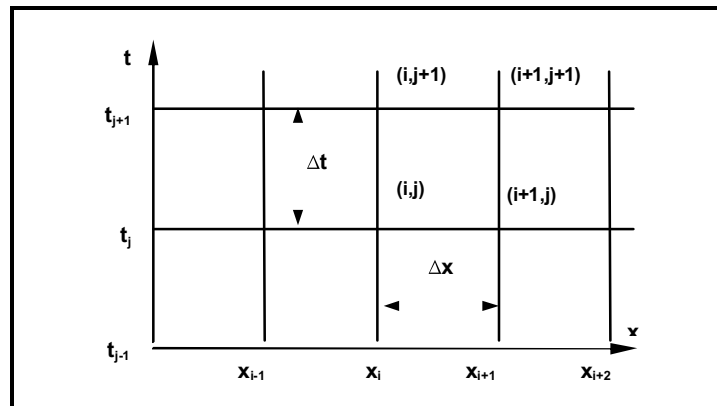
➤ Equation du mouvement :

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\beta Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} - g \frac{AQ|Q|}{k^2} + q \frac{Q}{A} \cos \alpha = 0$$

avec :

- H = Cote de l'eau
- g = Accélération de la pesanteur
- $k = A \frac{R^{2/3}}{n}$
- n = Coefficient de Manning
- R = Rayon hydraulique = A/P
- P = Périmètre mouillé
- α = Angle de l'écoulement
- β = Coefficient

Le réseau est discrétisé à l'aide du schéma implicite de Preissmann :



$$\text{➤ } f(x, t) = \frac{1}{2} \left[\theta (f_{i+1}^{j+1} + f_i^{j+1}) + (1 - \theta) (f_{i-1}^j + f_i^j) \right]$$

où : f = Débit ou cote d'eau.

θ = Coefficient compris entre 0,5 et 1.

f_i^j = Valeur de f au point (x_i, t_j) .

UNITES ET FONCTIONS HYDRAULIQUES D'ISIS

ISIS met à disposition plusieurs fonctions appelées « unités » pour représenter les divers composants hydrauliques d'un écoulement :

- section de rivière ou de canal avec différentes zones de rugosités (calculs des lignes d'eau par les équations de Barré St Venant),
- ponts (pertes de charge calculées par la méthode de l'USPBR),
- casiers- réservoir (zone de stockage),
- ouvrages de vannages (avec ou sans consignes de régulation),
- déversoir (lois de seuils minces, épais, rectangulaires, triangulaires...),
- perte de charge singulière,
- siphon,
- pompe,
- conduites (calcul des pertes de charge de rugosité par colebrook- white).

Chaque unité hydraulique possède une ou plusieurs étiquettes, les unités possédant des étiquettes communes étant considérées comme connectées entre elles.

DONNEES D'ENTREE ET RESULTATS

Les données à l'entrée du modèle sont contenues dans un fichier unique au format ASCII. Chaque unité est décrite : géométrie (sections, profils en long, lois de remplissage,...) et paramètres hydrauliques de calcul (rugosité, coefficient de pertes de charge).

Les conditions aux limites peuvent être :

- hydrogrammes amont et latéraux
- limnigrammes
- lois hauteur- débit

Les résultats en sortie du modèle sont, pour chaque unité hydraulique, les débits, les vitesses et les cotes d'eau atteints et l'évolution de ces paramètres en fonction du temps dans le cas du régime transitoire. Ils sont fournis sous forme de tableaux (Excel), de profils en long et en travers (dessins et fichiers Autocad), de courbes $Q(t)$, $Z(t)$, $Vitesse(t)$, $Volume\ stocké(t)$.

Annexe 4.2.

Calage sur la crue de décembre 2003

Résultats du modèle du SORNIN

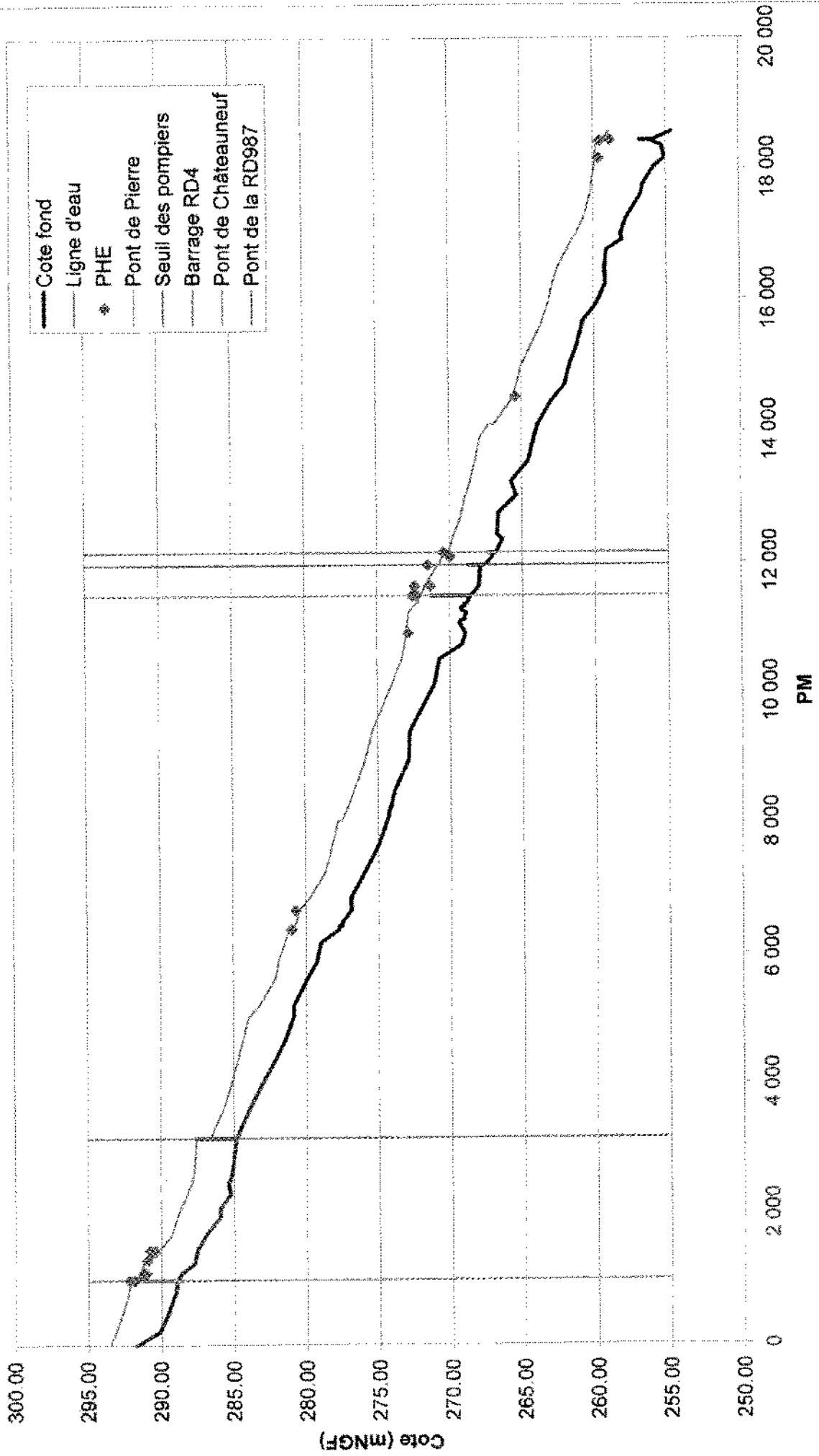
Crue de décembre 2003

Noeud	Commentaire	PM	Cote fond (mNGF)	Crue de 2003		
				Z (mNGF)	Q (m3/s)	V (m/s)
T01		0.00	291.73	293.52	100.0	1.2
T02		206.80	290.15	293.13	99.3	1.2
T03		466.40	289.58	292.72	98.9	1.2
T04		744.60	289.17	292.32	98.6	0.9
T05		824.10	289.00	292.23	98.6	0.9
T06am		1 002.00	288.92	292.09	98.6	0.8
T06Pam		1 002.00	288.50	292.09	85.2	
T06Dam		1 002.00	291.48	292.09	13.4	
T06av		1 002.00	288.92	291.57	98.6	0.9
T07		1 112.60	288.60	291.39	98.6	1.4
T08		1 267.80	287.68	291.22	98.6	1.2
T09		1 456.40	287.55	290.15	98.5	2.2
T10		1 700.50	286.92	289.29	98.4	1.0
T11		1 971.10	285.94	288.90	98.1	1.0
T11bis		2 111.10	285.92	288.64	98.0	1.4
T12		2 311.10	285.24	288.23	97.7	1.0
T13		2 487.20	285.35	287.91	97.3	1.2
T13bis		2 638.40	285.12	287.74	96.7	0.6
T14am		3 161.30	284.80	287.54	93.4	0.8
T14Dam		3 161.30	287.54	287.54	0.0	
T14Pam		3 161.30	285.00	287.54	93.4	
T14av		3 161.30	284.80	286.58	93.4	0.8
T16		3 676.30	283.79	285.61	93.3	0.7
T17		4 094.50	282.81	285.02	93.2	0.7
T18		4 393.20	282.08	284.66	93.1	1.1
T19		4 706.70	281.40	284.31	93.1	0.9
T20		5 034.10	280.87	283.94	93.1	0.8
T21		5 213.30	280.85	283.21	93.1	1.9
T22		5 624.10	279.92	282.11	93.0	0.8
T23		5 881.70	279.25	281.89	93.0	0.6
T24		6 181.70	278.97	281.44	93.0	1.1
G39		6 382.70	277.71	281.08	93.0	0.8
G390		6 438.70	277.71	280.99	93.0	1.1
G390		6 438.70	277.46	280.99	93.0	
G38		6 438.70	277.46	280.80	93.0	1.2
G37		6 488.70	277.50	280.64	93.0	1.6
G36	Injection du BOTORET	6 678.70	276.85	280.45	93.0	0.9
G360		6 678.70	276.85	280.45	131.4	1.1
G35		6 868.70	276.89	279.70	131.4	2.0
G34		7 272.70	275.89	278.59	131.3	1.0
G33		7 682.70	274.94	278.14	131.2	1.3
G32		8 047.70	274.36	277.75	131.1	1.0
G32		8 047.70	274.36	277.75	131.1	
G320		8 047.70	274.36	277.44	131.1	1.1
G31		8 517.70	273.84	276.61	131.1	1.0
G30	Injection de LEQUETTERIE	8 972.70	272.88	275.66	131.0	0.5
G300		8 972.70	272.88	275.66	136.7	0.8
G29		9 412.70	272.79	275.36	136.4	0.5

G28		10 127.70	271.10	274.00	138.3	0.9
G27	Injection du BEZO	10 517.70	270.74	273.33	136.9	1.0
G270		10 517.70	270.74	273.33	179.1	1.1
G28		10 737.70	269.18	273.11	178.4	0.8
G25		10 917.70	268.95	273.01	177.5	0.6
R12		11 087.70	269.35	272.93	177.1	0.9
R11		11 101.90	269.28	272.91	177.1	0.9
R10		11 132.90	268.96	272.89	177.0	0.8
R9		11 145.04	268.98	272.88	177.0	0.7
R8		11 177.74	268.99	272.87	177.0	0.9
R7		11 204.24	268.89	272.86	177.0	0.7
R6		11 232.44	268.90	272.80	177.0	1.1
R5		11 263.24	269.16	272.73	177.0	1.2
R4		11 305.54	269.24	272.55	177.0	1.9
R3		11 334.94	268.98	272.47	177.0	1.5
R2		11 360.24	268.99	272.33	176.9	2.1
R1		11 382.24	268.80	272.18	176.9	1.9
G24		11 487.24	268.57	272.12	176.9	0.6
G24Pam		11 487.24	268.57	272.12	96.5	
G24Dam		11 487.24	271.28	272.12	94.3	
G240		11 487.24	268.57	272.01	176.9	0.7
G23		11 633.24	268.00	271.72	176.9	1.1
G22		11 959.24	267.89	270.81	176.8	1.0
G22		11 959.24	268.70	270.81	176.8	
G20		11 959.24	267.57	270.74	176.8	0.8
G19		12 081.24	267.08	270.52	176.7	1.2
G190		12 149.24	267.08	270.25	176.6	1.7
G190		12 149.24	267.32	270.25	176.6	
G170		12 149.24	266.79	270.06	176.6	0.8
G17		12 163.24	266.79	270.05	176.6	0.8
G16		12 353.24	266.35	269.79	176.4	0.7
G15		12 429.24	266.73	269.67	176.4	0.9
G14		12 663.24	266.66	269.26	176.1	0.8
P12		12 759.24	266.63	268.17	175.9	0.9
P11		13 024.24	265.39	268.87	175.3	1.5
P10		13 239.24	265.75	268.53	174.9	1.4
P9		13 549.24	264.55	268.21	174.6	1.0
P8	Injection du CHANDONNET	13 899.24	264.17	267.89	174.4	1.1
P88		13 899.24	264.17	267.89	188.9	1.2
G130		14 104.24	263.89	267.30	188.9	1.9
G130		14 104.24	263.89	267.30	188.9	
G13		14 104.24	263.89	266.91	188.9	2.5
P6		14 458.24	262.96	265.76	188.8	1.9
P5		14 708.24	262.01	265.33	188.5	0.6
P4		15 098.24	261.68	264.97	188.3	1.4
P3		15 293.24	261.20	264.32	188.2	1.5
P2	Injection du Rau d'AILLANT	15 673.24	260.76	263.52	188.0	1.0
P22		15 673.24	260.76	263.52	192.4	1.0
P1		15 918.24	259.85	263.15	192.1	1.3
G12		16 238.24	259.19	262.82	191.8	0.6
P401		16 478.24	259.25	262.48	191.6	1.2
P402		16 761.24	259.10	261.81	191.5	1.6
G11		16 911.24	258.05	261.47	191.4	0.9
P403		17 006.24	258.12	261.16	191.4	1.4
G10		17 231.24	257.76	260.64	191.1	1.2
G9		17 601.24	256.74	260.19	189.4	1.4

G8		17 756.24	256.58	260.08	188.3	1.3
G7		18 022.24	255.83	259.88	188.0	1.1
G6		18 158.24	255.10	259.82	187.3	1.6
G5		18 344.24	255.25	259.77	186.9	1.0
G4		18 420.24	256.00	259.59	186.8	1.5
G4		18 420.24	255.59	259.59	186.8	
G44		18 420.24	256.00	259.31	186.8	1.7
G3		18 436.24	256.01	259.34	186.8	1.4
G3		18 436.24	256.80	259.34	186.8	
G333		18 436.24	255.81	259.16	186.8	1.4
G2		18 454.24	255.75	259.24	186.8	1.2
G1		18 560.24	254.63	258.91	186.8	1.9

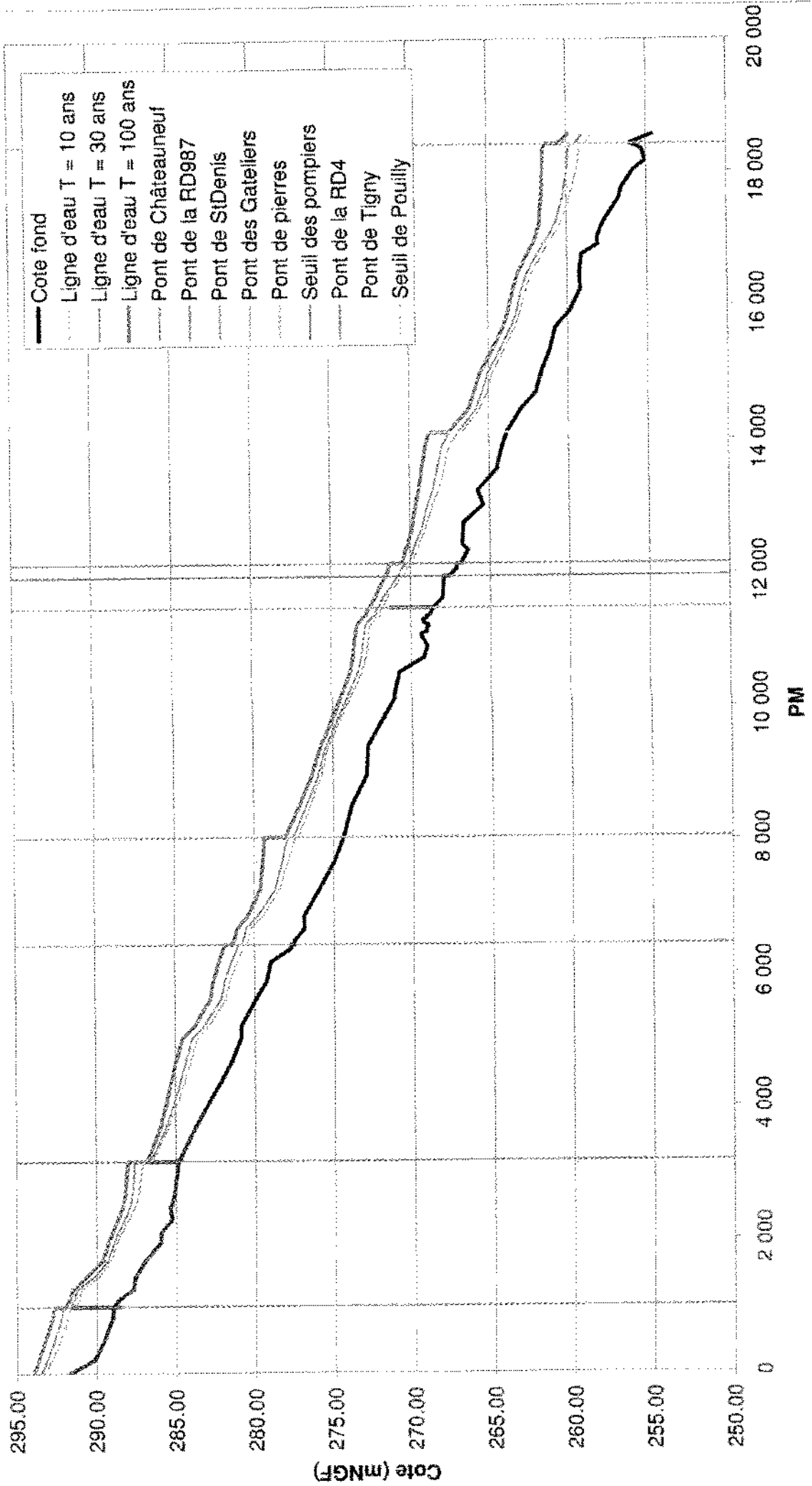
Profil en long du Sornin de la crue de 2003



Annexe 4.3.

Résultats des simulations des crues 10, 30 et 100ans

Profil en long du Sornin pour les crues de projet



Résultats du modèle du SORNIN

Crues de projet

Noeud	Commentaire	PM	Cote fond (mNGF)	Crue décennale			Crue trentennale			Crue centennale		
				Z (mNGF)	Q (m3/s)	V (m/s)	Z (mNGF)	Q (m3/s)	V (m/s)	Z (mNGF)	Q (m3/s)	V (m/s)
T01		0.00	291.73	293.30	72.1	1.3	293.51	98.4	1.3	293.97	159.6	1.3
T02		206.80	290.15	292.81	71.7	1.2	293.12	97.9	1.2	293.68	159.0	1.2
T03		466.40	289.58	292.34	71.5	1.1	292.71	97.6	1.1	293.32	158.5	1.2
T04		744.80	289.17	291.93	71.3	0.8	292.31	97.5	0.8	292.90	158.2	1.0
T05		824.10	289.00	291.83	71.3	0.9	292.22	97.5	0.9	292.80	158.1	1.0
T06am		1 002.00	288.92	291.67	71.1	0.8	292.08	97.5	0.8	292.64	158.1	0.8
T06Pam	Pont de	1 002.00	288.50	291.67	70.6		292.08	84.8		292.64	102.7	
T08Dam	Châteauneuf	1 002.00	291.48	291.67	0.6		292.08	12.8		292.64	55.7	
T06av		1 002.00	288.92	291.27	71.1	0.9	291.56	97.5	0.9	291.95	158.1	0.9
T07		1 112.60	288.60	291.09	71.0	1.4	291.39	97.5	1.4	291.72	158.0	1.5
T08		1 267.80	287.68	290.89	70.9	1.2	291.22	97.5	1.2	291.48	157.8	1.2
T09		1 456.40	287.55	289.86	70.8	2.0	290.13	97.5	2.2	290.63	157.7	2.2
T10		1 700.50	286.92	289.11	70.8	0.9	289.29	97.5	0.9	289.61	157.5	0.9
T11		1 971.10	285.94	288.71	70.6	1.0	288.90	97.1	1.0	289.25	157.1	1.0
T11bis		2 111.10	285.92	288.42	70.6	1.4	288.64	97.0	1.4	289.01	156.9	1.4
T12		2 311.10	285.24	287.97	70.5	1.0	288.23	96.8	1.0	288.65	156.8	1.0
T13		2 487.20	285.35	287.61	70.5	1.1	287.91	96.5	1.1	288.36	156.6	1.2
T13bis		2 638.40	285.12	287.37	70.3	0.7	287.74	96.1	0.7	288.20	156.5	0.7
T14am		3 181.30	284.80	287.03	69.3	0.7	287.54	93.4	0.7	287.99	156.1	0.7
T14Dam	Pont de la	3 181.30	287.54	287.03	0.0		287.54	0.0		287.99	45.3	
T14Pam	RD987	3 181.30	285.00	287.03	69.3		287.54	93.4		287.99	110.9	
T14ev		3 181.30	284.80	286.47	69.3	0.7	286.58	93.4	0.7	286.79	156.1	0.7
T16		3 676.30	283.79	285.46	69.2	0.7	285.61	93.3	0.7	285.96	155.4	0.7
T17		4 094.50	282.81	284.81	69.1	0.7	285.02	93.1	0.7	285.52	154.6	0.7
T18		4 393.20	282.08	284.39	69.0	1.1	284.66	93.0	1.1	285.24	154.3	1.1
T19		4 706.70	281.40	283.99	69.0	0.9	284.31	92.9	0.9	284.94	154.1	0.9
T20		5 034.10	280.87	283.61	68.9	0.8	283.94	92.9	0.8	284.55	154.0	1.0
T21		5 213.30	280.85	282.92	68.9	1.8	283.21	92.9	1.9	283.80	154.0	2.0
T22		5 624.10	279.92	281.81	68.9	0.8	282.11	92.8	0.8	282.79	153.7	0.8

Résultats du modèle du SORNIN

Crues de projet

Nocud	Commentaire	PM	Cote fond (mNGF)	Crue décennale			Crue trentennale			Crue centennale		
				Z (mNGF)	Q (m3/s)	V (m/s)	Z (mNGF)	Q (m3/s)	V (m/s)	Z (mNGF)	Q (m3/s)	V (m/s)
T23		5 881.70	279.25	281.56	68.8	0.6	281.89	92.8	0.6	282.61	153.3	0.7
T24		6 181.70	278.97	281.09	68.8	1.1	281.45	92.7	1.1	282.24	152.8	1.1
G39		6 382.70	277.71	280.74	68.7	0.8	281.11	92.7	0.8	281.94	152.3	0.8
G390	Pont de St Denis	6 438.70	277.71	280.66	68.7	1.0	281.02	92.7	1.0	281.86	152.2	0.9
G38		6 438.70	277.46	280.53	68.7	1.1	280.84	92.7	1.2	281.42	152.2	1.6
G37		6 488.70	277.50	280.40	68.7	1.4	280.70	92.7	1.4	281.29	152.1	1.7
G36		6 678.70	276.85	280.25	68.8	0.8	280.53	92.7	0.8	281.09	151.1	0.7
G360	injection du BOTORET	6 678.70	276.85	280.25	104.9	1.1	280.53	142.6	1.1	281.09	239.6	1.1
G35		6 868.70	276.89	279.47	104.8	1.9	279.79	142.5	1.9	280.43	239.1	1.9
G34		7 272.70	275.89	278.39	104.8	0.9	278.68	142.3	1.0	279.60	237.1	1.1
G33		7 682.70	274.94	277.87	104.6	1.2	278.24	141.7	1.2	279.43	231.4	1.3
G32	Pont des Gâteliens	8 047.70	274.36	277.40	104.4	0.9	277.88	141.4	1.0	279.31	229.0	1.0
G320		8 047.70	274.36	277.21	104.4	1.0	277.52	141.4	1.2	278.02	229.0	1.5
G31		8 517.70	273.84	276.43	104.4	1.0	276.68	141.4	1.0	277.12	228.9	1.0
G30	injection de PEQUETTERIE	8 972.70	272.88	275.72	104.3	0.6	275.93	141.3	0.6	276.33	228.8	0.6
G300		8 972.70	272.88	275.72	110.7	0.6	275.93	149.2	0.6	276.33	243.7	0.6
G29		9 412.70	272.79	275.27	111.2	0.4	275.43	149.5	0.5	275.74	244.1	0.6
G28		10 127.70	271.10	273.86	111.8	0.9	274.05	149.7	0.9	274.45	243.7	0.9
G27	injection du BEZO	10 517.70	270.74	273.06	109.8	0.9	273.32	148.8	1.0	273.82	242.5	1.0
G270		10 517.70	270.74	273.06	132.9	1.1	273.32	177.8	1.1	273.82	283.1	1.1
G26		10 737.70	269.18	272.81	126.2	0.8	273.11	177.2	0.8	273.63	292.4	0.8
G25		10 917.70	268.95	272.70	130.6	0.6	273.00	176.7	0.6	273.56	291.7	0.6
R12		11 067.70	269.35	272.62	126.9	0.9	272.92	176.5	0.9	273.47	291.5	1.0
R11		11 101.90	269.28	272.60	128.3	0.9	272.90	176.4	0.9	273.45	291.4	0.9
R10		11 132.90	268.96	272.58	128.3	0.8	272.88	176.4	0.8	273.43	291.4	0.8
R9		11 145.04	268.98	272.58	128.3	0.7	272.88	176.4	0.7	273.42	291.4	0.7
R8		11 177.74	268.99	272.56	128.3	0.9	272.86	176.4	0.9	273.41	291.4	0.9
R7		11 204.24	268.89	272.55	128.2	0.7	272.85	176.4	0.7	273.39	291.4	0.7
R6		11 232.44	268.90	272.51	128.2	1.1	272.80	176.4	1.1	273.33	291.3	1.1

Résultats du modèle du SORNIN

Crues de projet

Noeud	Commentaire	RM	Cote fond (mNGF)	Crue decennale			Crue trentennale			Crue centennale		
				Z (mNGF)	Q (m3/s)	V (m/s)	Z (mNGF)	Q (m3/s)	V (m/s)	Z (mNGF)	Q (m3/s)	V (m/s)
R5		11 263.24	269.16	272.44	128.2	272.73	176.4	1.2	273.25	291.3	1.2	
R4		11 305.54	269.24	272.24	128.2	272.55	176.4	1.8	273.11	291.3	1.8	
R3		11 334.94	268.98	272.17	128.2	272.46	176.4	1.5	273.00	291.3	1.6	
R2		11 360.24	268.99	271.91	128.2	272.33	176.4	2.0	272.90	291.3	2.0	
R1		11 382.24	268.90	271.86	128.2	272.18	176.4	1.9	272.76	291.3	1.9	
G24		11 487.24	268.57	271.84	128.2	272.12	176.4	0.6	272.64	291.2	0.7	
G24Pam		11 487.24	268.57	271.84	94.8	272.12	96.2		272.64	96.7		
G24Dam	Pont de pierres	11 487.24	271.28	271.84	36.1	272.12	93.6		272.64	225.6		
G240		11 487.24	268.57	271.72	128.2	272.01	176.4	0.7	272.56	291.2	0.7	
G23		11 633.24	268.00	271.48	128.2	271.72	176.3	1.1	272.23	291.0	1.1	
G22		11 959.24	267.89	270.54	128.1	270.80	176.2	1.0	271.57	290.5	1.0	
G20	Seuil des pompiers	11 959.24	267.57	270.44	128.1	270.74	176.2	0.8	271.52	290.5	0.8	
G19		12 081.24	267.08	270.22	128.1	270.52	176.2	1.2	271.37	290.3	1.2	
G190		12 149.24	267.08	269.86	128.1	270.25	176.2	1.7	271.24	290.2	1.7	
G170	Pont de la RD4	12 149.24	266.79	269.83	128.1	270.06	176.2	0.8	270.52	290.2	0.8	
G17		12 163.24	266.79	269.82	128.1	270.04	176.2	0.8	270.50	290.1	0.8	
G16		12 353.24	266.35	269.56	128.0	269.79	176.0	0.8	270.28	289.5	0.8	
G15		12 429.24	266.73	269.44	128.0	269.67	176.0	1.0	270.17	289.3	1.0	
G14		12 663.24	266.66	269.03	127.9	269.26	175.7	0.8	269.86	288.1	0.9	
P12		12 759.24	266.63	268.93	127.8	269.17	175.6	1.0	269.79	287.5	1.0	
P11		13 024.24	265.39	268.58	127.6	268.88	175.1	1.6	269.62	285.9	1.5	
P10		13 239.24	265.75	268.18	127.4	268.56	174.8	1.5	269.44	285.2	1.5	
P9		13 549.24	264.55	267.82	127.2	268.25	174.6	1.0	269.23	284.7	1.0	
P8		13 899.24	264.17	267.52	127.2	267.96	174.5	1.0	268.99	284.6	1.0	
P88	Injection du CHANDONNET	13 899.24	264.17	267.52	142.7	267.96	196.1	1.1	268.99	322.9	1.1	
G130		14 104.24	263.89	266.89	142.7	267.47	196.1	1.3	268.74	323.0	1.3	
G13	Pont de Tigny	14 104.24	263.89	266.69	142.7	266.95	196.1	2.5	267.55	323.0	2.5	
P6		14 458.24	262.96	265.56	142.7	265.79	196.0	1.9	266.25	323.3	1.9	
P5		14 708.24	262.01	265.09	142.4	265.37	195.8	0.6	265.90	322.6	0.6	

Résultats du modèle du SORNIN

Crues de projet

Noeud	Commentaire	PM	Cote fond (mNGF)	Crue décennale			Crue trentennale			Crue centennale		
				Z (mNGF)	Q (m3/s)	V (m/s)	Z (mNGF)	Q (m3/s)	V (m/s)	Z (mNGF)	Q (m3/s)	V (m/s)
P4		15 008.24	261.68	264.73	142.3	1.4	265.01	195.6	1.5	265.50	322.3	1.5
P3		15 293.24	261.20	264.09	142.3	1.5	264.35	195.5	1.5	264.82	322.2	1.5
P2	Injection du Rau d'AILLANT	15 673.24	260.76	263.31	142.2	1.0	263.56	195.3	1.0	264.05	321.9	1.0
P22		15 673.24	260.76	263.31	145.4	1.1	263.56	201.2	1.0	264.05	332.4	1.0
P1		15 918.24	259.85	262.92	146.3	1.4	263.19	200.9	1.4	263.72	332.1	1.4
G12		16 238.24	259.19	262.58	146.1	0.6	262.86	200.7	0.8	263.41	331.7	0.6
P401		16 478.24	259.25	262.24	146.0	1.2	262.53	200.6	1.2	263.09	331.4	1.2
P402		16 761.24	259.10	261.54	146.0	1.7	261.85	200.4	1.7	262.49	330.8	1.7
G11		16 911.24	258.05	261.22	146.0	0.8	261.51	200.4	0.9	262.15	330.3	1.1
P403		17 006.24	258.12	260.91	146.0	1.4	261.21	200.4	1.4	261.95	329.9	1.4
G10		17 231.24	257.76	260.36	145.9	1.2	260.69	200.0	1.2	261.71	326.9	1.2
G9		17 601.24	256.74	259.82	145.2	1.4	260.27	198.1	1.4	261.58	315.6	1.4
G8		17 756.24	256.58	259.65	144.7	1.3	260.16	196.8	1.3	261.56	310.9	1.3
G7		18 022.24	255.83	259.35	144.6	1.1	259.98	195.8	1.1	261.51	307.6	1.1
G6		18 158.24	255.10	259.26	144.2	1.6	259.92	195.2	1.6	261.49	305.9	1.7
G5		18 344.24	255.25	259.17	143.9	1.0	259.88	194.7	1.0	261.48	304.1	1.0
G4	Seuil de Pouilly	18 420.24	256.00	258.98	143.9	1.5	259.69	194.6	1.5	261.31	303.9	1.6
G44		18 420.24	256.00	258.82	143.9	1.6	259.39	194.6	1.7	260.40	303.9	1.9
G8	Pont de Pouilly	18 436.24	256.01	258.84	143.9	1.3	259.43	194.6	1.4	260.45	303.9	1.5
G333		18 436.24	255.81	258.68	143.9	1.3	259.24	194.6	1.4	260.23	303.9	1.6
G2		18 454.24	255.75	258.74	143.9	1.3	259.33	194.6	1.3	260.35	303.9	1.3
G1		18 580.24	254.63	258.45	143.9	1.7	258.99	194.6	1.9	259.89	303.9	2.4

Résultats du modèle du SORNIN

Crue de décembre 2003

Noeud	Commentaire	PM	Cote fond (mNGF)	Crue de 2003		
				Z (mNGF)	Q (m3/s)	V (m/s)
T01		0.00	291.73	293.52	100.0	1.2
T02		206.90	290.15	293.13	99.3	1.2
T03		466.40	289.58	292.72	98.9	1.2
T04		744.60	289.17	292.32	98.6	0.9
T05		824.10	289.00	292.23	98.6	0.9
T06am		1 002.00	288.92	292.09	98.6	0.8
T06Pam		1 002.00	288.50	292.09	85.2	
T06Dam		1 002.00	291.48	292.09	13.4	
T06av	Pont de Châteauneuf	1 002.00	288.92	291.57	98.6	0.9
T07		1 112.60	288.60	291.39	98.6	1.4
T08		1 267.80	287.68	291.22	98.6	1.2
T09		1 456.40	287.55	290.15	98.5	2.2
T10		1 700.50	286.92	289.29	98.4	1.0
T11		1 971.10	285.94	288.90	98.1	1.0
T11bis		2 111.10	285.92	288.64	98.0	1.4
T12		2 311.10	285.24	288.23	97.7	1.0
T13		2 487.20	285.35	287.91	97.3	1.2
T13bis		2 638.40	285.12	287.74	96.7	0.6
T14am		3 181.30	284.80	287.54	93.4	0.8
T14Dam		3 181.30	287.54	287.54	0.0	
T14Pam		3 181.30	285.00	287.54	93.4	
T14av	Pont de la RD987	3 181.30	284.80	286.58	93.4	0.8
T16		3 676.90	283.79	285.61	83.3	0.7
T17		4 094.50	282.81	285.02	93.2	0.7
T18		4 593.20	282.08	284.66	93.1	1.1
T19		4 706.70	281.40	284.31	93.1	0.9
T20		5 034.10	280.87	283.94	93.1	0.8
T21		5 213.30	280.85	283.21	93.1	1.9
T22		5 624.10	279.92	282.11	93.0	0.8

Résultats du modèle du SORNIN

Crue de décembre 2003

Noeud	Commentaire	PM	Cote fond (mNGF)	Crue de 2003		
				Z (mNGF)	Q (m3/s)	V (m/s)
T23		5 881.70	279.25	281.89	93.0	0.6
T24		6 181.70	278.97	281.44	93.0	1.1
G39		6 382.70	277.71	281.08	93.0	0.8
G390		6 438.70	277.71	280.99	93.0	1.1
G38	Pont de St Denis	6 438.70	277.46	280.80	93.0	1.2
G37		6 488.70	277.50	280.64	93.0	1.5
G36	injection du	6 678.70	276.85	280.45	93.0	0.9
G360	BOTORET	6 678.70	276.85	280.45	131.4	1.1
G35		6 868.70	276.89	279.70	131.4	2.0
G34		7 272.70	275.89	278.59	131.3	1.0
G33		7 682.70	274.94	278.14	131.2	1.3
G32	Pont des	8 047.70	274.36	277.75	131.1	1.0
G320	Gateaux	8 047.70	274.36	277.44	131.1	1.1
G31		8 517.70	273.84	276.61	131.1	1.0
G30	injection de	8 972.70	272.88	275.86	131.0	0.5
G300	l'EQUETTERIE	8 972.70	272.88	275.86	136.7	0.6
G29		9 412.70	272.79	275.36	136.4	0.5
G28		10 127.70	271.10	274.00	136.3	0.9
G27	injection du	10 517.70	270.74	273.33	136.9	1.0
G270	BEZO	10 517.70	270.74	273.33	179.1	1.1
G26		10 737.70	269.18	273.11	178.4	0.8
G25		10 917.70	268.95	273.01	177.5	0.6
R12		11 067.70	269.35	272.93	177.1	0.9
R11		11 101.90	269.28	272.91	177.1	0.9
R10		11 132.90	268.96	272.89	177.0	0.8
R9		11 145.04	268.98	272.88	177.0	0.7
R8		11 177.74	268.99	272.87	177.0	0.9
R7		11 204.24	268.89	272.86	177.0	0.7
R6		11 232.44	268.90	272.80	177.0	1.1

Résultats du modèle du SORNIN

Crue de décembre 2003

Nœud	Commentaire	PM	Cote fond (mNGF)	Crue de 2003		
				Z (mNGF)	Q (m3/s)	V (m/s)
R5		11 263.24	269.16	272.73	177.0	1.2
R4		11 305.54	269.24	272.55	177.0	1.9
R3		11 334.94	268.98	272.47	177.0	1.5
R2		11 360.24	268.99	272.33	176.9	2.1
R1		11 382.24	268.80	272.18	176.9	1.9
G24		11 487.24	268.57	272.12	176.9	0.6
G24Pam		11 487.24	268.57	272.12	96.5	
G24Dam	Pont de pierres	11 487.24	271.28	272.12	94.3	
G240		11 487.24	268.57	272.01	176.9	0.7
G23		11 633.24	268.00	271.72	176.9	1.1
G22	Seuil des pompiers	11 959.24	267.89	270.81	176.8	1.0
G20		11 959.24	267.57	270.74	176.8	0.8
G19		12 081.24	267.08	270.52	176.7	1.2
G190		12 149.24	267.08	270.25	176.6	1.7
G170	Pont de la RD4	12 149.24	266.79	270.06	176.6	0.8
G17		12 163.24	266.79	270.05	176.6	0.8
G16		12 353.24	266.35	269.79	176.4	0.7
G15		12 429.24	266.73	269.67	176.4	0.9
G14		12 663.24	266.66	269.26	176.1	0.8
P12		12 759.24	266.63	269.17	175.9	0.9
P11		13 024.24	265.39	268.87	175.3	1.5
P10		13 239.24	265.75	268.53	174.9	1.4
P9		13 549.24	264.55	268.21	174.6	1.0
P8	Injection du CHANDONNET	13 899.24	264.17	267.89	174.4	1.1
P88		13 899.24	264.17	267.89	188.9	1.2
G130		14 104.24	263.89	267.30	188.9	1.9
G13	Pont de Tigny	14 104.24	263.89	266.91	188.9	2.5
P6		14 458.24	262.96	265.76	188.8	1.9
P5		14 708.24	262.01	265.33	188.5	0.6

Résultats du modèle du SORNIN

Crue de décembre 2003

Nœud	Commentaire	PM	Cote fond (mNGF)	Crue de 2003		
				Z (mNGF)	Q (m³/s)	V (m/s)
P4		15 008.24	261.68	264.97	188.3	1.4
P3		15 293.24	261.20	264.32	188.2	1.5
P2	Injection du fluu d'AILLANT	15 673.24	260.76	263.52	188.0	1.0
P22		15 673.24	260.76	263.52	192.4	1.0
P1		15 918.24	259.85	263.15	192.1	1.3
G12		16 238.24	259.19	262.82	191.8	0.6
P401		16 478.24	259.25	262.49	191.6	1.2
P402		16 761.24	259.10	261.81	191.5	1.6
G11		16 911.24	258.05	261.47	191.4	0.9
P403		17 006.24	258.12	261.16	191.4	1.4
G10		17 231.24	257.76	260.64	191.1	1.2
G9		17 601.24	256.74	260.19	189.4	1.4
G8		17 756.24	256.58	260.08	188.3	1.3
G7		18 022.24	255.83	259.88	188.0	1.1
G6		18 158.24	255.10	259.82	187.3	1.6
G5		18 344.24	255.25	259.77	186.9	1.0
G4		18 420.24	256.00	259.59	186.8	1.5
G44	Seuil de Pouilly	18 420.24	256.00	259.31	186.8	1.7
G3		18 436.24	256.01	259.34	186.8	1.4
G333	Point de Pouilly	18 436.24	255.81	259.16	186.6	1.4
G2		18 454.24	255.75	259.24	186.8	1.2
G1		18 560.24	254.63	258.91	186.8	1.9

Résultats du modèle du BOTORET

Crues de projet

Noeud	Commentaire	PM	Cote fond (mNGF)	Crue décennale			Crue trentennale			Crue centennale		
				Z (mNGF)	Q (m3/s)	V (m/s)	Z (mNGF)	Q (m3/s)	V (m/s)	Z (mNGF)	Q (m3/s)	V (m/s)
B8		0.00	281.79	283.59	36.0	0.7	283.75	49.0	0.7	284.05	80.0	0.7
B7		127.00	281.84	283.15	36.0	0.7	283.30	49.0	0.7	283.63	80.0	0.7
B66		264.00	280.63	282.77	36.0	0.8	282.95	49.0	0.8	283.30	80.0	0.9
B6		264.00	280.63	282.73	36.0	0.8	282.90	49.0	0.9	283.24	80.0	1.0
B5		307.00	280.97	282.66	36.0	0.7	282.83	49.0	0.7	283.16	80.0	0.7
B4		490.00	280.01	281.87	36.0	1.1	282.06	49.0	1.1	282.41	80.0	1.2
B3		718.00	278.92	280.63	36.0	0.9	280.80	49.0	0.9	281.19	80.0	0.9
B2		818.00	278.35	280.48	36.0	0.4	280.62	49.0	0.4	281.01	80.0	0.4
B11		882.00	278.38	280.42	36.0	0.4	280.54	49.0	0.5	280.94	80.0	0.5
B1		882.00	278.38	280.40	36.0	1.3	280.53	49.0	1.7	280.92	80.0	2.3
B10	Confluence SORNIN	948.00	278.38	280.25	36.0	1.4	280.25	49.0	1.9	280.25	80.0	3.2

Résultats du modèle du BEZZO

Crues de projet

Noeud	Commentaire	PM	Cote fond (mNGF)	Crue décennale			Crue trentennale			Crue centennale		
				Z (mNGF)	Q (m3/s)	V (m/s)	Z (mNGF)	Q (m3/s)	V (m/s)	Z (mNGF)	Q (m3/s)	V (m/s)
Z1		0.00	274.17	275.38	21.0	1.9	275.53	29.0	2.1	275.76	47.0	2.5
Z2		123.00	272.93	274.64	21.0	0.8	274.80	29.0	1.0	275.08	47.0	1.3
Z2		123.00	272.93	274.64	21.0		274.80	29.0		275.08	47.0	
Z22		123.00	272.93	274.61	21.0	0.8	274.76	29.0	1.0	275.00	47.0	1.3
Z3		338.00	273.02	274.15	21.0	1.5	274.32	29.0	1.1	274.63	47.0	0.8
Z4	Confluence SORNIN	659.00	272.66	273.06	21.0	3.0	273.06	29.0	4.1	273.06	47.0	6.7

Annexe 5.

Cartographie informative des zones inondables du PPRNI Sornin aval (source DDE42)