Document public

# Élaboration d'outils d'aide à la gestion en étiage du lac-réservoir Marne prenant en compte les eaux souterraines. Prévision des débits

Rapport final

**BRGM/RP-53922-FR**
juillet 2005

LES GRANDS LACS DE SEINE

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Document public

# Élaboration d'outils d'aide à la gestion en étiage du lac-réservoir Marne prenant en compte les eaux souterraines. Prévision des débits

Rapport final

**BRGM/RP-53922-FR**
juillet 2005

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2004-2005 PIRC05

**M. Normand, D. Thiéry**
Avec la collaboration de
**A. Gravier, E. Nègre**

| **Vérificateur :** | **Approbateur :** |
|---|---|
| Original signé par : | Original signé par : |
| Nom : Thierry Pointet | Nom : Jean-François Vernoux |
| Date : 22 novembre 2005 | Date : 22 novembre 2005 |
| Signature : | Signature : |

**Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.**

LES GRANDS LACS DE SEINE

Géosciences pour une Terre durable
brgm

**Mots clés** : Relation Nappe-rivière, Hydrogéologie, Hydrologie, Étiage, Gestion, Prévision, Prédétermination, Modélisation hydrologique globale.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

**Normand M., Thiéry D.** avec la collaboration de **Gravier A., Nègre E.** (2005) – Élaboration d'outils d'aide à la gestion en étiage du lac-réservoir Marne prenant en compte les eaux souterraines. Prévision des débits. BRGM/RP-53922-FR, 221 p., 54 fig., 28 tabl., 8 ann.

© BRGM, 2005, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

# Synthèse

L'Institution Interdépartementale des Barrages-Réservoirs du bassin de la Seine (IIBRBS ou « Grands Lacs de Seine ») a pour missions, sur tout le bassin de la Seine en amont de Paris, l'écrêtement des crues et le soutien d'étiage.

Les études réalisées en 2003 ont démontré l'importance des eaux souterraines en étiage et l'intérêt de mettre en œuvre des modèles de prévision des débits des cours d'eau en étiages prenant en compte l'état de remplissage des réservoirs souterrains contributifs.

Pour mieux assurer sa mission de soutien d'étiage, l'IIBRBS a demandé au BRGM d'élaborer pour le bassins de la Marne, celui qui pose le plus de problèmes, des outils d'aide à la gestion en étiage du lac-réservoir Marne.

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une convention de recherche et développement partagé signée entre l'Institution Interdépartementale des Barrages-Réservoirs du Bassin de la Seine (IIBRBS ou « Grands Lacs de Seine ») et le BRGM en juillet 2004, pour mener un programme visant à élaborer des outils d'aide à la gestion en étiage du lac-réservoir Marne prenant en compte les eaux souterraines.

Un volet très important de cette étude a consisté dans la collecte, l'analyse critique et la mise en forme des données nécessaires à l'élaboration de ces outils : données climatologiques (pluie et évapotranspiration potentielle), débits des cours d'eau (stations hydrométriques DIREN et IIBRBS) et débits d'échanges entre les bassins (prélèvements AEP et industriels, canaux, etc.). Deux visites sur le terrain ont permis de préciser le tracé du réseau hydrologique et des aménagements hydrauliques. L'analyse des données hydrométriques a mis en évidence d'importants problèmes, pour certaines stations, de précision des mesures, de représentativité des débits et/ou d'homogénéité notamment entre les débits élaborés par les DIREN et l'IIBRBS. Nous avons aussi été conduits à reconstituer, à partir des débits de l'IIBRBS, certaines données de débits pour la période récente, suite au retard d'élaboration des débits de la DIREN Champagne-Ardenne.

Quatre approches ont été développées pour élaborer des outils d'aide à la gestion en étiage du lac-réservoir Marne pour la prévision des débits en aval :

- la première relative à l'analyse fréquentielle des débits mensuels naturels reconstitués de la Marne à la station Saint-Dizier La Noue. Cette approche, en permettant d'apprécier la période de retour des débits mensuels observés sur la Marne en amont du lac-réservoir, permet de disposer d'un index du principal apport potentiel du lac-réservoir ;
- la seconde relative à un modèle global pluie-débit naturel reconstitué de la Marne à Saint-Dizier avec le modèle global pluie-débit GARDENIA du BRGM avec un schéma d'écoulement du type GR4. Il permet d'émettre une prévision des débits

naturels de la Marne en amont de la prise d'eau. Cette prise d'eau, en moyenne annuelle des 9,42 $m^3$/s, représente 86,5 % des apports au lac ;

- la troisième relative à un modèle global pluie-débit naturel de la Blaise à Pont Varin avec le modèle global pluie-débit du type GARDENIA. Il permet d'émettre une prévision des débits naturels de la Blaise en amont de la prise d'eau. Cette prise d'eau, en moyenne annuelle de 1,47 $m^3$/s, représente 13,5 % des apports au lac ;
- la quatrième relative à la prévision des débits de l'ensemble du bassin de la Marne par un modèle hydrologique global spatialisé du type EROS du BRGM. Ce modèle permet, connaissant la situation hydrologique (état de remplissage des aquifères, débit des cours d'eau) et les débits d'échanges (prélèvements AEP et/ou industriels), d'émettre des prévisions statistiques pour les n mois à venir. Ce type de modèle prend en compte les échanges entre les bassins et permet aussi de simuler l'impact sur les débits en aval de différents scénarios de lâchers du lac-réservoir et/ou des autres débits d'échanges.

Une fois calés, ces modèles peuvent être utilisés pour la prévision des débits d'étiage. C'est ainsi qu'ils ont été utilisés pour élaborer des prévisions à fin février 2005 (présentation à la réunion CO.TE.CO du 11 mars 2005) et à fin avril 2005 (présentation à la réunion CO.TE.CO du 20 mai 2005). Les prévisions sont d'autant plus fiables que les données de base dont on dispose sont fiables, homogènes et actualisées jusqu'à la date d'émission de la prévision.

Ces outils d'aide à la gestion sont donc opérationnels et permettront à l'IIBRBS de répondre, lors des CO.TE.CO, aux questions qui se posent notamment en période d'étiage. Ils seront remis à l'issue de l'étude à l'IIBRBS : fichiers de données, logiciel de modélisation et notice d'utilisation. Le BRGM peut assurer à l'IIBRBS, en tant que de besoin, une assistance à la maîtrise d'ouvrage pour l'utilisation de ces logiciels.

Pour faire une nouvelle simulation prévisionnelle, il convient de procéder aux opérations suivantes :

- collecte, analyse critique et mise en forme depuis la dernière actualisation des données climatologiques (pluie et ETP) et de débits (données DIREN, IIBRBS, producteurs d'eau potable et gestionnaires de canaux). Certaines données manquantes ou non actualisées devront être reconstituées par corrélation ;
- simulation prévisionnelle avec les logiciels GARDENIA et/ou EROS pour un ou plusieurs scénarios de lâcher du lac-réservoir. Une adaptation du calage pourra si besoin est être réalisée ;
- interprétation des résultats.

Des modèles similaires d'aide à la gestion en étiage des autres lacs-réservoirs de la Seine, de l'Aube et de l'Yonne gérés par l'IIBRBS pourraient être développés.

# Sommaire

**1. Introduction** ..... 13

**2. Collecte et analyse des données de base** ..... 15

2.1. LE CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE ..... 15

2.2. LE RÉSEAU HYDROLOGIQUE ET LES AMÉNAGEMENTS HYDRAULIQUES ..... 15
2.2.1. Le réseau hydrologique du bassin de la Marne ..... 15
2.2.2. Le lac-réservoir Marne ..... 20
2.2.3. Les barrages et canaux de navigation ..... 21
2.2.4. Le canal de l'Ourcq ..... 22

2.3. LES DONNÉES HYDROMÉTRIQUES ..... 23
2.3.1. Les données de l'IIBRBS ..... 23
2.3.2. Les données de la Banque HYDRO ..... 25
2.3.3. Contrôle des données hydrométriques ..... 26

2.4. LES DONNÉES CLIMATOLOGIQUES ..... 45
2.4.1. La pluviométrie ..... 45
2.4.2. L'évapotranspiration potentielle ..... 48

2.5. DÉBITS D'ÉCHANGE AVEC LES AUTRES BASSINS ADJACENTS ..... 52

**3. Modèle hydrologique global GARDENIA pluie-débit naturel de la Marne à Saint-Dizier** ..... 59

3.1. LE PRINCIPE DU MODÈLE GARDENIA ..... 59

3.2. COLLECTE, CONTRÔLE ET MISE EN FORME DES DONNÉES ..... 62

3.3. CONCEPTION DU MODÈLE ..... 63

3.4. CALAGE DU MODÈLE ..... 66

3.5. EXPLOITATION DU MODÈLE : PRÉVISION EN TEMPS RÉEL DES DÉBITS AU 1er MARS 2005 ..... 68
3.5.1. Principe de la prévision des débits ..... 68
3.5.2. Prévision des débits au 1er mars 2005 ..... 70

3.6. NOUVEAU CALAGE ET EXPLOITATION DU MODÈLE : PRÉVISION EN TEMPS RÉEL DES DÉBITS AU 1er MAI 2005 ..... 71
3.6.1. Nouveau calage du modèle sur la période allant de janvier 1965 à avril 2005 ..... 72
3.6.2. Exploitation du modèle : prévision en temps réel des débits au 1er mai 2005 ..... 73

**4. Modèle hydrologique global GARDENIA pluie-débit naturel de la Blaise à la station de Pont-Varin** ..... 75

4.1. CONCEPTION DU MODÈLE ..... 75

4.2. LES DONNÉES UTILISÉES ..... 77
4.2.1. Données hydrométriques ..... 77
4.2.2. Données climatologiques ..... 77

4.3. CALAGE DU MODÈLE ..... 79

4.4. EXPLOITATION DU MODÈLE : PRÉVISION EN TEMPS RÉEL DES DÉBITS AU 1er MAI 2005 ..... 80

**5. Analyse fréquentielle des débits mensuels naturels de la Marne à Saint-Dizier** ..... 83

5.1. LES DONNÉES HYDROMÉTRIQUES ..... 83

5.2. L'AJUSTEMENT FRÉQUENTIEL ..... 83
5.2.1. Situation fréquentielle des débits de septembre 2004 à avril 2005 ..... 85

**6. Modèle hydrologique global spatialisé EROS pluie-débit du bassin de la Marne jusqu'à la station de Gournay** ..... 87

6.1. PRINCIPE DU MODÈLE EROS ET ÉTAPES DE LA MODÉLISATION ..... 87
6.1.1. Principe général ..... 87
6.1.2. Les étapes de la modélisation ..... 89
6.1.3. Les paramètres de calage ..... 90

6.2. CONCEPTION DU MODÈLE ..... 91
6.2.1. Identification des bassins élémentaires ..... 91

6.3. LES DONNÉES UTILISÉES ..... 93
6.3.1. Données pluviométriques ..... 93
6.3.2. Données d'évapotranspiration potentielle ..... 94
6.3.3. Débits des stations hydrométriques ..... 95
6.3.4. Débits d'échange ..... 95

6.3.5. Les fichiers d'entrée....97

6.4. CALAGE DU MODÈLE....97
6.4.1. Durée de la période étudiée....97
6.4.2. Choix du pas de temps des données....98

6.5. EXPLOITATION DU MODÈLE : PRÉVISION EN TEMPS RÉEL DES DÉBITS AU 1er MARS 2005....98
6.5.1. Hydrogrammes types des lâchers du lac-réservoir Marne....98
6.5.2. Hypothèse sur les débits dérivés en Marne et en Blaise pendant la période de prévision....100
6.5.3. Prévision des débits....101

6.6. RECALAGE DU MODÈLE ET PRÉVISION EN TEMPS RÉEL DES DÉBITS AU 27 AVRIL 2005....103
6.6.1. Prévision en temps réel des débits au 27 avril 2005....109

**7. Consignes pour une nouvelle simulation prévisionnelle**....113

7.1. REMARQUES LIMINAIRES....113

7.2. CONSIGNES POUR LA COLLECTE DES DONNÉES DE BASE....113

7.3. ANALYSE CRITIQUE. MISE EN FORME DES DONNÉES....115

7.4. SIMULATION DES PRÉVISIONS. ANALYSE CRITIQUE DES RÉSULTATS....115

7.5. MISE EN FORME DES RÉSULTATS....115

**8. Conclusions**....117

**9. Bibliographie**....119

## Liste des figures

Figure 1 - Localisation de la zone d'étude et grands ensembles hydrogéologiques.....17

Figure 2 - Carte générale du réseau hydrologique et des aménagements hydrauliques.....18

Figure 3 - Carte du réseau hydrologique et hydraulique de l'environnement du lac-réservoir Marne.....19

Figure 4 - Plan d'ensemble du lac-réservoir Marne (d'après l'IIBRBS, 1982).....20

Figure 5 - Profil schématique d'une rivière canalisée (cas d'un tronçon de l'Ourcq).....22

Figure 6 - Site de la station hydrométrique de la DIREN et de l'IIBRBS de Saint-Dizier La Noue sur La Marne.....27

Figure 7 - Comparaison entre les débits mensuels de la Marne en aval de la prise du lac-réservoir Marne mesurées par l'IIBRBS et la DIREN..... 29
Figure 8 - Station hydrométrique de la Marne à Saint-Dizier La Noue. Jaugeages DIREN 1996-1999 et courbes de tarage DIREN et IIBRBS..... 30
Figure 9 - Corrélation entre les débits mensuels de la Marne à Saint-Dizier mesurés aux stations IIBRBS et Banque HYDRO..... 31
Figure 10 - Corrélation entre les débits pentadaires. ..... 32
Figure 11 - Double cumul entre les débits annuels naturels de la Marne à Saint-Dizier et les pluies annuelles à Sailly sur la période 1949-2004..... 33
Figure 12 - Évolution des débits annuels naturels reconstitués de la Marne à Saint-Dizier (1949-2004)..... 34
Figure 13 - Comparaision entre les débits pentadaires de la Blaise mesurés aux stations DIREN de Pont Varin et IIBRBS de Louvemont. ..... 36
Figure 14 - Corrélation entre les débits pentadaires mesurés aux stations DIREN de Pont Varin et IIBRBS de Louvemont (période 2004-février 2005). ..... 36
Figure 15 - Schéma du réseau hydrologique et hydraulique au niveau de Condé-sur-Marne. ..... 37
Figure 16 - Schéma du réseau hydrologique et des aménagements hydrauliques de Châlons-sur-Marne et de ses environs. ..... 40
Figure 17 - Double cumul entre les modules annuels de débits de la Marne à Châlons et les pluies annuelles à Reims (période 1978-2004)..... 42
Figure 18 - Corrélation entre les débits pentadaires de la Marne à Gournay et à Noisiel (novembre 1996 à mai 1998). ..... 44
Figure 19 - Carte des isohyètes moyennes interannuelles. ..... 46
Figure 20 - Doubles cumuls entre les pluies annuelles des différents poste sur la période 1965-2004. ..... 49
Figure 21 - Évolution des pluies annuelles à Sailly de 1949 à 2004..... 50
Figure 22 - Évolution des évapotranspirations potentielles annuelles Penman à Saint-Dizier ..... 51
Figure 23 - Carte de localisation des principaux prélèvements d'eau de surface..... 54
Figure 24 - Évolution des débits annuels moyens prélevés à l'usine AEP d'Annet-sur-Marne (d'après la CGE). ..... 56
Figure 25 - Évolution du débit annuel moyen prélevé dans le bassin de la Marne pour alimenter le canal de l'Ourcq (d'après la Ville de Paris). ..... 56
Figure 26 - Schéma du réseau hydrologique et des aménagements hydrauliques du bassin versant de la Marne (situation en 2004). ..... 58
Figure 27 - Représentation schématique des éléments du bilan hydrologique d'un bassin versant..... 59
Figure 28 - Localisation du bassin versant de la Marne à la station de Saint-Dizier. ..... 64
Figure 29 - Principe du modèle hydrologique global GARDENIA pluie-débit et/ou pluie-niveau piézométrique..... 65

Figure 30 - Calage du modèle hydrologique global GARDENIA pluie-débit naturel de la Marne à Saint-Dizier (amont de la prise d'eau du lac-réservoir ) - période 1/1965 à 2/2005. ..... 67

Figure 31 - Prévision des apports de la Marne à Saint-Dizier (amont de la prise d'eau du lac-réservoir Marne) élaborée avec le logiciel GARDENIA - Détail 2004-2005. ..... 71

Figure 32 - Calage du modèle hydrologique global GARDENIA pluie-débit naturel de la Marne à Saint-Dizier (amont de la prise d'eau du lac-réservoir) - période 1/1965 à 4/2005. ..... 73

Figure 33 - Prévision émise à compter du 1er mai des apports de la Marne à Saint-Dizier (amont de la prise d'eau du lac-réservoir). ..... 74

Figure 34 - Bassin versant de la Blaise à la station DIREN de Pont Varin. ..... 76

Figure 35 - Double cumuls annuels des pluies à Louvemont et des pluies (Langres+Sailly)/2 sur la période 1965-2004. Source des données Climathèque Météo France. ..... 78

Figure 36 - Calage du modèle hydrologique global GARDENIA pluie-débit de la Blaise à la station de Pont Varin - période 1/1965-4/2005. ..... 79

Figure 37 - Prévision à partir du 27 avril 2005 des débits de la Blaise à Pont Varin élaborées avec le logiciel GARDENIA. ..... 81

Figure 38 - Ajustement fréquentiel des débits mensuels du mois de février de La Marne à Saint-Dizier à une loi Gamma. ..... 83

Figure 39 - Valeurs fréquentielles des débits naturels mensuels de la Marne à Saint-Dizier. ..... 84

Figure 40 - Organisation des fichiers pour le calage et la prévision avec le modèle hydrologique global spatialisé EROS du BRGM. ..... 89

Figure 41 - Schématisation de la grappe des sept sous-bassins versants élémentaires de la Marne. ..... 92

Figure 42 - Hydrogramme type d'un lâcher normal du lac-réservoir Marne (d'après l'IIBRBS). ..... 98

Figure 43 - Hydrogramme type de lâcher de soutien d'étiage du lac-réservoir Marne (d'après l'IIBRBS). ..... 99

Figure 44 - Prévision émise au 1er mars 2005 des débits influencés de la Marne à Gournay avec le modèle EROS pour un scénario de lâcher normal. ..... 102

Figure 45 - Calage des débits influencés de la Marne à Gournay avec le modèle EROS sur la période 1985 - avril 2005. ..... 104

Figure 46 - Calage des débits influencés de la Marne à La Ferté-sous-Jouarre avec le modèle EROS sur la période 1985 - avril 2005. ..... 105

Figure 47 - Calage des débits influencés de la Marne à Châlons-en-Champagne avec le modèle EROS sur la période 1985 - avril 2005. ..... 105

Figure 48 - Calage des débits influencés de la Saulx à Vitry-en-Perthois avec le modèle EROS sur la période 1985 - avril 2005. ..... 106

Figure 49 - Calage des débits influencés de la Marne à Frignicourt avec le modèle EROS sur la période 1985 - avril 2005. ..... 106

Figure 50 - Calage des débits influencés de la Blaise à Pont Varin avec le modèle EROS sur la période 1985 - avril 2005. ..... 107

Figure 51 - Calage des débits influencés de la Marne à Saint-Dizier avec le modèle EROS sur la période 1985 - avril 2005. ..... 107

Figure 52 - Calage des débits d'échange (en $m^3/s$) de la Marne à Gournay avec le modèle EROS sur la période 1985 à avril 2005..... 108

Figure 53 - Calage des débits d'échange (en $m^3/s$) de la Marne Frignicourt avec le modèle EROS sur la période 1985 à avril 2005..... 108

Figure 54 - Prévision émise au 27 avril 2005 des débits influencés de la Marne à Gournay avec le modèle EROS pour un scénario de lacher normal. ..... 112

## Liste des tableaux

Tableau 1 - Débits moyens mensuels (en $m^3/s$) mesurés sur la période 1974-2004 par l'IIBRBS dans l'environnement du lac-réservoir Marne. ..... 24

Tableau 2 - Coordonnées des stations hydrométriques DIREN et IIBRBS du bassin de la Marne. ..... 26

Tableau 3 - Débits moyens mensuels et annuels des stations hydrométriques DIREN. ..... 26

Tableau 4 - Valeurs statistiques des débits de la Marne à la station de Saint-Dizier La Noue (période 1949-2004). ..... 34

Tableau 5 - Caractéristiques des stations hydrométriques utilisées. ..... 35

Tableau 6 - Débits moyens de la Marne au niveau de Châlons-en-Champagne (1982-1988)..... 38

Tableau 7 - Jaugeages de différents termes du bilan de la Marne à Châlons-en-Champagne (Source DIREN Champagne-Ardenne). ..... 43

Tableau 8 - Caractéristiques statistiques des débits influencés de la Marne à Gournay-Noisiel (1974-2004, sauf 1987). ..... 45

Tableau 9 - Pluviométries pour le bassin versant de la Marne sur la période 1971-2000. ..... 47

Tableau 10 - Coordonnées des stations pluviométriques. ..... 47

Tableau 11 - Pluviométrie (mm) moyenne interannuelle 1971-2000 des différentes stations. ..... 50

Tableau 12 - Évapotranspirations potentielles Penman moyennes interannuelles (1979-2004)..... 51

Tableau 13 - Principaux prélèvements en eau de surface du bassin de la Marne en 2004 hors canaux de navigation et lac-réservoir..... 55

Tableau 14 - Paramètres de calage du modèle GARDENIA pluie-débit naturel de la Marne à Saint-Dizier (amont de la prise d'eau du lac-réservoir) - période 1/1965 à 2/2005 Marne). ..... 67

Tableau 15 - Valeurs des débits prévus en juin et septembre 2005 pour différentes occurrences. ..... 70

Tableau 16 - Paramètres de calage du modèle GARDENIA pluie-débit naturel de la Marne à Saint-Dizier (amont de la prise d'eau du lac-réservoir) - période 1/1965 à 4/2005. ....72
Tableau 17 - Valeurs des débits prévus à la fin des mois de juin, septembre et décembre 2005 pour différentes occurrences. ....74
Tableau 18 - Paramètres de calage sur la période 1/1990-4/2005 du modèle hydrologique global GARDENIA pluie-débit de la Blaise à la station de Pont Varin. ....80
Tableau 19 - Valeurs des débits prévus en juin, septembre et décembre 2005 ....81
Tableau 20 - Valeurs fréquentielles des débits naturels mensuels de la Marne à Saint-Dizier (d'après l'analyse de la série 1949-2004). ....85
Tableau 21 - Période de retour des débits mensuels naturels reconstitués de la Marne à Saint-Dizier La Noue pour l'année 2004-2005. ....86
Tableau 22 - Caractéristiques des bassins versants élémentaires du modèle EROS. ....92
Tableau 23 - Pluviométries du modèle EROS. ....94
Tableau 24 - Moyenne interannuelle 1979-2003 des évapotranspiration potentielles Penman du modèle EROS. ....94
Tableau 25 - Éléments du bilan des sous-bassins du modèle global spatialisé EROS ....96
Tableau 26 - Débits médians en $m^3/s$ dérivés en Marne et en Blaise (1974-2004). ....100
Tableau 27 - Coefficients d'ajustement et erreur sur les débits résultant du calage du modèle EROS du bassin de la Marne. ....103
Tableau 28 - Prévisions de débits de la Marne à Gournay pour les scénarios de lachers de type normal et soutien d'étiage. ....110

## Liste des annexes

Annexe 1 - Données hydrométriques ....129
Annexe 2 - Données pluviométriques ....145
Annexe 3 - Données d'évapotranspiration potentielle ....155
Annexe 4 - Données sur les prélèvements d'eau de surface ....163
Annexe 5 - Estimation des temps de transfert des débits amont-aval ....171
Annexe 6 - Paramètres de calage du modèle EROS du bassin de la Marne ....179
Annexe 7 - Code ÉROS v.4.0 - Description succincte du code et de ses paramètres ....187
Annexe 8 - Liste et coordonnées des contacts fournisseurs de données pour les différentes simulations ....219

# 1. Introduction

L'Institution Interdépartementale des Barrages-Réservoirs du bassin de la Seine ou « Grands Lacs de Seine » (IIBRBS) a pour mission l'écrêtement des crues et le soutien d'étiage sur tout le bassin de la Seine en amont de Paris. L'étude réalisée en 2003 par le BRGM (Rapp. BRGM/RP-52582-FR) a démontré la contribution des eaux souterraines au débit des cours d'eau sur le bassin amont de la Seine notamment en étiage et l'intérêt de mettre en œuvre des modèles de prévision des débits d'étiage de ces cours d'eau.

Pour mieux assurer sa mission de soutien d'étiage, l'IIBRBS a donc souhaité disposer d'outils d'aide à la gestion d'étiage et a demandé au BRGM d'en élaborer pour le cas du bassin de la Marne, celui posant le plus de problèmes.

Les « Grands Lacs de Seine » ont signé en juillet 2004 avec le BRGM une convention de recherche et de développement partagé pour mener un programme visant à élaborer des outils d'aide à la gestion en étiage du lac-réservoir Marne prenant en compte les eaux souterraines. C'est l'objet du présent rapport.

Ces outils d'aide à la gestion en étiage doivent permettre, à partir d'une situation hydrologique donnée (date d'émission de la prévision), d'émettre pour les n mois à venir (durée de la prévision) une prévision statistique (ou prédétermination) des débits. Ainsi, pour chacun de ces mois de la durée de la prévision, on indiquera le débit qui a, en moyenne, p chances sur 100 de ne pas être dépassé.

Ces outils opérationnels doivent permettre à l'IIBRBS de répondre aux questions de gestion qui se posent en période d'étiage, notamment lors des réunions du CO.TE.CO.

L'objectif de l'étude est donc :

- de collecter, analyser et mettre en forme les données de base nécessaires à la réalisation des modèles de prévision ;
- de concevoir et caler des modèles aussi représentatifs que possible du fonctionnement hydraulique du bassin versant de la Marne prenant en compte les eaux souterraines ;
- d'utiliser les modèles calés pour faire de la prévision des débits d'étiage. Ces prévisions pourront être faites pour différentes hypothèses de lâchures du Lac réservoir Marne.

Initialement nous devions tester parallèlement, sur l'ensemble du bassin de la Marne, deux modèles classiquement utilisés au BRGM pour la prévision un modèle hydrologique global spatialisé (type EROS) et un modèle de traitement du signal (type TEMPO) et choisir celui qui s'avérerait le plus performant et le plus facile d'utilisation pour l'objectif recherché.

La collecte et l'analyse critique des données de base s'étant avérées beaucoup plus longues que prévues, il a été décidé, en accord avec l'IIBRBS, d'utiliser seulement le modèle global spatialisé EROS avec lequel les premiers traitements s'étaient avérés performants. Ce modèle permet connaissant la situation climatologique (pluie et évapotranspiration), hydrologique (état de remplissage des aquifères, débit des cours d'eau) et les débits d'échanges (prélèvements eau potable et/ou industriels) d'émettre des prévisions statistiques pour les n mois à venir. Ce type de modèle prend en compte les échanges entre les bassins et permet aussi de simuler l'impact sur les débits en aval pour différents scénarios de lâchers du lac-réservoir et/ou des autres débits d'échanges.

Parallèlement nous avons développé trois autres approches plus orientées sur la prévision des débits en amont du lac-réservoir Marne :

- la 1ère relative à l'analyse fréquentielle des débits mensuels naturels reconstitués de la Marne à la station Saint-Dizier La Noue. Cette approche, en précisant la période de retour des débits mensuels observés sur la Marne en amont du lac-réservoir, permet de disposer d'un bon index de l'hydraulicité du principal apport potentiel du lac-réservoir ;

- la 2e relative à un modèle global pluie-débit naturel reconstitué de la Marne à Saint-Dizier avec le modèle global pluie-débit du type GARDENIA du BRGM permet d'émettre une prévision des débits naturels de la Marne en amont de la prise d'eau. Cette prise d'eau d'un débit moyen annuel de 9,42 $m^3/s$ représente 86,5 % des apports au lac ;

- la 3e relative à un modèle global pluie-débit naturel de la Blaise à Pont Varin avec le modèle global pluie-débit du type GARDENIA permet d'émettre une prévision des débits naturels de la Blaise en amont de la prise d'eau. Cette prise d'eau d'un débit moyen annuel de 1,47 $m^3/s$ représente 13,5 % des apports au lac.

Ces modèles une fois calés ont été utilisés pour émettre des prévisions :

- à fin février 2005 (cf. présentation à la réunion CO.TE.CO du 11 mars 2005) ;
- à fin avril 2005 (cf. présentation à la réunion CO.TE.CO du 20 mai 2005).

Nous examinerons successivement dans la présente étude :

- la collecte, l'analyse et la mise en forme des données de base ;
- la conception et le calage des modèles d'aide à la prévision des débits ;
- la prévision des débits à fin février et à fin avril 2005 ;
- les modalités d'élaboration de nouvelle prévision des débits.

Nous tirerons ensuite les conclusions de cette étude en proposant des pistes pour approfondir cette analyse et développer des outils similaires d'aide à la gestion en étiage d'autres lacs-réservoirs.

# 2. Collecte et analyse des données de base

## 2.1. LE CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

Le lac-réservoir Marne est situé sur les formations imperméables du Crétacé inférieur (Figure 1).

Au point de vue hydrogéologique, la partie du bassin versant située en amont du lac réservoir Marne comporte les aquifères essentiellement calcaires du Jurassique. Karstifiés en zone d'affleurement, leur perméabilité diminue rapidement sous couverture, sauf pour les calcaires du Barrois (Tithonien) où il s'agit d'un paléokarst. Ces aquifères sont peu capacitifs avec des temps de transferts rapides (ruissellement de surface et transit souterrain rapide dans les karst). Nous examinerons dans les paragraphes 3.3 et 4.1 les transferts d'eau souterraine entre les bassins, respectivement :

- de la Saulx et de la Marne en amont de Saint-Dizier ;
- de la Blaise en amont de la prise pour l'IIBRBS et de l'Aube.

La partie du bassin versant située en aval du lac-réservoir Marne comporte essentiellement l'aquifère de le Craie du Crétacé et dans une moindre proportion l'aquifère des Calcaires de Champigny. Ces aquifères, et notamment celui de la Craie, sont très capacitifs avec des temps de transferts souterrains plus longs. Il existe dans ces aquifères des captages notamment pour l'alimentation en eau potable : ils captent l'aquifère soit directement, soit par l'intermédiaire des nappes alluviales comme dans le cas du champ captant de Châlons-en-Champagne.

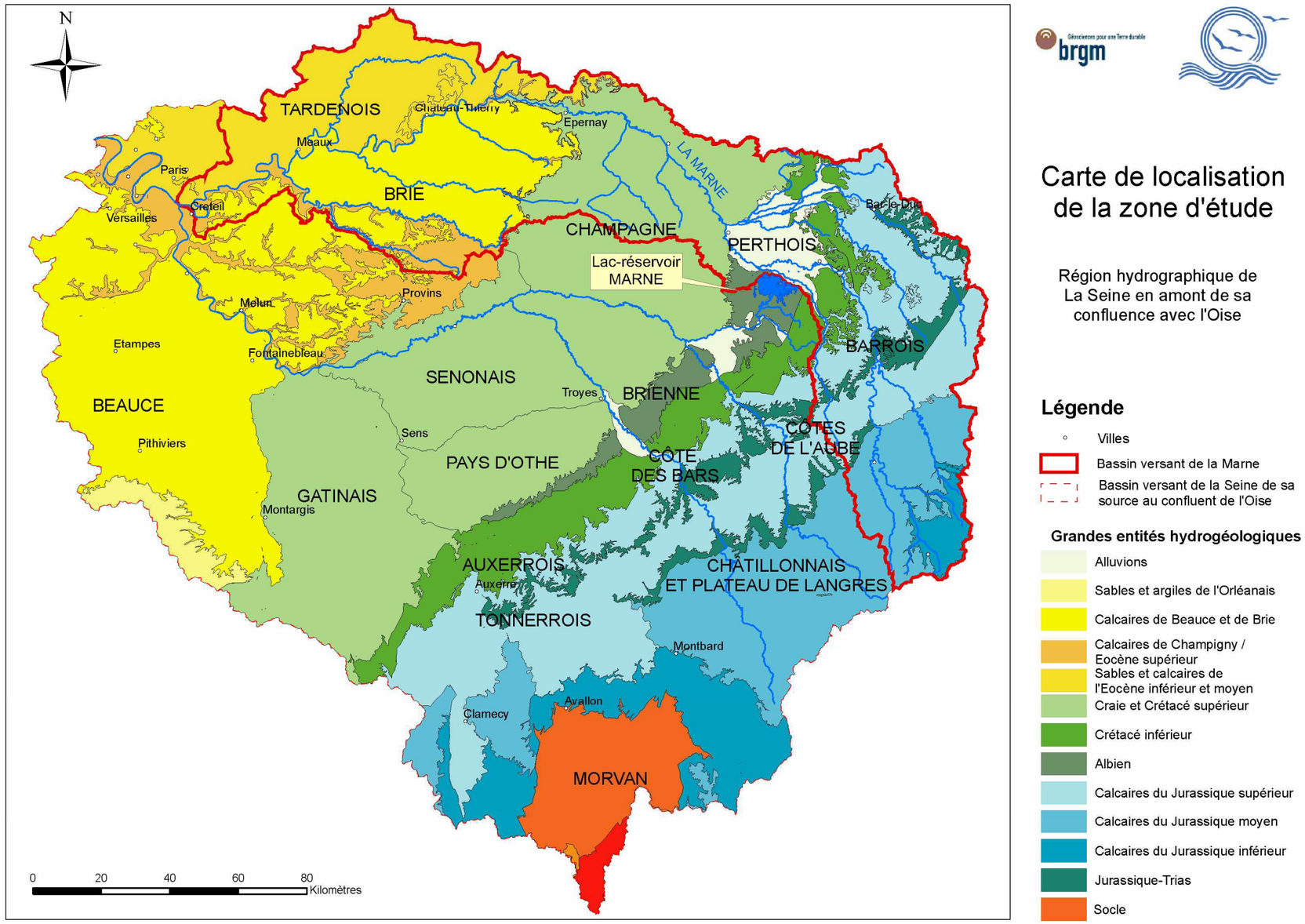
## 2.2. LE RÉSEAU HYDROLOGIQUE ET LES AMÉNAGEMENTS HYDRAULIQUES

### 2.2.1. Le réseau hydrologique du bassin de la Marne

Le bassin versant topographique de la Marne à sa confluence avec la Seine est de 12 679 km². La station hydrométrique la plus aval, celle de Gournay contrôle un bassin versant topographique de 12 659 km². Son altitude varie entre 38 et 520 m autour d'une valeur moyenne de 207 m. La longueur du thalweg le plus long est de 525 km. La Figure 2 représente le réseau hydrologique et hydraulique du bassin versant de la Marne avec la position des principales stations hydrométriques de la DIREN et les limites des sous-bassins versants topographiques correspondants.

Le bassin de la Marne a été aménagé à partir du XIX$^{e}$ siècle avec la construction de barrages et de canaux de navigation le long de la Marne et la reliant avec les bassins adjacents de la Saône, de la Meuse et de l'Aisne. En 1908, le canal de l'Ourcq reliant la Marne au bassin de la Villette à Paris est mis en service. Initialement prévu pour l'alimentation en eau potable, il sert actuellement à l'alimentation en eau non potable pour le nettoyage des voies publiques. Une usine hydroélectrique EDF a fonctionné à Condé-sur-Marne 16 km en aval de Châlons-en-Champagne jusqu'en 1989. La centrale thermique EDF de Vaires-sur-Marne a utilisé un prélèvement en Marne comme eau de refroidissement jusqu'en mars 2005 date de son arrêt définitif. Des prélèvements d'eau de surface sont effectués en Marne pour l'alimentation en eau potable des villes riveraines de la Marne (Meaux et Saint-Maur-les-Fossés) et de Paris (usines d'Annet-sur-Marne, de Neuilly-sur-Marne et Joinville-le-Pont).

Un premier réservoir, celui de Champaubert-aux-Bois, dérivant l'eau de la Blaise a été mis en service en 1938. Le lac réservoir Marne ou lac du Der Chantecoq dérivant l'eau de la Blaise et de la Marne (Capacité de 350 millions de m$^{3}$) englobant celui de Champaubert-aux-Bois a été mis en service en novembre 1973. Il s'agit d'un lac-réservoir à buts multiples : écrêtement des crues, soutien d'étiage pour satisfaire l'alimentation des importants prélèvements pour l'eau potable de Paris, permettre la navigation fluviale et garantir un débit réservé pour la vie aquatique. La Figure 3 représente un agrandissement de l'environnement du lac-réservoir Marne.




## Carte de localisation de la zone d'étude

Région hydrographique de La Seine en amont de sa confluence avec l'Oise

**Légende**

- Villes
- Bassin versant de la Marne
- Bassin versant de la Seine de sa source au confluent de l'Oise

**Grandes entités hydrogéologiques**

- Alluvions
- Sables et argiles de l'Orléanais
- Calcaires de Beauce et de Brie
- Calcaires de Champigny / Eocène supérieur
- Sables et calcaires de l'Eocène inférieur et moyen
- Craie et Crétacé supérieur
- Crétacé inférieur
- Albien
- Calcaires du Jurassique supérieur
- Calcaires du Jurassique moyen
- Calcaires du Jurassique inférieur
- Jurassique-Trias
- Socle

*Figure 1 - Localisation de la zone d'étude et grands ensembles hydrogéologiques.*

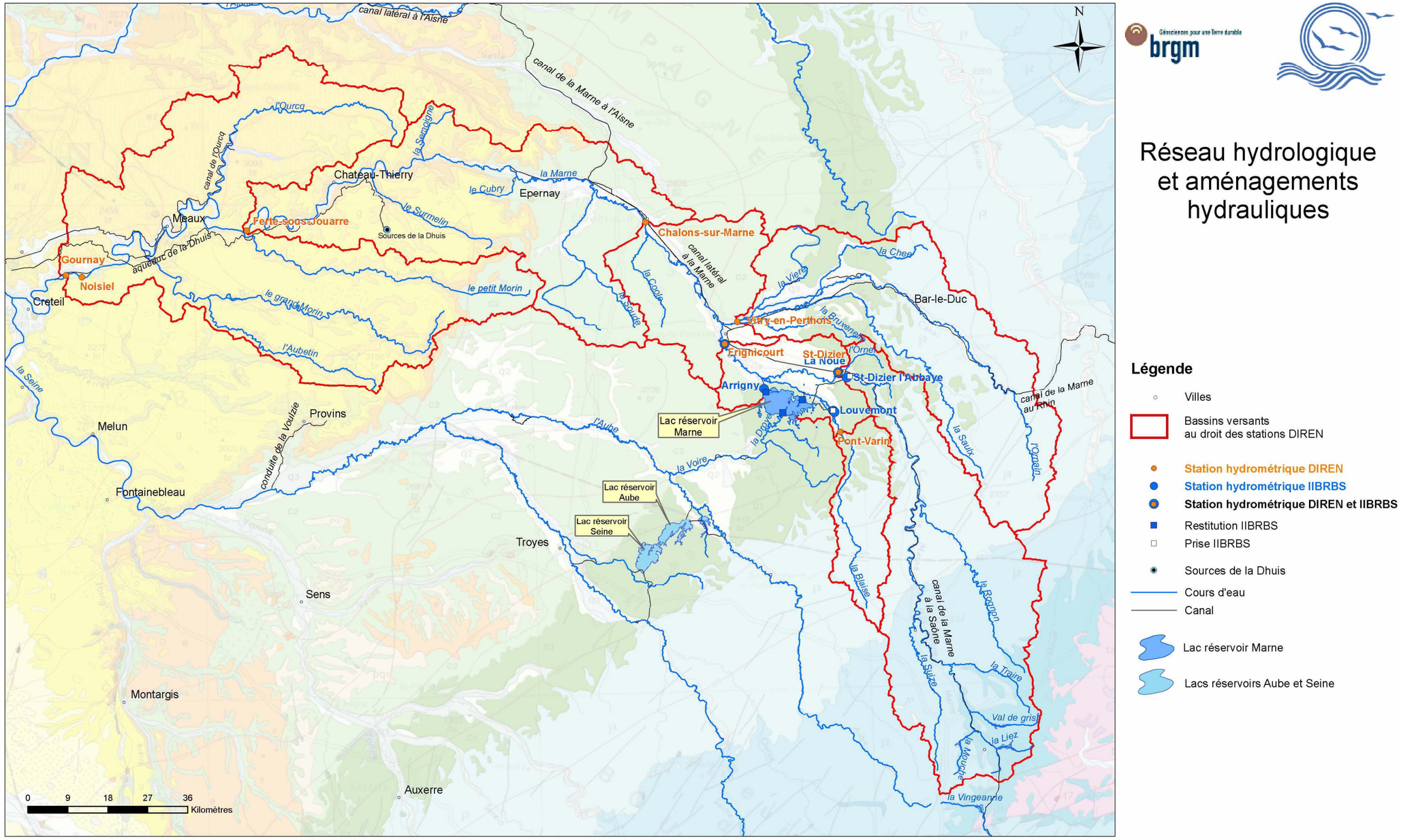
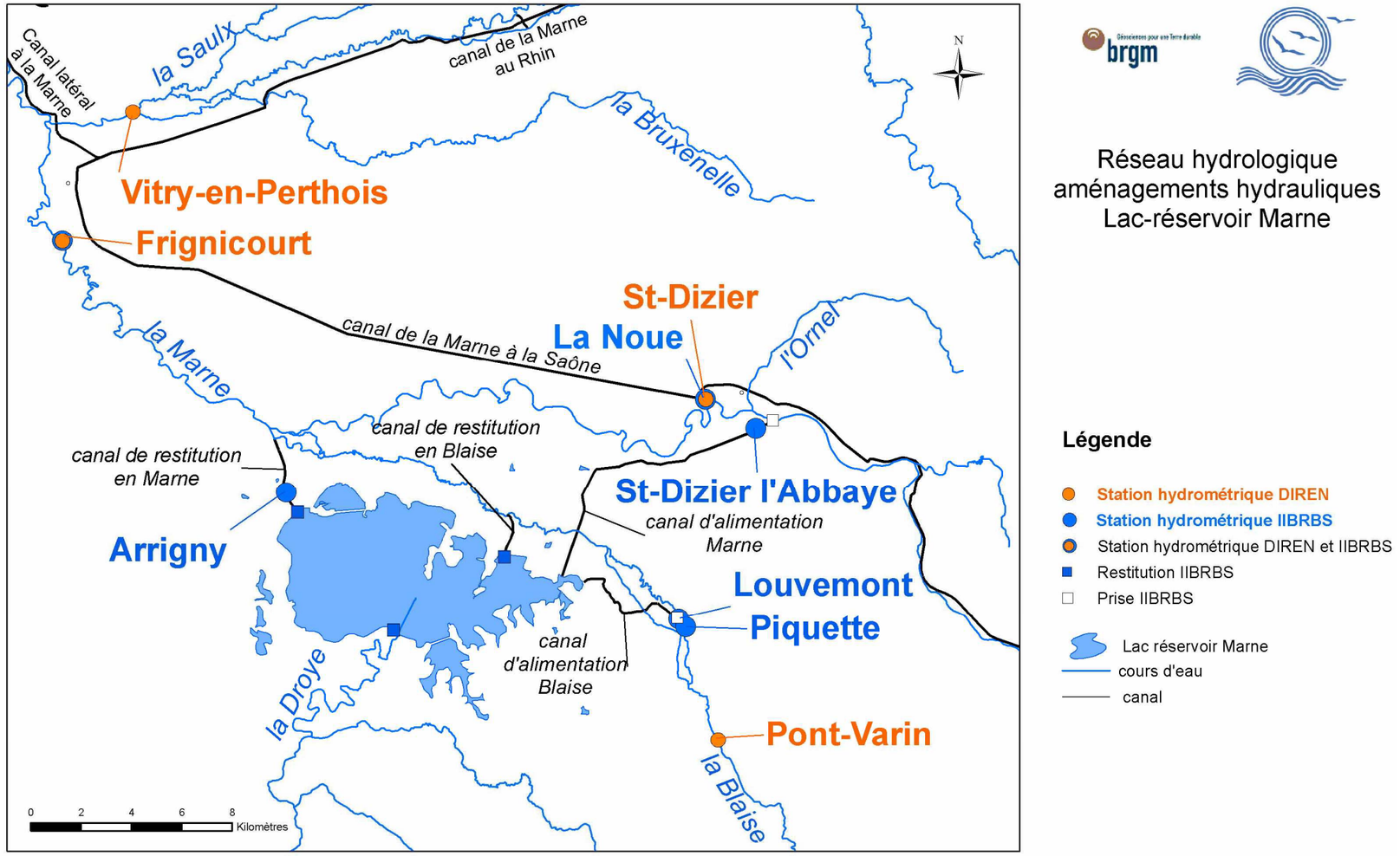



*Figure 2 - Carte générale du réseau hydrologique et des aménagements hydrauliques.*




Réseau hydrologique
aménagements hydrauliques
Lac-réservoir Marne

**Légende**

- Station hydrométrique DIREN
- Station hydrométrique IIBRBS
- Station hydrométrique DIREN et IIBRBS
- Restitution IIBRBS
- Prise IIBRBS
- Lac réservoir Marne
- cours d'eau
- canal

*Figure 3 - Carte du réseau hydrologique et hydraulique de l'environnement du lac-réservoir Marne.*

### 2.2.2. Le lac-réservoir Marne

Depuis novembre 1973, le lac-réservoir Marne ou Lac du Der Chantecoq, situé en Haute-Marne au sud-ouest de Saint-Dizier assure deux fonctions : l'écrêtement des crues en période pluvieuse (en hiver) et le soutien des débits à l'étiage (en été) afin de garantir un débit suffisant pour les prélèvements dans la Marne (eau potable, industrielle et irrigation), permettre la navigation fluviale et garantir un débit réservé pour la vie aquatique.

Ce lac-réservoir (Figure 4) couvre une superficie de 4 800 hectares et offre une capacité volumique maximale égale à 350 millions de $m^3$.

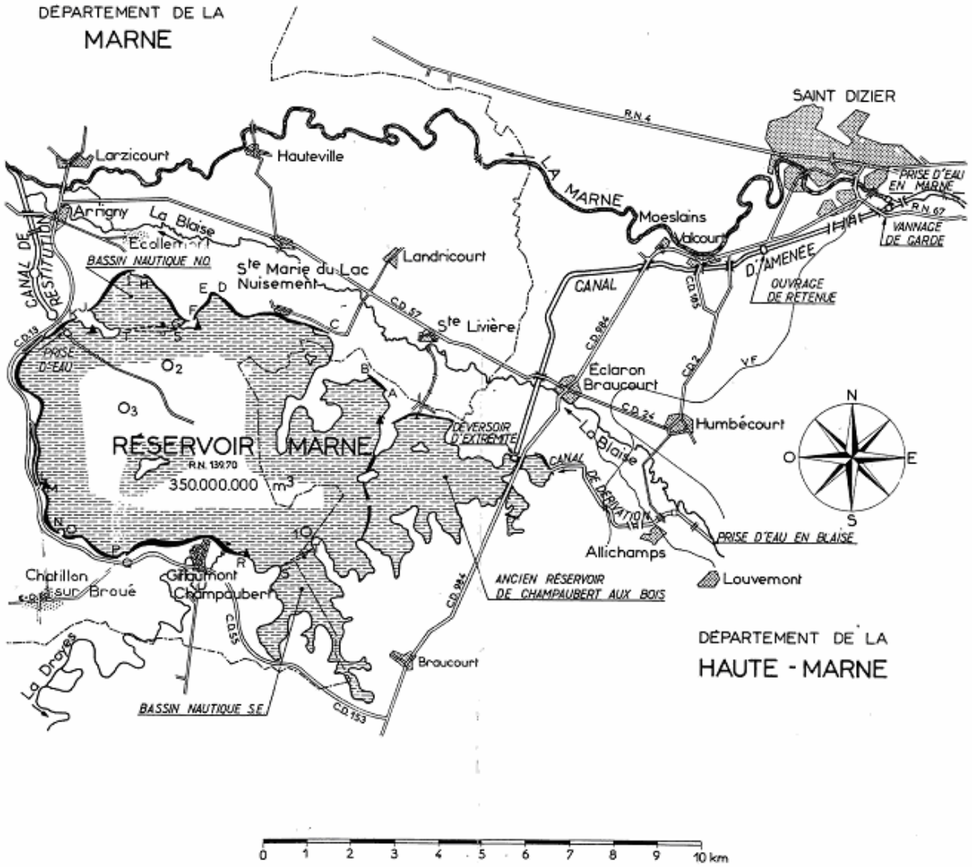



*Figure 4 - Plan d'ensemble du lac-réservoir Marne (d'après l'IIBRBS, 1982).*

Pour comparaison, le lac-réservoir Seine a une capacité de 205 millions de $m^3$ et celui de l'Aube de 170 millions de $m^3$.

Le lac du Der Chantecoq englobe l'ancien réservoir de Champaubert-aux-Bois, mis en service en 1938 et c'est l'un des plus grands lacs artificiels, en terme de surface, de l'Union Européenne.

Cet ouvrage est exploité par l'IIBRBS et suivi par le Comité Technique de Coordination des études et travaux de l'IIBRBS (CO.TE.CO).

Il est alimenté par deux prises d'eau l'une dans la Marne en amont de Saint-Dizier, l'autre dans la Blaise au niveau de Louvemont. Compte tenu des dimensions des ouvrages, la capacité maximale de prise est de 408 $m^3/s$.

Les restitutions sont au nombre de trois :

- une principale par l'intermédiaire d'un canal de restitution de 3 km de long qui rejoint la Marne entre Arrigny et Isle-sur-Marne (ouest du village d'Arrigny, en aval de Saint-Dizier) ;
- une secondaire qui rejoint la Blaise en amont de Sainte-Livière ;
- et une troisième, mineure, s'effectue par une conduite forcée en galerie sous digue qui réalimente le ru de la Droye très de Giffaumont et permet la vidange de fond de ce sous bassin. Le débit maximum de restitution est égal à 50 $m^3/s$, mais les lâchures moyennes d'étiage ne dépassent que rarement 30 $m^3/s$.

La Figure 3 présente un agrandissement de la zone du lac-réservoir et ses connexions avec les cours d'eau. Il donne la localisation des stations hydrométriques.

### 2.2.3. Les barrages et canaux de navigation

Il existe le long de la Marne et de ses affluents de nombreux canaux de navigation largement utilisés dans le passé pour le transport fluvial beaucoup moins de nos jours. Ces canaux mettent en communication la Marne avec la Saône, la Meuse via le Rhin et l'Aisne. Ces canaux sont alimentés :

- par des prélèvements au fil de l'eau dans les rivières ;
- par des pompages (ex. refoulement de Condé-sur-Marne vers le bief de partage du Mont Billy entre la Marne et l'Aisne) ;
- par de petits réservoirs aménagés sur de petits affluents et/ou pompage (ex. réservoirs sur le Charmes, le Liez et la Mouche pour alimenter le bief de partage de Langres entre la Marne et la Saône - pompage dans la Marne aux usines de Trilbardou et Villers-le-Rigault pour alimenter le canal de l'Ourcq).

Les barrages de navigation (Figure 5) servent à maintenir un niveau d'eau suffisant et sensiblement horizontal pour permettre la navigation sur la rivière tout au long de l'année, surtout l'été lorsque l'eau manque. Ils peuvent être fixes ou mobiles.

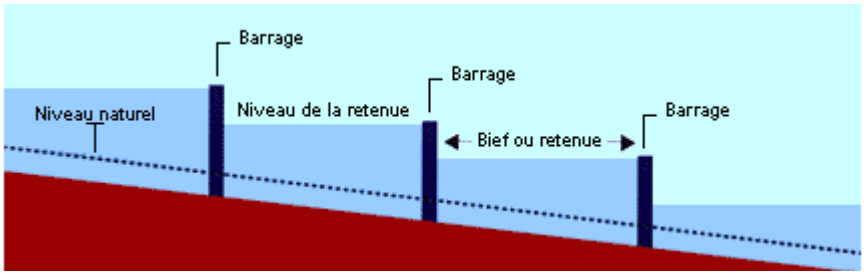



*Figure 5 - Profil schématique d'une rivière canalisée (cas d'un tronçon de l'Ourcq).*

Suivant les tronçons, ces canaux peuvent être l'objet de pertes plus ou moins importantes par infiltration. Ils contribuent ainsi aux transferts d'eau d'un sous-bassin à un autre. Il existe très peu d'informations (cf. Devos, 1996) sur les débits qui transitent par ces canaux et, *a fortiori*, sur l'évolution temporelle de ces débits. La seule chose que nous savons c'est que le trafic fluvial commercial a beaucoup diminué ces dernières années : la baisse du trafic commercial a été très partiellement compensée par le développement du trafic touristique. Le débit d'un canal est fonction du nombre de bassinées c'est-à-dire du nombre d'ouvertures des écluses et donc du trafic. Pour estimer les débits d'échange des canaux de navigation, nous avons donc du émettre des hypothèses, basées sur les informations trouvées dans la bibliographie consultée et/ou les renseignements fournis par les services des Voies Navigables de France. En première approximation, les débits transitant par ces canaux d'un sous-bassin à un autre ont été estimés en considérant leur débit total évalué, compte tenu de leurs gabarits, à un environ 0,5 $m^3/s$ et les modalités d'alimentation et/ou de partage indiquées par les techniciens des Voies Navigables de France. Faute de données, nous avons considéré ces débits comme constants dans le temps. Les valeurs retenues sont indiquées dans le Tableau 25.

### 2.2.4. Le canal de l'Ourcq

Le canal de l'Ourcq mis en service en 1908 était initialement destiné à l'approvisionnement de Paris en eau potable. Il relie l'Ourcq au bassin de la Villette. Si cet usage eau potable reste potentiel, le canal ne fournit actuellement que de l'eau non potable destinée au nettoyage des voies publiques. C'est aussi un canal de navigation utilisé pour le fret et, depuis 1983, pour la plaisance. Ce canal est alimenté, dans le bassin de la Marne, par des prises au fil de l'eau sur l'Ourcq à Mareuil-sur-Ourcq et sur de petits affluents de la Marne et par deux prises en Marne par l'intermédiaire des usines élévatrices de Trilbardou et de Villers-les-Rigault. La gestion de ce canal est assurée par le Service des canaux de la Ville de Paris qui effectuent des mesures à différents niveaux. Nous avons récapitulé en annexe 4 la somme des débits prélevés dans le bassin de la Marne. Le débit annuel prélevé en Marne pour l'alimentation du canal de l'Ourcq a varié sur la période allant de entre 1960 à 2004 entre 4,48 $m^3/s$ en 1984 et 2,45 $m^3/s$ en 2004. Les prélèvements ont tendance à diminuer ces dernières années comme le montre la Figure 25.

## 2.3. LES DONNÉES HYDROMÉTRIQUES

### 2.3.1. Les données de l'IIBRBS

Dans le cadre de la gestion du lac-réservoir Marne, l'IIBRBS effectue des mesures directes de débits des différents éléments du bilan et calcule les autres par des sommes algébriques des débits mesurés. Les stations hydrométriques de mesure IIBRBS sont les suivantes :

- la Marne en aval de la prise d'eau du lac-réservoir. Cette station, commune avec la DIREN, est actuellement située à Saint-Dizier La Noue. Elle prend en compte les apports de la rivière l'Ornel qui se jette en aval de la prise d'eau. Cette station est équipée d'une échelle limnimétrique commune avec la station DIREN et de deux dispositifs enregistreurs de hauteurs d'eau : l'un IIBRBS et l'autre DIREN sont installés dans des puits indépendants bien que situés sur le même site et calés sur la même échelle limnimétrique et utilisant, en principe, la même courbe de tarage ;
- la prise d'eau du lac-réservoir mesurée à la station Saint-Dizier l'Abbaye par un dispositif enregistreur à ultrasons ;
- la Blaise à Louvemont mesurée à la station de Louvemont en amont de la prise d'eau du lac-réservoir par un dispositif enregistreur à ultrasons ;
- la prise d'eau en Blaise du lac-réservoir mesurée à la station vannage d'après le réglage des vannes ;
- la restitution en Marne mesurée à la station d'Arrigny par un dispositif enregistreur à ultrasons ;
- la restitution en Blaise mesurée à la station de la tour de restitution station d'après les réglages des vannes ;
- la restitution en Droye mesurée à Giffaumont ;
- la Marne à Frignicourt en aval des restitutions du lac-réservoir. Cette station est équipée d'une échelle limnimétrique commune avec la station DIREN et de deux dispositifs enregistreurs de hauteurs d'eau : l'un IIBRBS et l'autre DIREN.

*NB : le niveau du lac-réservoir est enregistré au niveau de la tour de prise pour la restitution en Marne. En basses eaux, l'IIBRBS lit la cote sur une échelle implantée dans le port de Giffaumont.*

L'IIBRBS effectue chaque jour à 8 heures, sur chacune des stations, une mesure qui est traduite en débits :

- soit par une courbe d'étalonnage théorique (loi d'ouvrage) ;
- soit par une courbe d'étalonnage expérimentale.

La visite le 20 avril 2005 (cf. note BRGM/EAU n° 37/05) des installations de mesure de l'IIBRBS a montré que :

- des différences notables peuvent exister pendant certaines périodes entre les cotes IIBRBS et DIREN des stations communes de Frignicourt et Saint-Dizier La Noue à cause d'un mauvais calage des capteurs ;
- les débits sont déduits par l'IIBRBS pour les stations de Frignicourt et Saint-Dizier des cotes à partir de courbes d'étalonnage anciennes fournies par la DIREN. Certaines de ces courbes peuvent ne plus être valides ;
- nous ne disposons pas d'éléments quantitatifs (jaugeages de tarage au moulinet) permettant d'apprécier la précision des courbes d'étalonnage des stations ultrasons et de celles utilisant des lois d'ouvrage.

L'IIBRBS nous a communiqué un fichier Excel des débits journaliers aux différentes stations depuis la mise en service du lac-réservoir le 1er novembre 1973. Ces débits correspondent soit à des valeurs mesurées soit à des valeurs calculées à partir de sommes algébriques de débits mesurés. Une analyse de ces valeurs a permis au BRGM de mettre en évidence des erreurs de saisie. Ces erreurs ont été corrigées par l'IIBRBS à partir des documents originaux et les fichiers correspondants ont été transmis au BRGM en deux temps :

- le 7/10/2004 pour les données relatives à la période 1985-2003 ;
- le 30/11/2004 pour les données relatives à la période 1973-1984.

| Type | Station | JANV | FÉVR | MARS | AVR | MAI | JUIN | JUIL | AOÛT | SEPT | OCT | NOV | DÉC | Module annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Prise | Prise en Marne | 23.71 | 26.88 | 18.01 | 11.31 | 7.06 | 2.59 | 0.55 | 0.00 | 0.35 | 1.45 | 3.01 | 19.34 | **9.42** |
| | Prise en Blaise | 3.68 | 4.52 | 2.72 | 1.59 | 1.05 | 0.12 | 0.10 | 0.00 | 0.03 | 0.36 | 0.44 | 3.27 | **1.47** |
| | **Total** | **27.39** | **31.40** | **20.73** | **12.90** | **8.11** | **2.71** | **0.65** | **0.00** | **0.38** | **1.81** | **3.45** | **22.61** | **10.89** |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Restitution | Marne (Arigny) | 7.22 | 4.86 | 5.29 | 4.92 | 2.16 | 3.29 | 16.47 | 22.57 | 24.50 | 23.84 | 10.46 | 5.19 | **8.94** |
| | Blaise (Tour) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.08 | 0.01 | 1.06 | 0.58 | 1.15 | 0.98 | 0.60 | 0.12 | 0.01 | **0.30** |
| | Droyes | 0.17 | 0.16 | 0.16 | 0.17 | 0.17 | 0.17 | 0.18 | 0.20 | 0.17 | 0.18 | 0.16 | 0.18 | **0.16** |
| | **Total** | **7.39** | **5.02** | **5.45** | **5.17** | **2.34** | **4.52** | **17.23** | **23.92** | **25.65** | **24.62** | **10.74** | **5.38** | **9.40** |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Rivière | Marne amont prise (Saint-Dizier l'Abbaye) | 71.80 | 71.89 | 52.11 | 42.66 | 26.71 | 16.08 | 10.77 | 6.35 | 7.31 | 18.73 | 35.01 | 65.11 | **34.61** |
| | Marne aval prise (La Noue) | 48.09 | 45.01 | 34.10 | 31.35 | 19.65 | 13.49 | 10.22 | 6.35 | 6.96 | 17.28 | 32.00 | 45.77 | **25.19** |
| | Blaise à Louvemont amont Prise | 11.15 | 11.40 | 8.63 | 6.88 | 4.45 | 2.61 | 1.90 | 1.22 | 1.25 | 2.98 | 5.56 | 10.28 | **5.57** |

*Tableau 1 - Débits moyens mensuels (en $m^3/s$) mesurés sur la période 1974-2004 par l'IIBRBS dans l'environnement du lac-réservoir Marne.*

Les données mensuelles relatives à la période allant de novembre 1973 à avril 2005 sont récapitulées en Annexe 1. Le Tableau 1 récapitule les débits moyens mensuels mesurés sur la période 1974-2004 par l'IIBRBS.

On constate que le débit moyen de prise pour le lac-réservoir Marne est de 10,9 $m^3/s$ dont 86,5 % proviennent de la Marne et 13,5 % de la Blaise. Le débit total moyen des restitutions est de 9,40 $m^3/s$. Ces restitutions se font essentiellement par le canal de restitution directement dans la Marne (95,1 %), un peu par une restitution en Blaise (3,2 %) et le reste par la restitution en Droye (1,7 %) qui sort du bassin de la Marne pour aller vers celui de l'Aube.

Le débit moyen de restitution (9,40 $m^3/s$) est inférieur de 1,49 $m^3/s$ au débit moyen de prise (10,9 $m^3/s$). Cette différence peut s'expliquer :

- par l'imprécision des mesures de débits ;
- et/ou par la reprise par évaporation à la surface du plan d'eau du lac-réservoir.

L'imprécision sur les mesures de débits est difficile à appréhender faute de mesures d'étalonnage. L'évaporation de la surface d'eau libre peut être approchée par la formule de Penman avec un albédo de 0,05 à partir des données climatologiques de la station de Saint-Dizier (cf. Annexe 3). La valeur moyenne annuelle de cette évaporation est de 824 mm sur la période 1974-2003, ce qui correspond à un débit annuel moyen de 1,26 $m^3/s$ si on prend en compte une surface du lac de 4 800 ha. L'évaporation de la surface d'eau libre est donc un facteur prépondérant pour expliquer la différence observée entre les débits prélevés et restitués. Signalons qu'en été le débit prélevé par évaporation à la surface du plan d'eau peut atteindre 3,57 $m^3/s$ correspondant par exemple à l'évaporation du mois de juillet 1983.

### 2.3.2. Les données de la Banque HYDRO

Il existe sur la Marne et ses principaux affluents sept stations hydrométriques en activité gérées par les Directions Régionales de l'Environnement (DIREN) qui dépendent du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable. Leur position géographique est indiquée sur la Figure 2 et leurs coordonnées dans le Tableau 2.

Le Tableau 3 récapitule les débits moyens mensuels et annuels des différentes stations DIREN, en différenciant les débits globalement naturels de ceux qui sont influencés par des influences anthropiques. Il convient de noter que ces valeurs moyennes ne correspondent pas à la même durée en raison des périodes de fonctionnement différentes des stations et des lacunes d'observations.

Les débits moyens mensuels et annuels sont récapitulés en Annexe 1.

| Gestionnaire | N° Stations hydrométriques Banque HYDRO | COURS D'EAU | DENOMINATION | Données BRGM d'après MNT | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | X Lambert II étendu m | Y Lambert II étendu m | Surface du bassin versant km² |
| DIREN | H5071010 | Marne | Saint-Dizier La Noue | 791183.88 | 2407468.85 | 2373.5 |
| | H5083050 | Blaise | Pont-Varin (Louvemont) | 791672.00 | 2393953.00 | 465 |
| | H5091010 | Marne | Frignicourt (après création grand lac) | 765698.00 | 2413756.00 | 3325 |
| | H5172010 | Saulx | Vitry-en-Perthois | 768479.00 | 2418840.00 | 2102 |
| | H5201010 | Marne | Châlons-sur-Marne (depuis 02/89) | 747831.93 | 2441106.63 | 6300 |
| | H5321010 | Marne | La Ferté-sous-Jouarre | 657541.00 | 2438819.00 | 8806 |
| | H5841011 | Marne | Noisiel (avant création grand lac) | 621025.00 | 2428814.00 | (12573) |
| | H5841020 | Marne | Gournay-sur-Marne | 617425.00 | 2429175.00 | (12659) |
| | H5201012 | Dérivation de la Marne | Condé-sur-marne (aval de Châlons) | 734982.52 | 2450772.13 | |
| IIBRBS | | Canal d'amenée à partir de la Marne | Saint-Dizier l'Abbaye | 793157.81 | 2406308.17 | |
| | | Marne aval prise d'eau | Saint-Dizier la Noue | 791174.54 | 2407454.95 | |
| | | Blaise amont prise d'eau | Louvemont | 790108.96 | 2398725.14 | 488 |
| | | Canal d'amenée à partir de la Blaise | | | | |
| | | Canal de restitution en Marne | Arrigny | 774550.00 | 2403740.00 | |
| | | Restitution en Blaise | Tour de restitution | 783200.00 | 2401200.00 | |
| | | Restitution en Droyes | Giffaumont | 778800.00 | 2398300.00 | |
| | | Barrage de prise en Marne | | 793847.00 | 2406608.00 | 2311 |

**Données significativement différentes de celles de la Banque HYDRO ou de l'IIBRBS**

(12659) **Coordonnées des stations hydrométriques non vérifié sur le terrain**

*Tableau 2 - Coordonnées des stations hydrométriques DIREN et IIBRBS du bassin de la Marne.*

| Station hydrométrique | Période | Type | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Module annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Saulx à Vitry-en-Perthois | 57-99 sauf 96 | N | 50.8 | 51.2 | 38.4 | 31.7 | 19.7 | 12.3 | 9.30 | 7.30 | 7.39 | 12.7 | 23.1 | 45.2 | **25.7** |
| Marne à Saint Dizier | 49-04 | N | 62.4 | 64.7 | 45.4 | 37.0 | 23.5 | 16.8 | 10.9 | 8.57 | 10.2 | 16.4 | 31.0 | 56.7 | **31.8** |
| Blaise à Pont Varin | 91-93, 96 et 99-04 | N | 9.96 | 9.92 | 7.78 | 4.85 | 3.12 | 1.34 | 1.16 | 0.910 | 1.45 | 2.65 | 7.31 | 10.6 | **5.07** |
| Marne à Frignicourt | 74-04 sauf 99 et 00 | I | 62.6 | 56.2 | 45.5 | 44.7 | 27.9 | 22.4 | 29.3 | 30.7 | 33.0 | 41.7 | 47.4 | 55.9 | **41.5** |
| Marne à Châlons | 79-04 | I | 150 | 134 | 117 | 99.7 | 58.8 | 42.5 | 44.9 | 41.1 | 44.5 | 64.2 | 87.2 | 124 | **83.8** |
| Marne à La-Ferté-sous-Jouare | 96-04 sauf 98 et 99 | I | 145 | 145 | 140 | 87.8 | 66.8 | 36.7 | 43.5 | 40.7 | 47.8 | 56.6 | 97.0 | 116 | **85.1** |
| Marne à Gournay-Noisiel | 74-04 sauf 87 | I | 191 | 195 | 165 | 149 | 93.7 | 66.1 | 63.1 | 56.2 | 58.5 | 79.0 | 102 | 153 | **114** |

*Tableau 3 - Débits moyens mensuels et annuels des stations hydrométriques DIREN.*

## 2.3.3. Contrôle des données hydrométriques

### *a) La MARNE à Saint-Dizier la Noue*

- **La station hydrométrique de Saint-Dizier La Noue (DIREN et IIBRBS)**

La station hydrométrique de Saint-Dizier La Noue, implantée en aval de la ville de Saint-Dizier, contrôle un bassin versant topographique de 2 374 km² incluant en rive droite le sous-bassin versant de l'Ornel alimenté entre autre par la Source de la Lonne. Cette station a été mise en service le 1er janvier 1948, mais les premières données disponibles depuis le 1er janvier 1949. Elle est implantée, en rive droite dans un coude de la Marne, au débouché d'une vanne de vidange du canal latéral de la Marne. Elle

est équipée d'une échelle limnimétrique verticale de 4,0 m graduée en cm (en parallèle à l'ancienne échelle de 4,3 m graduée tous les 2 cm et calés aux mêmes côtes) et de plusieurs dispositifs d'enregistrement des hauteurs d'eau avec télétransmission installés dans des puits indépendants :

- l'un appartenant à la **DIREN Champagne-Ardenne**. Les données de hauteurs d'eau sont discrétisées et traduites en débits par des courbes d'étalonnage. Les débits journaliers correspondent à l'intégration des débits instantanés. Ce sont ces débits élaborées sont disponibles dans la Banque HYDRO ;
- l'autre appartenant à l'**IIBRBS** et mise en service en novembre 1973. Des mesures de hauteurs d'eau sont effectuées chaque jour à 8 h soit d'après les enregistreurs et/ou par un observateur. Ces mesures instantanées de hauteurs d'eau sont traduites en débits par une courbe d'étalonnage qui semble avoir été fourni, il y a quelques années, par la DIREN.

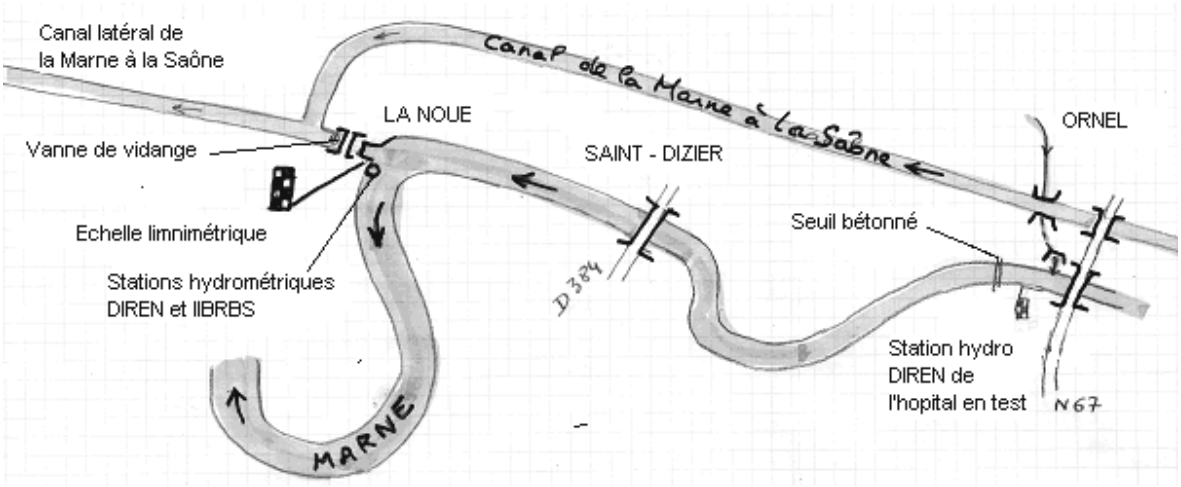



*Figure 6 - Site de la station hydrométrique de la DIREN et de l'IIBRBS de Saint-Dizier La Noue sur La Marne.*

Cette station implantée dans un coude à angle droit de la rivière n'est pas bien située au point de vue hydraulique. De plus elle peut être perturbée par l'ouverture de la vanne de vidange du canal latéral. Le débit mesuré à ce niveau inclus le débit de la rivière Ornel qui se jette en amont.

Les débits mensuels de la Marne à la station DIREN de Saint-Dizier La Noue sont disponibles dans la Banque HYDRO de janvier 1949 à avril 2004 (Annexe 1) avec des lacunes en juin 1968 et de août à novembre 2000 : les débits de cette station n'ont pas été mis à jour dans la Banque HYDRO depuis mai 2004. Il s'agit de débits naturels jusqu'à novembre 1973 inclus, puis de débits influencés par les très importants prélèvements IIBRBS pour l'alimentation du lac-réservoir Marne.

- **La station hydrométrique DIREN de l'hôpital**

Signalons qu'il existe une station hydrométrique simplifiée, dans l'enceinte de l'hôpital, à 120 m en aval rive gauche du pont de la route N67. Elle est située en aval immédiat de la confluence avec l'Ornel qui se jette dans la Marne en aval de ce pont. Cette station est équipée d'un élément d'échelle limnimétrique verticale de 2 m graduée en cm et d'un dispositif d'acquisition placé dans un boîtier. Il s'agit d'une station expérimentale de la DIREN placée en amont d'un seuil bétonné en travers de la Marne. La stabilité de cette station doit être meilleure notamment en étiage que celle de La Noue.

- **La station hydrométrique IIBRBS de Saint-Dizier l'Abbaye**

Cette station mise en service en novembre 1973 est implantée sur le canal d'amenée au lac-réservoir Marne. C'est une station à ultrasons qui contrôle les débits de la prise en Marne.

- **Comparaison entre les débits DIREN et IIBRBS de la station de Saint-Dizier La Noue**

Bien que les données hydrométriques de l'IIBRBS (débits instantanés à 8 h) et de la Banque HYDRO (débits moyens journalier résultant de l'intégration des débits instantanés entre 0 h et 24 h) ne soient pas de même nature, ils doivent, pour la Marne en aval de la prise du canal d'amenée, être similaires au moins en étiage. L'analyse comparative des chroniques de débits sur la période commune d'observation a montré des divergences importantes probablement dues à l'utilisation de courbes d'étalonnages différentes : les débits IIBRBS sont nettement plus faibles en étiages et plus forts en crue. Ces différences très importantes jusqu'en mai 1989 sont moindre depuis cette date (Figure 7).

Comme nous avons pu le constater lors de la visite sur le terrain d'avril 2005, les différences constatées peuvent être dues à trois sources d'erreur qui peuvent se cumuler :

- l'erreur due à **l'utilisation de courbes de tarage différentes**. Les différentes courbes d'étalonnage établies par la DIREN ne sont pas toujours prises en compte et/ou transmises à l'IIBRBS. C'était manifestement le cas avant juin 1989. De plus, depuis mai 2004, les données hydrométriques de la station DIREN de Saint-Dizier La Noue ne sont plus disponibles ;
- l'erreur due à un **mauvais calage des enregistrements limnigraphiques**. Lors de notre visite la station DIREN indiquait sur son site Minitel une cote de 65 cm alors que celle de l'IIBRBS, vérifiée exacte sur le terrain, était de 77 cm. Ces cotes, traduites en débits instantanés par la courbe d'étalonnage actuellement utilisée par l'IIBRBS donnent respectivement 8,39 et 11,1 $m^3/s$ soit un écart de 34 % ;

- l'erreur due au fait que les données journalières DIREN et IIBRBS ne sont pas de même nature. Pour l'IIBRBS, il s'agit d'un débit instantané mesuré à 8 h chaque jour alors que pour la DIREN le débit journalier est l'intégration des débits instantanés mesurés à un pas de temps donné au cours de la journée. Toutefois en étiage, les variations de débits étant faibles, les débits journaliers IIBRBS et DIREN devraient être quasiment identiques.

*NB : si les deux stations indiquent le même débit, cela ne veut pas forcément dire que ces valeurs sont bonnes, mais que les deux dispositifs enregistrent les mêmes hauteurs d'eau et utilisent les mêmes courbes de tarage. La validité de la courbe de tarage ne peut s'apprécier qu'en fonction du nombre et de la qualité des jaugeages de contrôles réalisés (cf. Figure 8).*

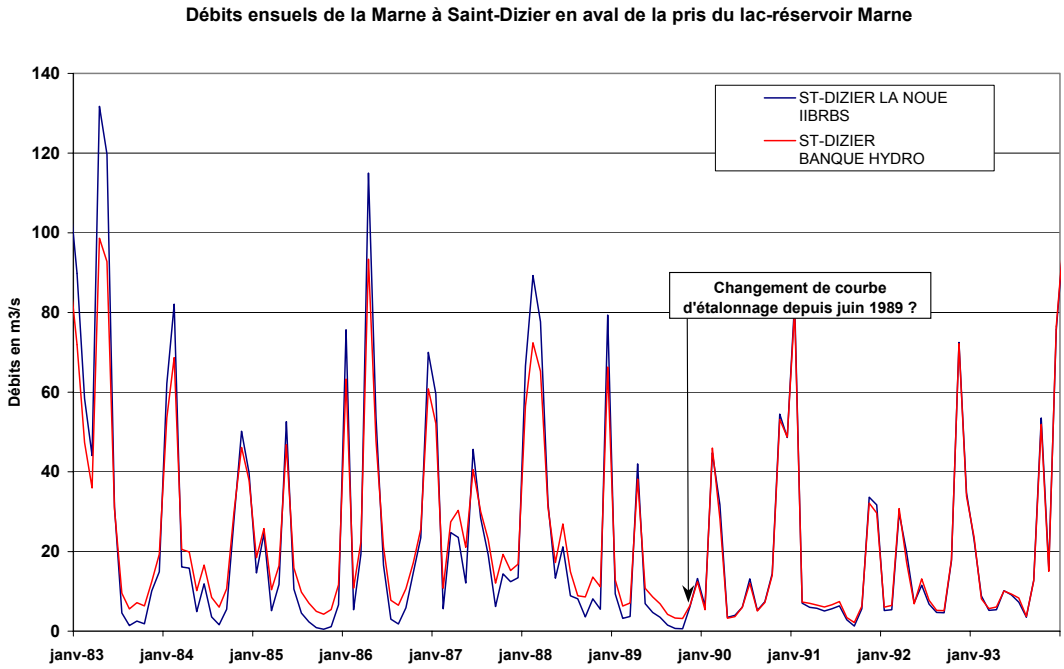



*Figure 7 - Comparaison entre les débits mensuels de la Marne en aval de la prise du lac-réservoir Marne mesurées par l'IIBRBS et la DIREN.*

D'après le document communiqué par l'IIBRBS, la courbe d'étalonnage actuellement utilisée par l'IIBRBS pour calculer les débits de la Marne à la station Saint-Dizier La Noue provient de la DIREN Champagne-Ardenne. Cette courbe donne le débit de la cote 1 cm (1,17 $m^3/s$) à la cote 600 cm (480 $m^3/s$). D'après des indications manuscrites, cette courbe de tarage serait valable depuis le 1/01/2003 et pour la partie entre les cotes 4,01 et 6,0 m elle serait provisoire et utilisée depuis le 20/12/1999. Sachant qu'il ne semble y avoir une échelle que jusqu'à 4 m et que le débit maximal de crue est de l'ordre de 550 $m^3/s$, on se demande comment sont mesurées les hauteurs d'eau supérieures à 4 m.

Les données hydrométriques dont nous disposons ne nous permettent donc pas de formuler un avis sur la validité de cette courbe de tarage. On peut seulement s'étonner, connaissant le contexte hydraulique, que cette station soit stable : il est très vraisemblable qu'elle présente de fréquents détarages, notamment en étiage.

Les données hydrométriques de la station DIREN présentent des lacunes d'observations d'août à novembre 2000. Elles n'ont pas été actualisées depuis début mai 2004 !

Nous avons donc, dans notre étude, été contraints d'établir une corrélation entre les débits des stations IIBRBS et DIREN pour la période où ils sont homogènes et de reconstituer les débits de la station DIREN à partir de ceux de l'IIBRBS.

- **Exemple de courbe d'étalonnage de la Marne à la station de Saint-Dizier La Noue**

La Figure 8 représente les jaugeages réalisés entre 1996 et 1999 par la DIREN IDF et les courbes de tarage de la DIREN - Ile-de-France (valable depuis le 16/03/1999) et celle utilisée par l'IIBRBS (depuis 2003 ?). On note une grande dispersion des points, ce qui traduit une très faible précision des débits d'étiage : écart de ± 2 à 3 $m^3/s$ pour un débit variant entre 3 et 10 $m^3/s$.

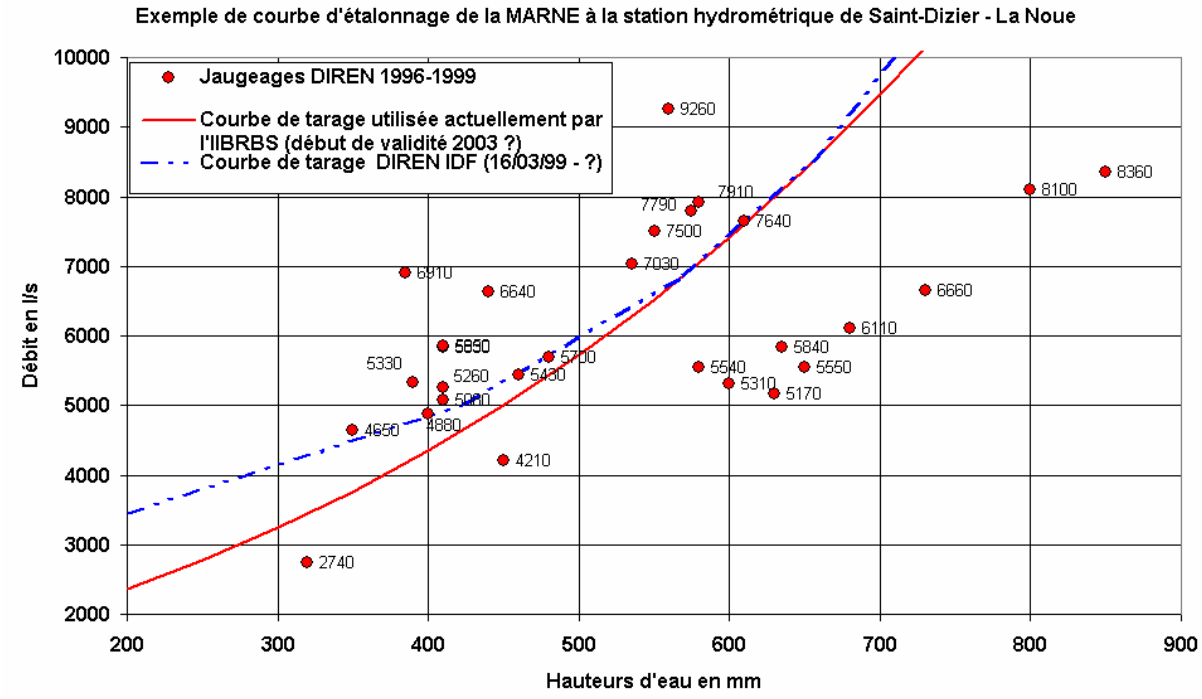



*Figure 8 - Station hydrométrique de la Marne à Saint-Dizier La Noue. Jaugeages DIREN 1996-1999 et courbes de tarage DIREN et IIBRBS.*

- **Reconstitution des débits manquants de la série DIREN de Saint-Dizier La Noue**

- **Reconstitution du débit mensuel de juin 1968**

Le débit mensuel de juin 1968 a été reconstitué à partir de celui de la Saulx à Vitry-en-Perthois en utilisant la relation établie entre les débits mensuels Banque HYDRO de juin de la Saulx et de la Marne sur la période 1966-1975 :

$$QM_{Juin_{St-Dizier\ Banque\ HYDRO}} = 1{,}1994 \times QM_{Juin_{Saulx\ Vitry-en-Perthois}}$$

n = 9 r = 0,983

- **Reconstitution des débits mensuels d'août à novembre 2000**

Les données manquantes de la période d'août à novembre 2000 et depuis mai 2004 (données Banque HYDRO non encore élaborées) ont été reconstituées à partir de celles de l'IIBRBS en utilisant la relation établie entre les débits mensuels IIBRBS et Banque HYDRO sur la période de juin 1989 à avril 2004 (Figure 9) :

$$QM_{St-Dizier\ Banque\ HYDRO} = 0.9971 \times QM_{St-Dizier\ La\ Noue\ (IIBRBS)}$$

n = 178 r = 0,995

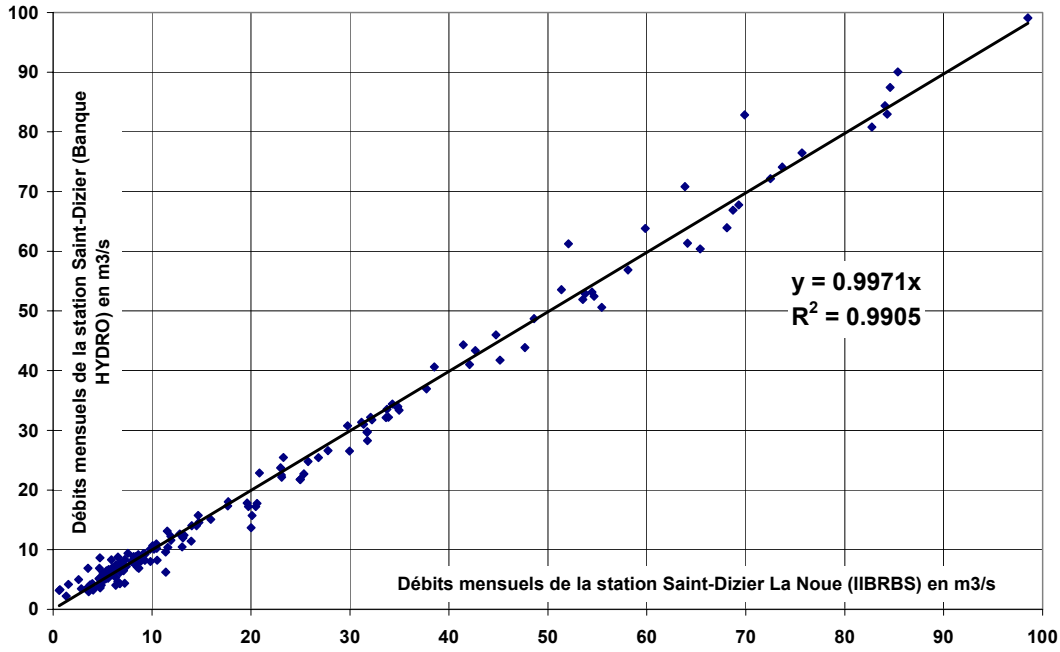



*Figure 9 - Corrélation entre les débits mensuels de la Marne à Saint-Dizier mesurés aux stations IIBRBS et Banque HYDRO.*

- **Reconstitution des débits pentadaires DIREN de la Marne à Saint-Dizier à partir de ceux de l'IIBRBS**

Les débits DIREN manquants de la période allant de mai 2004 à avril 2005 ont été reconstitués au pas de temps pentadaire (celui des modèles globaux GARDENIA et EROS) à partir de ceux de l'IIBRBS en utilisant la relation établie entre les débits pentadaires IIBRBS et Banque HYDRO sur la période de janvier 2000 au 12/03/2004 (Figure 10) :

$$QP_{St-Dizier\ \ Banque\ \ HYDRO} = 0.984 \times QP_{St-Dizier\ \ La\ \ Noue\ \ (IIBRBS)}$$

n = 304 r = 0,996

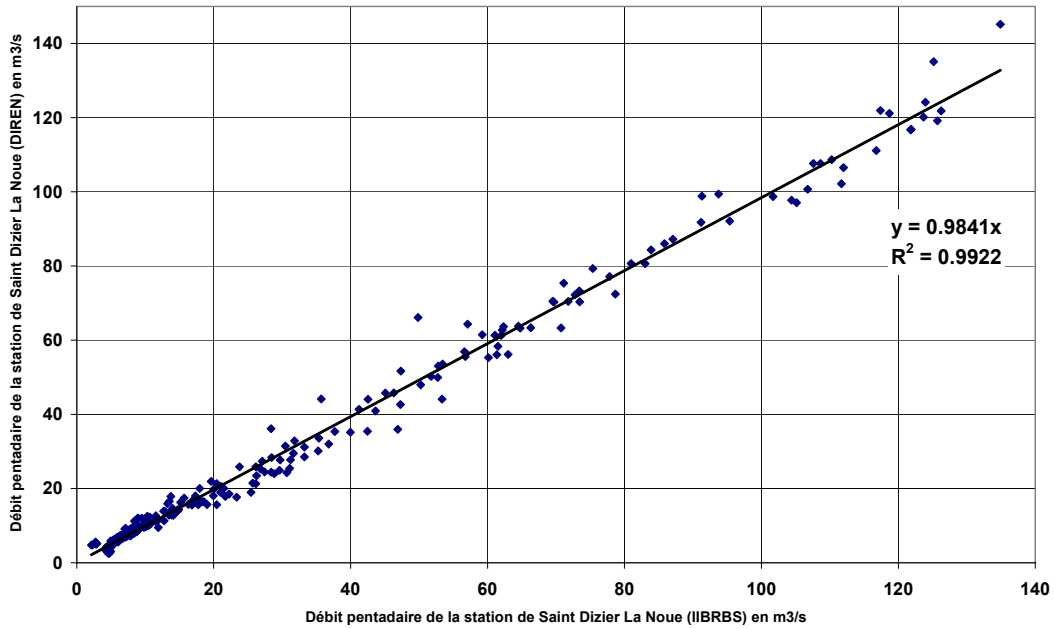



*Figure 10 - Corrélation entre les débits pentadaires.*

- **Reconstitution des débits naturels de la Marne à Saint-Dizier**

Les débits naturels de la Marne à Saint-Dizier ont été reconstitués, depuis la mise en service du lac -réservoir Marne en décembre 1973 en ajoutant aux débits de la station Banque HYDRO ceux du canal d'amenée (station Saint-Dizier l'Abbaye de l'IIBRBS).

$$QM_{Marne\ naturel\ reconstitué} = QM_{Marne\ station\ Banque\ HYDRO} + QM_{Prise\ IIBRBS\ station\ St-Dizier\ L'Abbaye}$$

QM = débit mensuel

L'Annexe 1 récapitule :

- les débits mesurés à la station DIREN de Saint-Dizier La Noue de janvier 1949 à avril 2005. Il s'agit de débits naturels de janvier 1949 à octobre 1973 et de débits influencés par les prélèvements pour l'alimentation du lac-réservoir Marne ;
- les débits prélevés sur la Marne mesurés à la station IIBRBS de Saint-Dizier l'Abbaye de novembre 1973 à mars 2005 ;
- les débits naturels reconstitués à la station DIREN de Saint-Dizier La Noue de janvier 1949 à avril 2005.

Nous avons procédé à une analyse de l'homogénéité des débits annuels de cette série par rapport aux totaux pluviométriques annuels du poste de Sailly. La Figure 11 montre que l'on peut, en première approximation, considérer cette série des débits naturels reconstitués comme homogène.

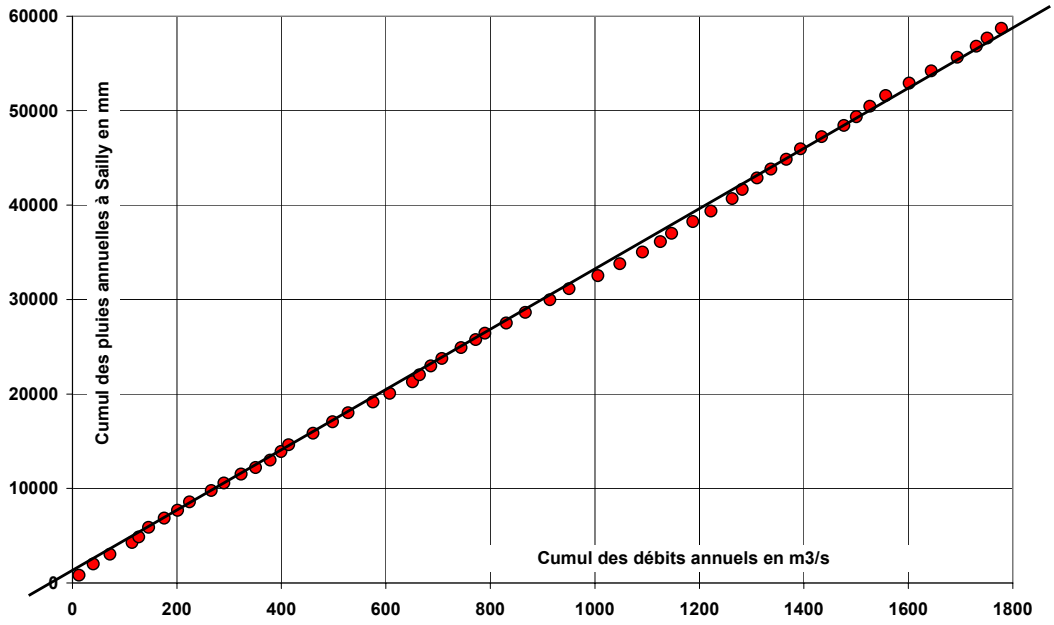



*Figure 11 - Double cumul entre les débits annuels naturels de la Marne à Saint-Dizier et les pluies annuelles à Sailly sur la période 1949-2004.*

La Figure 12 donne l'évolution temporelle des débits moyens annuels naturels reconstitués entre 1949 et 2004.

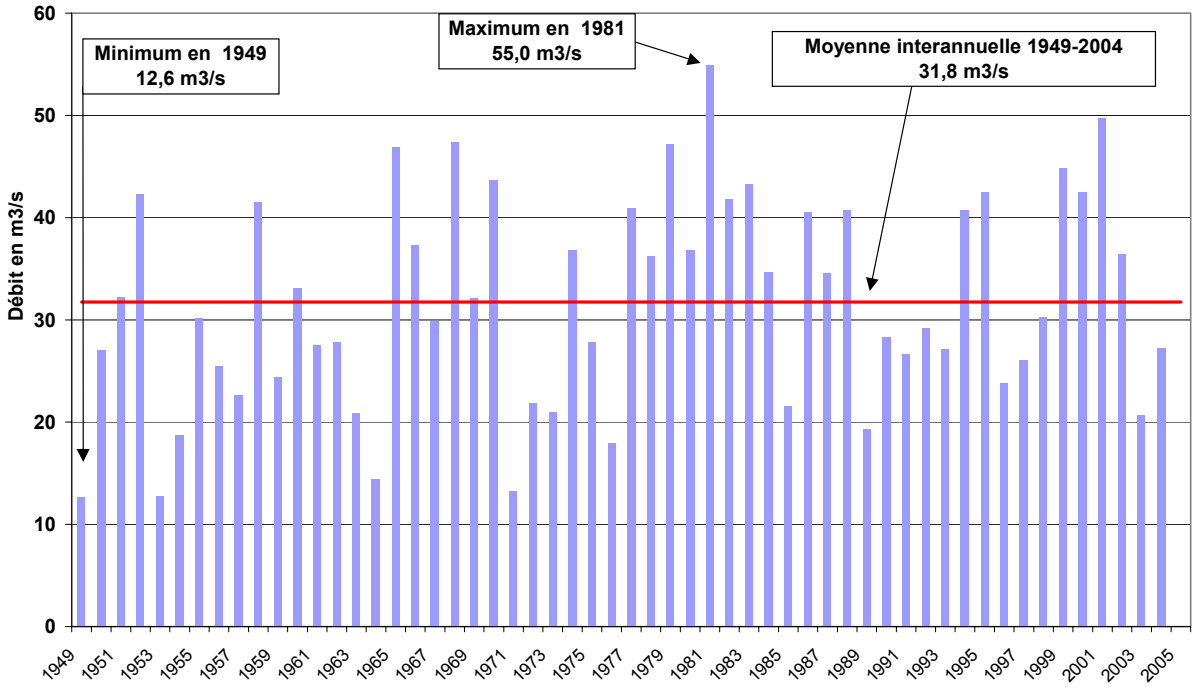



*Figure 12 - Évolution des débits annuels naturels reconstitués de la Marne à Saint-Dizier (1949-2004)*

Le tableau 4 récapitule les caractéristiques statistiques des débits naturels reconstitués de la Marne à Saint-Dizier La Noue sur la période de 56 ans allant de 1949 à 2004. Le module annuel varie ainsi entre 55,0 $m^3/s$ en 1981 et 12,6 $m^3/s$ 1949 autour d'une valeur moyenne inter annuelle de 31,8 $m^3/s$.

| Année | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Module annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Maximum $m^3/s$** | 159 | 181 | 116 | 128 | 111 | 46.5 | 52.2 | 44.4 | 83.5 | 95.0 | 84.1 | 176 | 55.0 |
| **Minimum $m^3/s$** | 9.05 | 9.12 | 9.25 | 8.07 | 4.90 | 4.88 | 1.42 | 1.65 | 1.30 | 0.98 | 1.23 | 2.05 | 12.6 |
| **Moyenne $m^3/s$** | **62.4** | **64.7** | **45.4** | **37.0** | **23.5** | **16.8** | **10.9** | **8.57** | **10.2** | **16.4** | **31.0** | **56.7** | **31.8** |
| **Médiane $m^3/s$** | 64.2 | 57.4 | 39.6 | 29.1 | 16.9 | 14.2 | 8.68 | 6.18 | 6.54 | 9.12 | 27.0 | 51.5 | 30.2 |
| **Ecart type $m^3/s$** | 37.2 | 38.1 | 25.9 | 26.7 | 18.4 | 10.3 | 8.69 | 7.45 | 12.9 | 18.6 | 22.1 | 38.5 | 10.4 |
| **Variabilité %** | 0.58 | 0.66 | 0.65 | 0.92 | 1.09 | 0.73 | 1.00 | 1.21 | 1.97 | 2.04 | 0.82 | 0.75 | 0.34 |

*Tableau 4 - Valeurs statistiques des débits de la Marne à la station de Saint-Dizier La Noue (période 1949-2004).*

Une analyse fréquentielle de ces débits naturels mensuels reconstitués est effectuée au paragraphe 5.

### *b) Les débits de la BLAISE à Pont Varin*

Parmi les stations hydrométriques de la Blaise, nous avons retenu les suivantes (Tableau 5) dans le cadre de notre étude :

- la station hydrométrique de Pont Varin mise en service le 1/10/1987. Les données journalières sont disponibles dans la banque HYDRO du 31/10/1987 au 9/03/2004 Les données relatives à la période allant du 1/03/2004 au 24/02/2005 sont des valeurs provisoires transmises par la DIREN Champagne-Ardenne ;
- la station hydrométrique IIBRBS en amont immédiat de la d'eau pour l'alimentation du lac-réservoir mise en service le 1/11/1973 ;
- la station hydrométrique IIBRBS sur le canal d'amenée de la prise d'eau en Blaise mise en service le 1/11/1973.

| Dénomination | Gestionnaire | Surface du bassin versant km² | Période de données disponibles | Type de données |
|---|---|---|---|---|
| Blaise à Pont Varin | DIREN-CHA | 465 | 31/10/87 - 24/02/05 * | QJ |
| Blaise à Louvemont | IIBRBS | 488 | 1/11/73 - 30/04/05 | QI |
| Prise en Blaise | IIBRBS | - | 1/11/73 - 30/04/05 | QI |

* Source Banque HYDRO du 31/10/87 au 9/03/04 et DIREN Champagne du 1/03/04 au 24/02/05
QJ Débit moyen journalier
QI Débit journalier instantané à 8h

*Tableau 5 - Caractéristiques des stations hydrométriques utilisées.*

La Figure 13 montre les hydrogrammes comparés des débits pentadaires mesurés aux stations DIREN de Pont Varin et IIBRBS de Louvemont sur la période allant de janvier 2000 à février 2005. On note globalement une bonne adéquation entre ces deux séries de mesures avec cependant quelques différences en étiage.

La Figure 14 représente la corrélation entre ces débits dont l'équation est la suivante :

$$QP_{PONT\ VARIN\ (DIREN)} = 1{,}028 \times QP_{LOUVEMONT\ (IIBRBS)}$$

n = 1181 r = 0,993

Dans l'attente de l'élaboration des données de la station de Pont Varin par la DIREN Champagne, nous avons utilisé cette équation pour reconstituer les données de la période allant de la 5$^{e}$ pentade de février à la 6$^{e}$ pentade d'avril 2005.

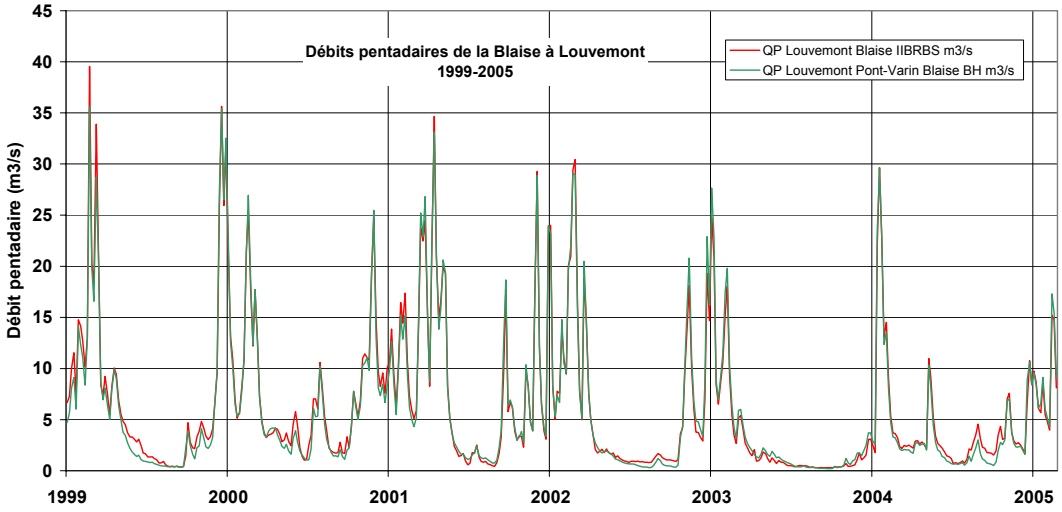



*Figure 13 - Comparaision entre les débits pentadaires de la Blaise mesurés aux stations DIREN de Pont Varin et IIBRBS de Louvemont.*

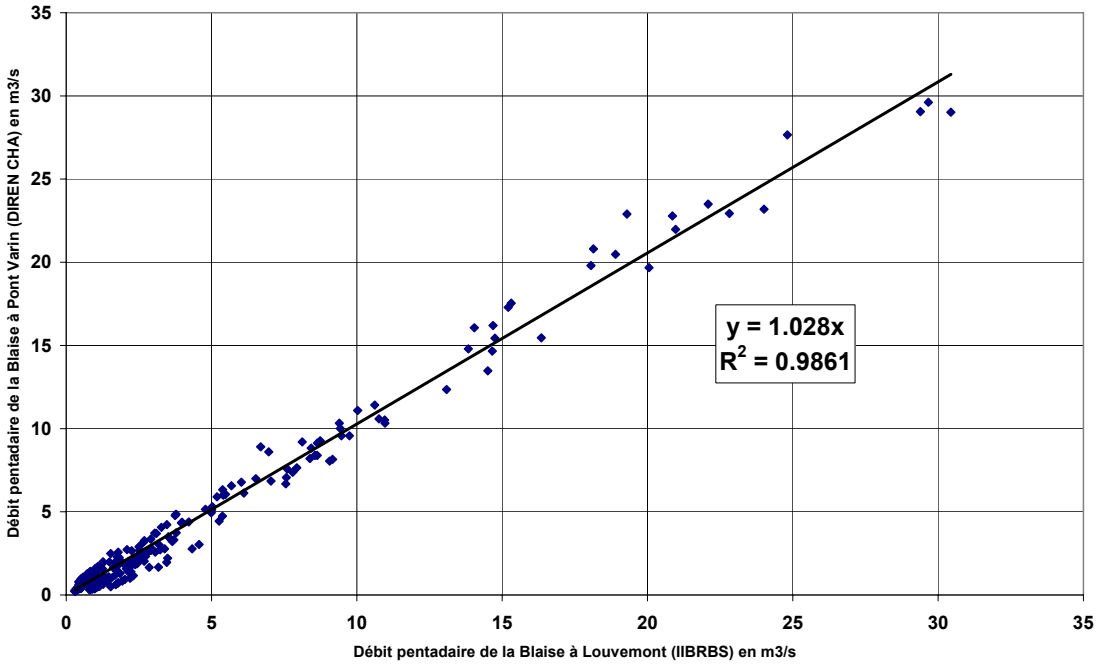



*Figure 14 - Corrélation entre les débits pentadaires mesurés aux stations DIREN de Pont Varin et IIBRBS de Louvemont (période 2004-février 2005).*

Dans le cadre de la présente étude, nous avons donc utilisé les données de la station DIREN de Pont Varin, complétées pour la période récente (du 25/02/2005 au 30/04/2005) par des données reconstituées par corrélation à partir de celle élaborées par l'IIBRBS à la station de Louvemont.

### *c) Représentativité des débits de la Marne à la station de Châlons-en-Champagne*

La visite de terrain à Châlons-en-Champagne et Condé-sur-Marne le 19 avril 2005 (cf. Note BRGM/EAU n° 37/05) a permis d'établir le plan schématique du réseau hydraulique des canaux et donc d'apprécier la représentativité des débits actuellement mesurés par la station DIREN (Figure 15 et Figure 16).

- **La dérivation de Condé-sur-Marne et la centrale hydroélectrique EDF**

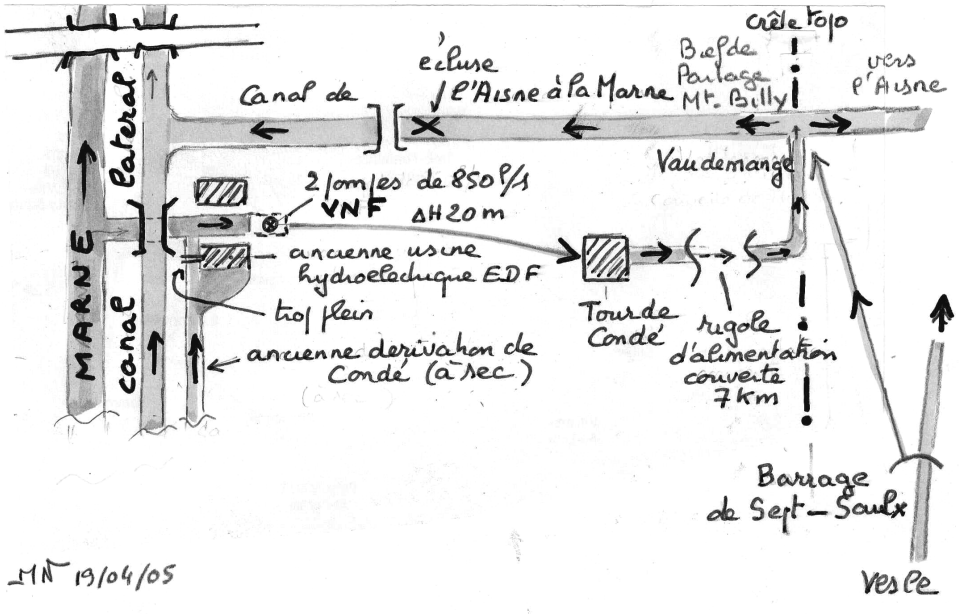



*Figure 15 - Schéma du réseau hydrologique et hydraulique au niveau de Condé-sur-Marne.*

Condé-sur-Marne est situé à 16 km en aval de la station hydrométrique DIREN de Châlons-en-Champagne. Jusqu'en janvier 1989, un canal appelé dérivation de Condé prenait de l'eau de La Marne sur le Canal Saint-Martin à Châlons-en-Champagne et l'amenait au niveau de Condé-sur-Marne où tout ou partie de ce débit était turbiné dans une centrale hydroélectrique EDF puis rejeté en Marne par une petite dérivation (Figure 15). Il est vraisemblable que les débits de cette dérivation étaient calculés à ce niveau par EDF. Nous ne savons pas quand la centrale hydroélectrique a été mise en service. Dans la banque HYDRO, avant février 1989, le débit de la Marne à Châlons-en-Champagne (H5201013) est obtenu en faisant la somme des débits des stations de la Marne à Chalons (H5201011) et de la dérivation de Condé (H5201012).

Les coordonnées indiquées dans la Banque HYDRO pour la station hydrométriques de la dérivation de Condé sont erronées. Ils ont été corrigés suite à la visite de terrain.

Les débits de la dérivation de Condé sont disponibles dans la Banque HYDRO de 1982 à 1988 sous le n° H5201012. Sur cette période, le débit moyen inter annuel est de 8,46 $m^3/s$. Les débits mensuels varient entre 12,5 $m^3/s$ en mars et 4,32 $m^3/s$ en décembre (Tableau 6).

| Stations | H5201011 | H5201012 | H5201013 |
|---|---|---|---|
| | **La Marne [Rivière] à Châlons-sur-Marne [avant 02/89]** | **La Marne [débit dérivé] à Condé-sur-Marne [Châlons]** | **La Marne totale à Châlons-sur-Marne (après Grand Lac et avant 02/89)** |
| **Moy. 82-88** | **76.93** | **8.46** | **85.39** |
| | **90.09%** | **9.91%** | |
| **Minimum 82-88** | **8.59** | **4.32** | **17.61** |
| **Maximum 82-88** | **280.00** | **12.50** | **288.12** |

*Tableau 6 - Débits moyens de la Marne au niveau de Châlons-en-Champagne (1982-1988).*

Les débits moyens mensuels dérivés suivent globalement une variation saisonnière entre 9,62 $m^3/s$ en mars et 7,57 $m^3/s$ en décembre.

Depuis février 1989, le débit de la Marne à Châlons-en-Champagne (H5201010) est obtenu par la seule mesure du débit de la Marne à Châlons-en-Champagne, la dérivation de Condé n'étant plus active.

- **L'alimentation du bief de partage du canal de jonction Marne-Aisne**

Dans la petite dérivation de la Marne de Condé-sur-Marne, deux pompes permettent de relever sur une hauteur de 20 m un certain débit jusqu'à la Tour de Condé. Cette tour construite en 1869 abrite les conduites forcées verticales. Elle est prolongée par un aqueduc voûté en pierres maçonnées qui s'y adosse et supporte les 150 premiers mètres d'une rigole où sont injectées ces eaux. C'est une rigole d'alimentation couverte à écoulement libre de 7 km jusqu'à Vaudemange sur la ligne de crête entre le bassin de la Marne et celui de l'Aisne. Ce débit assure l'alimentation du bief de partage du Mont Billy du canal de jonction entre la Marne et l'Aisne. Ce canal se développe sur une longueur de 57,7 km avec 8 écluses coté Marne (dénivelé 21,3 m) et 16 coté Aisne (dénivelé 42,4 m).

Les deux pompes de relevage, gérées par VNF, d'une puissance de 750 KW, permettent d'obtenir chacune un débit de 850 l/s. Elles sont utilisées à la demande en complément du prélèvement effectué sur la Vesle. Le prélèvement sur la Vesle s'effectue à partir du barrage de Sept-Saulx tant que le débit de la rivière est supérieur à 1,5 $m^3/s$.

Le 19/04, le débit dérivé de la Vesle était de 600 l/s et le débit pompé de 283 l/s (pompage à 850 l/s 8 h/24). Soit au total 883 l/s. En étiage, le pompage peut atteindre 1 133 l/s (1 pompe 24 h/24 et l'autre 8 h/24).

**Ces chiffres sont cohérents avec ceux déjà fournis par VNF soit en moyenne 0,9 $m^3$/s. VNF a indiqué en outre que 25 % du débit total retournait vers la Marne et 75 % vers l'Aisne.**

- **Le réseau hydrologique et les aménagements hydrauliques à Châlons-en-Champagne**

Le réseau hydrologique et les aménagements hydrauliques au droit de Châlons-en-Champagne sont complexes. Nous avons précisé sur le terrain les connexions entre la Marne, ses dérivations, les rivières la Blaise et le Mau, le canal latéral et la dérivation de Condé (cf. Figure 16). Ce schéma hydraulique montre qu'une partie non négligeable du débit de la Marne est dérivé en amont de l'actuelle station hydrométrique et retourne à la Marne en aval de celle-ci.

- **Champ captant pour l'AEP de Châlons-en-Champagne**

L'AEP de Châlons-en-Champagne est assurée à partir d'un champ captant implanté en bordure rive droite de la Marne, en amont immédiat du pont de la route N77 et donc de la station hydrométrique. Ce champ captant, géré par le Service des Eaux de la ville de Châlons-en-Champagne, s'étend sur 44 ha. Il comprend une quarantaine de forages de moins de 10 m de profondeur, sauf deux qui atteignent respectivement 29 et 35 m de profondeur. Ces forages captent donc la nappe alluviale et l'aquifère de la Craie. Le débit d'exploitation est stationnaire de l'ordre de 13 000 $m^3$/j (soit 150 l/s). En première analyse, ce débit est négligeable par rapport au débit total de la Marne.

La station hydrométrique de la DIREN sur la Marne est située entre le barrage de régulation et le pont de la rue Jean Jaurès. Le débit « naturel » de la Marne à ce niveau est égal à la somme des débits suivants :

- le débit mesuré à la station hydrométrique DIREN de Châlons-en-Champagne (n° H5201011). Cette station est implantée en rive droite en aval du barrage de régulation au débouché d'un retour du canal Louis XII contrôlé par une vanne. Il s'agit d'une installation limnigraphique avec puits et guérite en acier. L'échelle limnimétrique est située sur la partie rive droite du retour du canal Louis XII : c'est une échelle verticale de 6 m graduée en centimètres ;
- le débit dérivé à partir de la Marne par le canal Louis XII auquel s'ajoutent les débits des rivières Le Mau et La Blaise. Ce débit se répartit en deux composantes :
  - le débit qui contribue à l'alimentation du canal latéral (ou rigole d'alimentation),
  - le débit de l'ancien canal d'alimentation de Condé (ou canal Saint-Martin). Actuellement, ce débit retourne intégralement dans la Marne 3 km en aval de la station hydrométrique.

*NB : Signalons que le canal latéral est alimenté, dans Châlons-en-Champagne, par la rigole d'alimentation.*

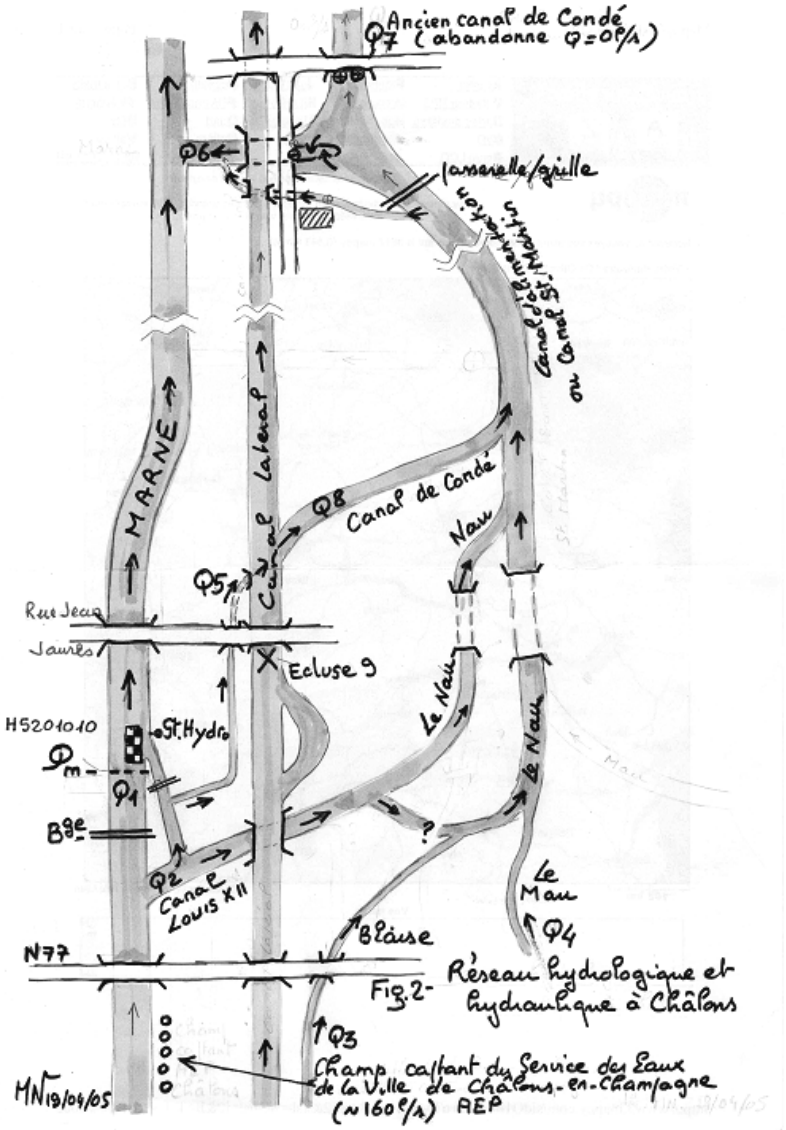



Fig.2- Réseau hydrologique et hydraulique à Châlons

*Figure 16 - Schéma du réseau hydrologique et des aménagements hydrauliques de Châlons-sur-Marne et de ses environs.*

Le débit naturel de la Marne au droit de la station de Châlons-en-Champagne est donné par les relations :

$$QNAT_{Châlons} = Q1 + Q2 + Q3 + Q4 + Q5 \pm Q8$$

$$Q2 + Q3 + Q4 = Q6 + Q7$$

avec :

| | |
|---|---|
| Q1 = $QNAT_{Châlons}$ | Débit mesuré à la station hydrométrique DIREN (n° H521010) |
| Q2 | Débit dérivé de la Marne en amont de la station hydrométrique par le canal Louis XII |
| Q3 | Débit de la rivière La Blaise |
| Q4 | Débit de la rivière Le Mau |
| Q5 | Partie du débit du canal Louis XII qui alimente le canal latéral = rigole d'alimentation |
| Q6 | Retour en Marne à 3 km en aval de la station hydrométrique |
| Q7 | Débit de la dérivation de Condé partant vers l'usine hydroélectrique EDF de Condé-sur-Marne 16 km en aval, actuellement abandonnée |
| Q8 | Partie du débit du canal latéral qui alimente le canal d'alimentation où est alimenté par celui-ci |

- **Période avant février 1989**

Dans la Banque HYDRO, le débit « reconstitué » à Châlons-en-Champagne (n° H5201013) avant février 1989 est calculé en faisant la somme du débit Q1 mesuré à la station de Châlons-en-Champagne (n° H5201011) et de celui de la station de la dérivation de Condé (n° H5201012) mesuré à l'usine hydroélectrique de Condé-sur-Marne (voisin de Q7 aux pertes près du canal d'amenée et éventuel trop plein au droit de l'usine).

$$QStation_{H5201013} = Q1 + Q7 = QStation_{H5201011} + QStation_{H5201012}$$

En fait, ce débit est sous estimé, car il ne prend pas en compte les termes Q5, Q8 et surtout Q6 qui est de plusieurs $m^3/s$.

$$QNAT_{Châlons} = QStation_{H5201013} + [Q6 + Q5 \pm Q8]$$

- **Période depuis février 1989**

Dans la Banque HYDRO, le débit naturel à Châlons-en-Champagne depuis février 1989 est celui mesuré à la station hydrométrique de la DIREN (n° H5201010) soit Q1. Le terme Q7 est égal à zéro.

**En fait, ce débit est nettement sous estimé, car il ne prend pas en compte les termes Q5, Q8 et surtout Q6 qui est de plusieurs $m^3/s$.**

$$QNAT_{Châlons} = QStation_{H5201010} + [Q6 + Q5 \pm Q8]$$

Les débits des deux séries (avant et depuis 1989) sont systématiquement sous-estimés, puisqu'ils ne prennent pas en compte les termes $[Q6 + Q5 \pm Q8]$.

Le graphique des doubles cumuls entre les débits annuels de la Marne à Châlons-en-Champagne reconstitués par la Banque HYDRO et les pluies annuelles à Reims (Figure 17) montre une nette cassure d'hétérogénéité de l'ordre de 11 %. Les débits depuis février 1989 paraissent sous-estimés de 11 % par rapport à la série antérieure à février 1989, ce qui conforte notre analyse sur la sous estimation actuelle des débits de la Marne à Châlons-en-Champagne. La sous estimation est vraisemblablement supérieure à 11 %, car dans les doubles cumuls nous ne prenons pas en compte les débits Q5, Q6 et Q8.

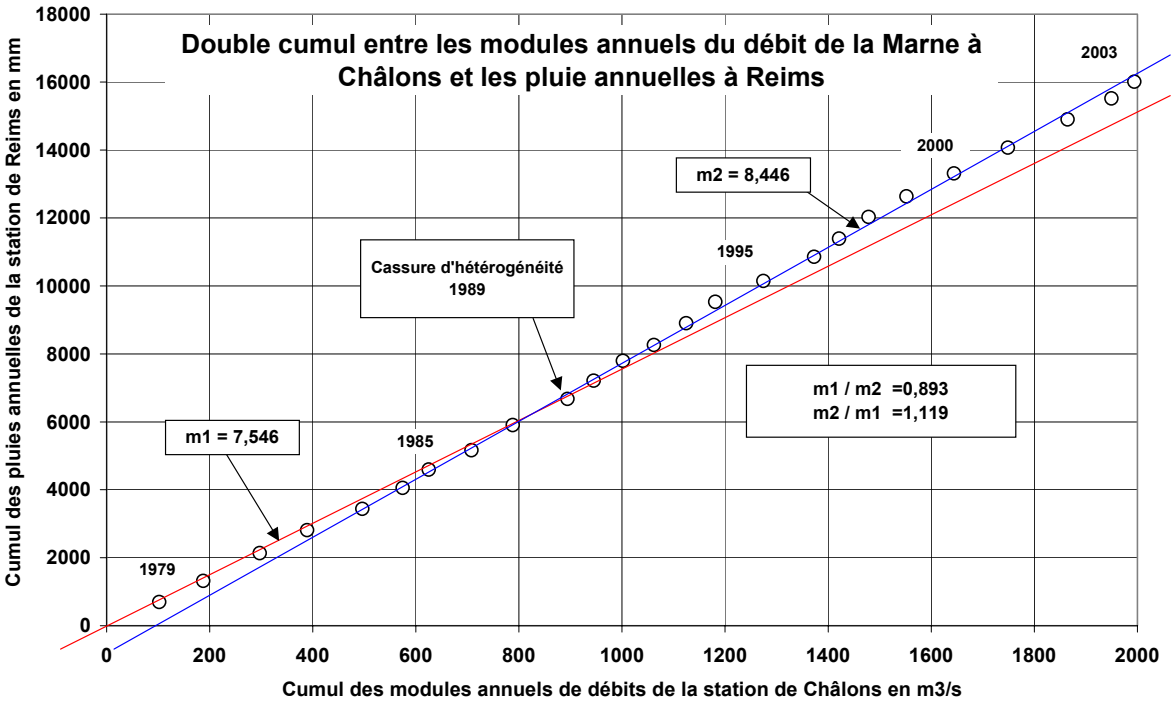



*Figure 17 - Double cumul entre les modules annuels de débits de la Marne à Châlons et les pluies annuelles à Reims (période 1978-2004).*

Depuis avril 2004, la DIREN Champagne-Ardenne a procédé à quelques jaugeages simultanés du Canal de Louis XII, de la rigole d'alimentation du Canal latéral (Q5 de la Figure 16) et de la station hydrométrique (Tableau 7). **Pour les neuf campagnes de jaugeages, le débit mesuré à la station de Châlons-en-Champagne par rapport au débit total de la Marne varie entre 79 et 96 % autour d'une valeur moyenne de 86 %**. Ces données confortent notre analyse quant à la sous-estimation des débits donnée par la station de Châlons-en-Champagne.

| Date | Canal Louis XII Q2 | Rigole d'alimentation Q5 | Station Châlons Q1 | Total Q1 + Q2 + Q5 | Qstation / Qtotal % |
|---|---|---|---|---|---|
| 07/04/2004 | 3.50 | 1.24 | 23.68 | 28.42 | 0.833 |
| 26/05/2004 | 4.49 | 0.93 | 19.78 | 25.20 | 0.785 |
| 29/06/2004 | 3.63 | 0.64 | 16.22 | 20.49 | 0.792 |
| 11/08/2004 | 4.02 | 0.42 | 31.66 | 36.10 | 0.877 |
| 03/11/2004 | 3.55 | 0.84 | 80.61 | 85.00 | 0.948 |
| 15/12/2004 | 0.43 | 3.27 | 21.00 | 24.70 | 0.85 |
| 25/01/2005 | 2.13 | 2.94 | 114.66 | 119.73 | 0.958 |
| 09/03/2005 | 1.61 | 2.77 | 38.11 | 42.49 | 0.897 |
| 06/04/2005 | 2.00 | 2.67 | 24.50 | 29.17 | 0.84 |
| **Eléménts statistiques** | | | | | |
| | | | | **Maximum** | 0.958 |
| | | | | **Minimun** | 0.785 |
| | | | | **Moyenne** | 0.864 |

*Tableau 7 - Jaugeages de différents termes du bilan de la Marne à Châlons-en-Champagne (Source DIREN Champagne-Ardenne).*

**Pour corriger cette hétérogénéité, nous avons, en première approximation, multiplié la série de débits depuis février 1989 par un facteur correctif de 1,11** (cf. tableau en Annexe 1). Il s'agit là d'une approximation, car ce facteur est très vraisemblablement variable dans le temps, mais nous ne disposons pas de suffisamment d'informations quantitatives à ce sujet.

### *d) Établissement d'une série homogène des débits de la Marne à Gournay*

La station de Noisiel sur la Marne a fonctionné de 1974 à mai 1998. Elle a été remplacée à partir de novembre 1996 par la station de Gournay située à 2,13 km en aval. Pour les besoins de la présente étude, nous avons constitué une série homogène des débits de la Marne à Gournay prenant en compte les mesures effectuées à Noisiel.

Nous avons établi, sur la période commune d'observation de 19 mois allant de novembre 1996 à mai 1998, une corrélation linéaire entre les débits pentadaires (Figure 18).

Il existe une bonne corrélation linéaire entre les débits pendadaires des stations de la Marne à Gournay et à Noisiel (Figure 18) sur la période commune de fonctionnement allant de février 1987 à mai 1998.

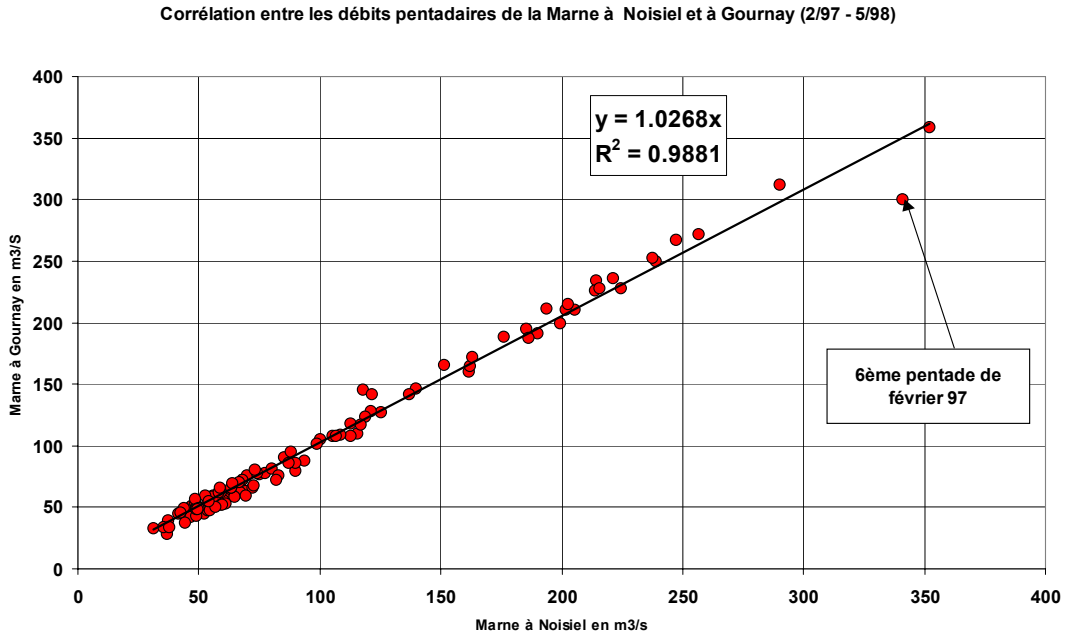



*Figure 18 - Corrélation entre les débits pentadaires de la Marne à Gournay et à Noisiel (novembre 1996 à mai 1998).*

L'équation de la droite de corrélation est la suivante :

$$QP_{GOURNAY} = 1{,}0268 \times QP_{NOISIEL} \pm t_{\alpha} \times 7{,}84$$

avec :

$QP_{\_Gournay}$ = débit pentadaire à Gournay en $m^3/s$,
$QP_{\_NoisielL}$ = débit pentadaire à Noisiel en $m^3/s$,
$t_{\alpha}$ = facteur fréquentiel pour le seuil de confiance $\alpha$,
n = 120 = nombre de valeurs,
r = 0,994 = coefficient de corrélation.

L'analyse détaillée de cette corrélation met en évidence deux points :

- tout d'abord, le coefficient de régression de 1,0268 est significativement différent de 1 au seuil de confiance de 99 %. Son intervalle de confiance est en effet compris entre 1,0114 et 1,0445. En conséquence, nous avons décidé de multiplier l'ensemble des débits de Noisiel entre janvier 1974 et octobre 1996 par le coefficient multiplicateur de 1,0268. Les données ainsi reconstituées sont fournies en annexe 1 et les valeurs statistiques récapitulées dans le Tableau 8.

| Année | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Module annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Maximum $m^3/s$ | 411 | 367 | 361 | 401 | 266 | 195 | 179 | 118 | 131 | 185 | 223 | 295 | 200 |
| Minimum $m^3/s$ | 60.3 | 66.3 | 48.4 | 38.6 | 26.6 | 18.2 | 14.2 | 14.2 | 19.7 | 22.3 | 32.1 | 41.5 | 43.9 |
| Moyenne $m^3/s$ | **191** | **195** | **165** | **149** | **93.7** | **66.1** | **63.1** | **56.2** | **58.5** | **79.0** | **102** | **153** | **114** |

*Tableau 8 - Caractéristiques statistiques des débits influencés de la Marne à Gournay-Noisiel (1974-2004, sauf 1987).*

*Signalons que le rapport des bassins versants topographiques des stations de Gournay (12 659 km² ) et Noisiel (12 573 km² ) est de 1,0067 ;*

- ensuite, cette relation permet d'évaluer la précision des débits élaborés à ces deux stations. L'écart type lié de la corrélation est de 7,84 $m^3/s$. Ainsi, pour un débit d'étiage d'août de 56 $m^3/s$, la précision est de 23 % au seuil de confiance de 90 %.

## 2.4. LES DONNÉES CLIMATOLOGIQUES

Compte tenu des objectifs de l'étude, nous avons choisi des postes pluviométriques et des stations de mesure de l'évapotranspiration potentielle (ETP) présentant de longues chroniques d'observations, sans lacunes et de préférence des stations synoptiques pour lesquelles les données sont rapidement disponibles après leur acquisition.

### 2.4.1. La pluviométrie

#### *a) Isohyètes interannuelles (méthode AURELHY)*

La carte des isohyètes interannuelles calculées sur une période de 30 ans (1971-2000) selon la méthode AURELHY (Analyse Utilisant le RELief pour l'HYdrométéorologie, Bénichon et Le Breton, 1986) établie par Météo France donne la répartition spatiale des totaux pluviométriques annuels moyens sur le bassin de la Marne (Figure 19).

La méthode d'interpolation AURELHY, développée par Météo France, prend en compte la reconnaissance automatique de la liaison statistique existant entre le paramètre à étudier (ici la pluviométrie) et le relief environnant les points de mesure. Cette liaison statistique est utilisée pour reconstituer les valeurs aux points où l'on ne dispose pas de données mesurées. La carte du champ ainsi obtenue intègre au mieux les effets du relief.

La zone étudiée est découpée selon une grille de 1 km² (1 km de coté) et une valeur de pluviométrie est attribuée à chaque cellule de la grille par interpolation entre les postes pluviométriques pour lesquels des données de pluies sont disponibles pour la période 1971-2000. Le découpage du relief est lui effectué avec un maillage de 50 km de coté, chaque maille étant centrée sur un point.

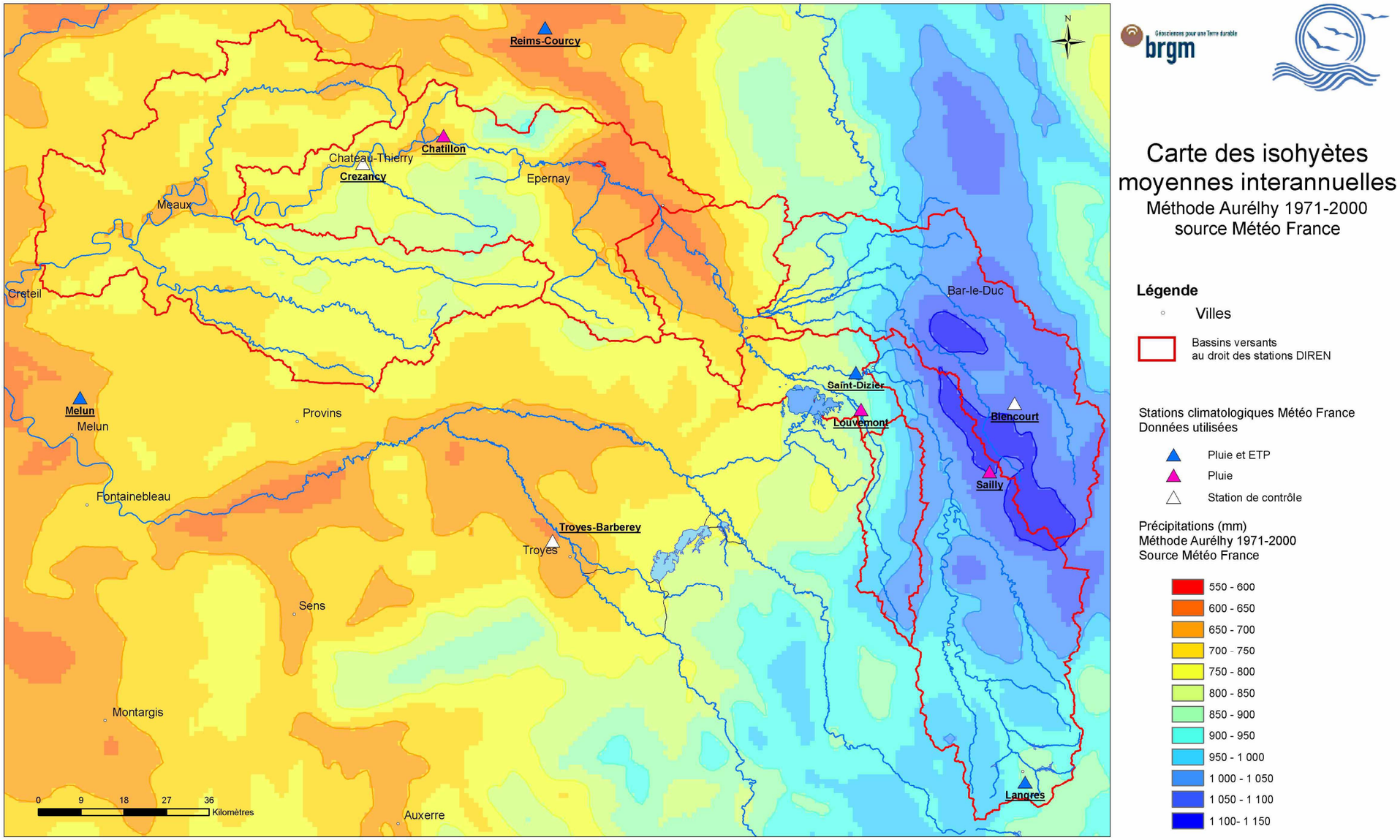



*Figure 19 - Carte des isohyètes moyennes interannuelles.*

Le Tableau 9 donne le détail pour chaque sous bassin versant complet et, quand il possède une partie amont, pour la partie propre (entre parenthèses).

Les pluies minimum, maximum et moyennes ont été déterminées par SIG à l'aide du logiciel ARCVIEW 8.3. Les pluies minimum et maximum correspondent à la valeur respectivement la plus petite et la plus grande d'une ou de plusieurs cellules de 1 km² de la zone concernée. Il s'agit donc directement des données issues de l'interpolation AURELHY sans autre calcul ou interpolation supplémentaire à l'intérieur des cellules de la grille Météo France.

Les pluies moyennes ont été obtenues, avec le même outil SIG, en faisant la moyenne arithmétique des n valeurs de toutes les cellules contenues dans la zone sélectionnée.

La lame d'eau précipitée annuelle moyenne pour la période 1971-2000 sur l'ensemble du bassin de la Marne est de 850 mm. La carte des isohyètes montre un fort contraste entre la zone est du bassin fortement arrosée en amont de Vitry-en-Perthois (Saulx avec 1 013 mm) et Marne en amont de Frignicourt (entre 826 et 998 mm) et la zone ouest beaucoup moins pluvieuse (entre 712 et 757 pour les sous-bassins versants en aval de Vitry-en-Perthois).

| Sous-bassin versant (partie propre) | P min (mm) | P moy (mm) | P max (mm) |
|---|---|---|---|
| Marne à Saint-Dizier La Noue | 860 | **998** | 1 138 |
| Blaise à Pont-Varin - Louvemont | 861 | **973** | 1 053 |
| Marne à Frignicourt | 718 (715) | **969 (826)** | 1 138 (973) |
| Saulx à Vitry-en-Perthois | 736 | **1 013** | 1 148 |
| Marne à Châlons-sur-Marne | 621 (621) | **948 (712)** | 1 148 (870) |
| Marne à La Ferté-sous-Jouarre | 597 (597) | **894 (757)** | 1 148 (905) |
| Marne à Gournay-sur-Marne | 597 (672) | **850 (752)** | 1 148 (864) |

*P = Pluviométrie*

*Tableau 9 - Pluviométries pour le bassin versant de la Marne sur la période 1971-2000.*

### *b) Chroniques temporelles*

Le Tableau 10 donne la liste et les coordonnées des sept stations sélectionnées pour la pluviométrie.

| Station Météo | X (Lambert II étendu) m | Y (Lambert II étendu) m | Altitude Z (m) |
|---|---|---|---|
| Langres | 824 700 | 2 320 400 | 467 |
| Sailly | 817 200 | 2 385 800 | 275 |
| Saint-Dizier | 789 000 | 2 406 700 | 139 |
| Reims-Courcy | 723 400 | 2 479 300 | 91 |
| Châtillon | 702 000 | 2 456 600 | 130 |
| Melun | 625 300 | 2 401 300 | 91 |
| Louvemont | | | |

*Tableau 10 - Coordonnées des stations pluviométriques.*

Les données proviennent de la Climathèque de Météo France. Elles ont été acquises au pas de temps journalier, puis transformées dans les autres pas de temps.

Signalons l'absence de poste pluviométrique de longue durée et pour lesquels les données sont disponibles rapidement pour toute la partie du bassin versant aval de la Marne. Ceci nous a obligé à utiliser les postes de Reims Courcy et Melun extérieurs au bassin versant de la Marne. Il est bien évident que ces postes ont une moindre représentativité.

Un contrôle des pluies annuelles de la période 1965-2004 par la méthode des doubles cumuls a permis de constater que ces séries sont homogènes entre elles, sans hétérogénéité significative (Figure 20).

Le Tableau 11 donne les pluviométries interannuelles moyennes des différentes stations sur la période 1971-2000. Les totaux pluviométriques annuels s'échelonnent entre 618 mm à Reims et 1097 mm à Sailly.

La pluviométrie annuelle du poste de Sailly (Figure 21), à la limite entre les bassins versants de la Marne à Saint-Dizier et de la Saulx, varie sur la période de 56 ans 1949-2004 entre 591 mm en 1953 et 1 434 mm en 2001 autour d'une valeur moyenne de 1 049 mm (coefficient de variabilité de 19 %).

### 2.4.2. L'évapotranspiration potentielle

Pour l'évapotranspiration potentielle, les ETP Penman au pas de temps décadaire ont été achetées directement dans la Climathèque de Météo France pour quatre stations :

- Langres ;
- Saint-Dizier ;
- Reims-Courcy ;
- Melun.

La moyenne interannuelle des ETP au niveau de ces quatre stations météorologiques est présentée pour la période 1979-2004 dans le Tableau 12.

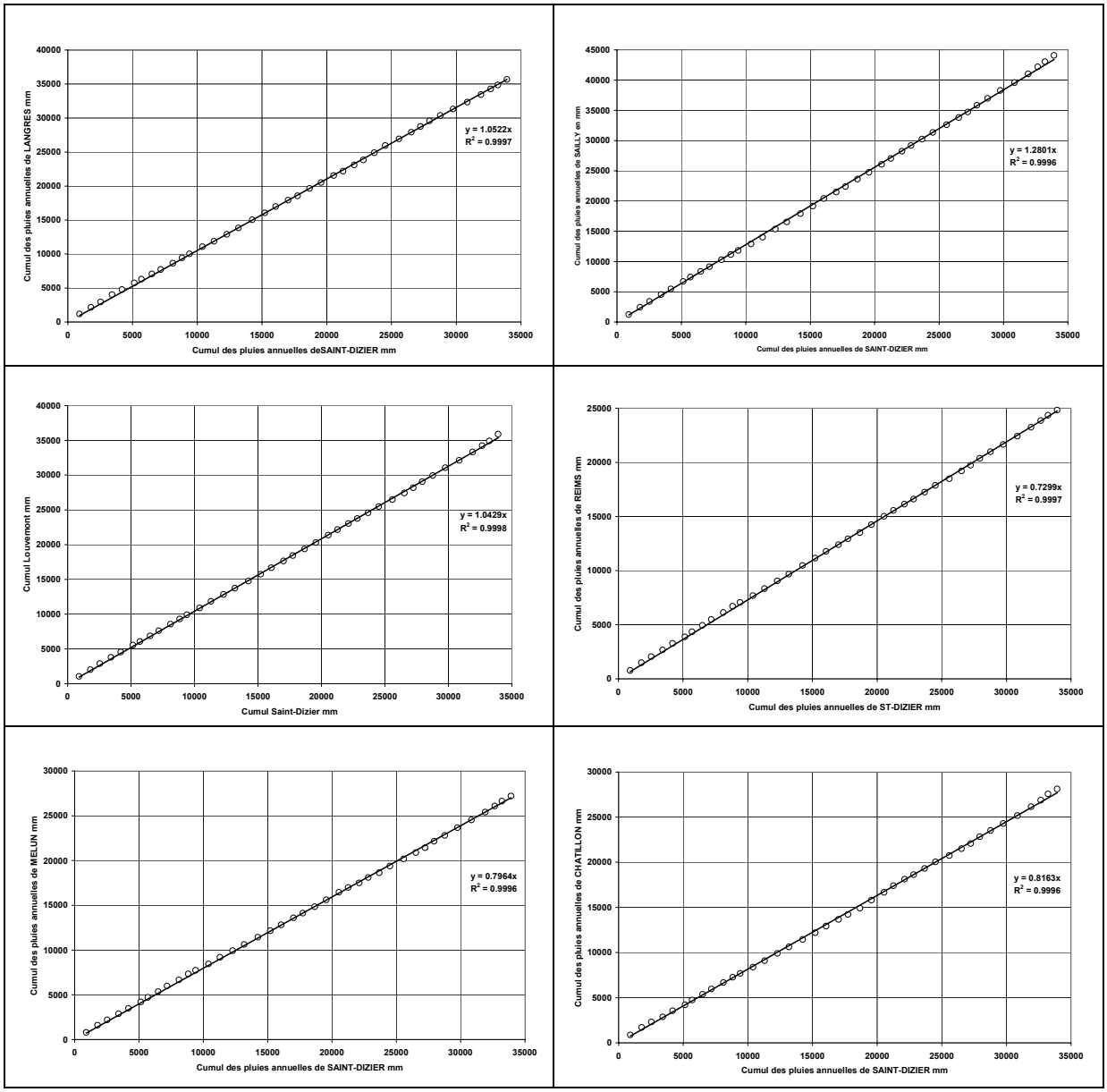



*Figure 20 - Doubles cumuls entre les pluies annuelles des différents poste sur la période 1965-2004.*

| Station | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Chatillon** | 63.3 | 47.2 | 59.8 | 48.3 | 62.1 | 61.8 | 61.5 | 46.8 | 55 | 64.9 | 59.8 | 68.8 | **699.1** |
| **Langres** | 80.1 | 70.3 | 65.3 | 56.3 | 81.2 | 71.3 | 66 | 64.6 | 76.4 | 79.9 | 86.7 | 88.2 | **886.3** |
| **Louvemont** | 74.9 | 66.8 | 69.2 | 60.9 | 75 | 74.8 | 73.8 | 66.9 | 73.4 | 79.9 | 77.2 | 93.2 | **886.2** |
| **Melun** | 55.1 | 48.8 | 55 | 51.9 | 64.6 | 56.4 | 58.5 | 47.2 | 58.2 | 63.2 | 58 | 61 | **677.8** |
| **Reims-Courcy** | 44.1 | 39.5 | 50.5 | 45.4 | 58.8 | 58.2 | 56.4 | 48.5 | 53.2 | 54.9 | 52 | 56.5 | **617.9** |
| **Sailly** | 102.2 | 88.8 | 88.8 | 72.3 | 87.5 | 90 | 88.3 | 74.1 | 83 | 96.4 | 105 | 120.6 | **1097.1** |
| **Saint-Dizier** | 74 | 62.2 | 67 | 56.8 | 72.4 | 72.8 | 72.2 | 64.2 | 74.2 | 78.9 | 74.6 | 87.6 | **856.8** |

*Tableau 11 - Pluviométrie (mm) moyenne interannuelle 1971-2000 des différentes stations.*

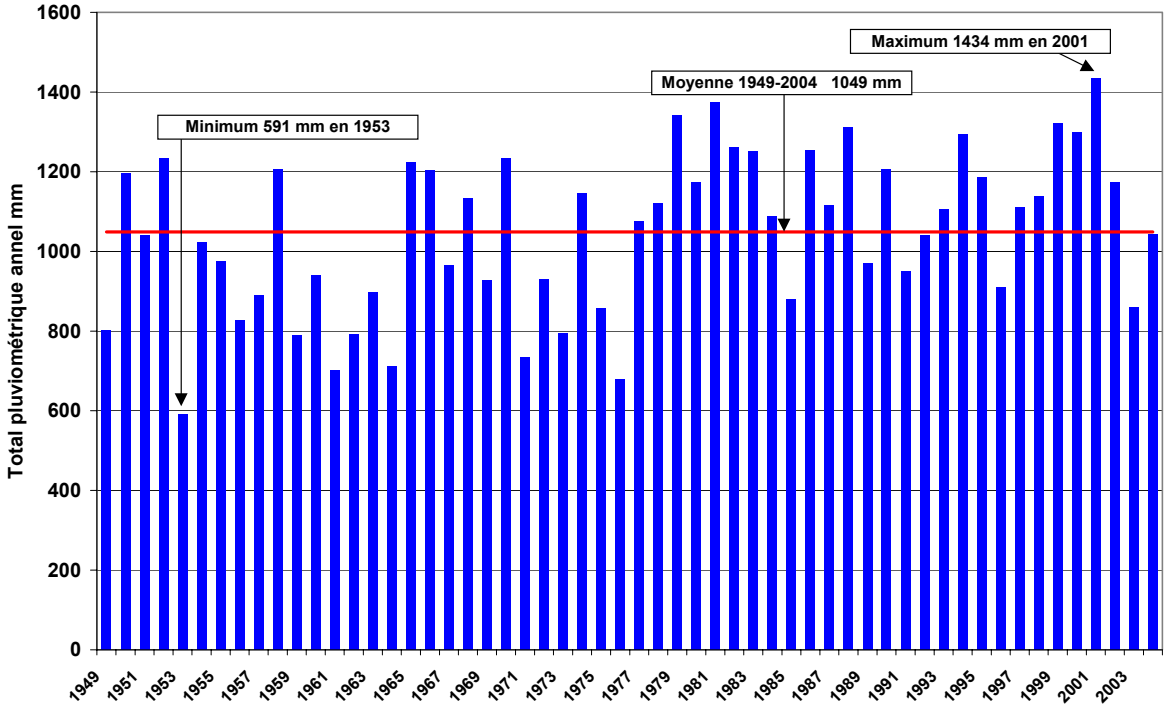



*Figure 21 - Évolution des pluies annuelles à Sailly de 1949 à 2004.*

| Station | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Saint-Dizier** | 12.1 | 20.4 | 48.2 | 77.0 | 108.7 | 122.7 | 134.3 | 114.3 | 65.4 | 33.9 | 13.3 | 10.3 | **760.6** |
| **Langres *** | 7.8 | 18.3 | 47.5 | 72.0 | 103.8 | 120.0 | 132.9 | 116.6 | 66.3 | 31.0 | 9.9 | 6.4 | **732.5** |
| **Melun** | 11.1 | 19.7 | 48.1 | 76.6 | 106.1 | 120.6 | 132.7 | 118.3 | 69.1 | 36.2 | 12.9 | 9.1 | **760.5** |
| **Reims-Courcy** | 10.5 | 18.7 | 44.2 | 71.4 | 102.3 | 116.7 | 127.9 | 108.0 | 65.2 | 32.6 | 11.2 | 9.3 | **718.0** |

* Moyenne interannuelle 1979-2004 sauf 1984 et 1987

*Tableau 12 - Évapotranspirations potentielles Penman moyennes interannuelles (1979-2004).*

On notera que les valeurs moyennes interannuelles 1979-2004 de l'ETP Penman de ces quatre stations sont voisines : entre 718 mm à Reims et 761 mm à Melun. Dans les modélisations, nous affecterons ces valeurs d'un coefficient correcteur laissé à l'optimisation dans des plages plausibles.

L'évapotranspiration potentielle annuelle calculée par la formule de Penman à Saint-Dizier (Figure 22) en zone centrale du bassin versant de la Marne, sur la période de 43 ans 1962-2004 varie entre 610 mm en 1962 et 907 mm en 2003 autour d'une valeur moyenne de 741 mm (coefficient de variabilité de 8,4 %).

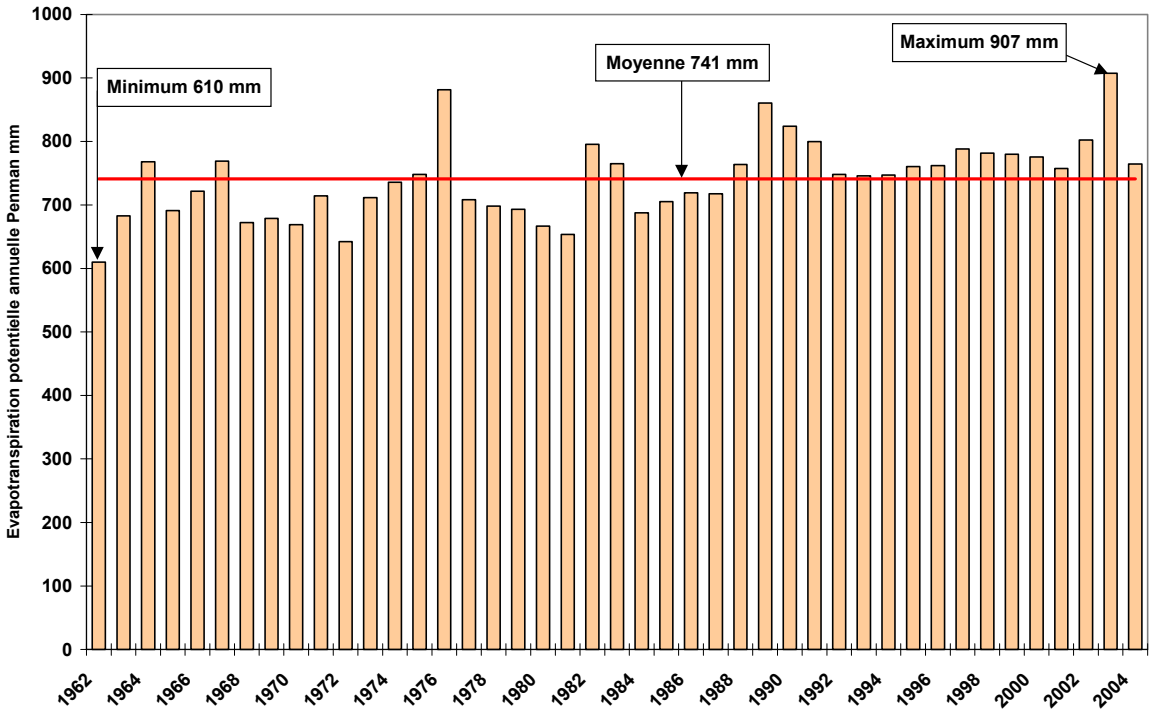



*Figure 22 - Évolution des évapotranspirations potentielles annuelles Penman à Saint-Dizier de 1962 à 2004.*

## 2.5. DÉBITS D'ÉCHANGE AVEC LES AUTRES BASSINS ADJACENTS

Pour effectuer un bilan global de l'eau dans le bassin versant de la Marne, il est nécessaire d'identifier et de quantifier les débits d'échange entre les sous-bassins versants adjacents et avec les autres bassins. Cette tâche s'est avérée plus longue que prévue, car ces données ne sont centralisées par aucun organisme. Il a donc fallu identifier les nombreux organismes détenteurs de données, puis se procurer lorsqu'elles existent les chroniques de données de débits, ou à défaut faire des hypothèses plausibles en fonction des informations qualitatives disponibles.

Avec les données transmises par l'Agence de l'Eau Seine Normandie, nous avons établi une carte des prélèvements d'eau de surface. Chaque prélèvement est représenté par un cercle dont la taille est fonction du débit prélevé (Figure 23). Dans le cadre de la présente étude, nous nous sommes intéressés essentiellement aux principaux débits d'échange et plus particulièrement ceux résultant des prélèvements d'eau de surface.

En dehors du lac-réservoir Marne de l'IIBRBS et des canaux de navigation, les principales prises d'eau de surface en Marne sont les suivantes :

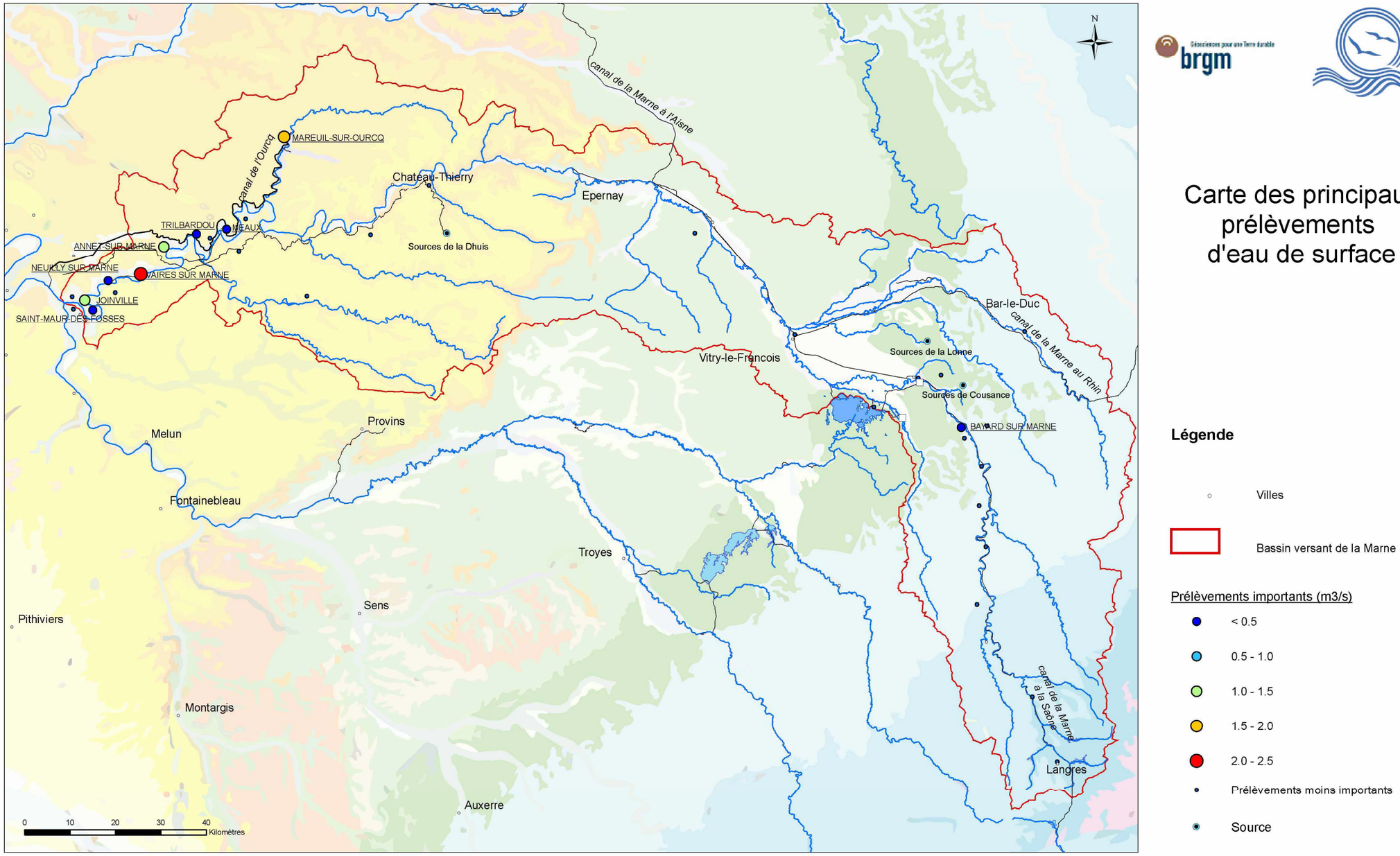
- prise en Marne pour le refroidissement de l'usine Saint-Gobain de Bayard-sur-Marne ;
- prise d'alimentation de l'Aqueduc de la Dhuys sur la source de la Dhuys pour l'AEP (SAGEP) ;
- prise sur les rivières l'Ourcq et la Marne pour l'alimentation du canal de l'Ourcq (Ville de Paris) ;
- prise pour le refroidissement de la centrale thermique EDF de Vaires-sur-Marne ;
- prise en Marne pour l'usine AEP d'Annet-sur-Marne(CGE) ;
- prise en Marne pour l'usine AEP de Meaux (Ville de Paris) ;
- prise en Marne pour l'usine AEP de Saint-Maur-les-Fossés (SAGEP) ;
- prise en Marne pour l'usine AEP de Neuilly-sur-Marne (CGE) ;
- prise en Marne pour l'usine AEP de l'usine de Joinville-le-Pont (SAGEP).

Signalons que les trois derniers prélèvements sont situés entre la station de Gournay et la confluence de la Marne avec la Seine. Ces prélèvements représentaient en 2004 un débit moyen annuel de 5,46 $m^3/s$ pour un débit de la Marne à Gournay de 77,0 $m^3/s$. Ces prélèvements ne sont pas pris en compte dans notre modèle de prévision EROS, puisqu'il est calé sur les débits à Gournay. Il est cependant indispensable de connaître ces valeurs de façon à en tenir compte pour le débit réservé à cette station.

Nous n'avons pas pris en compte dans cette étude, faute de synthèse disponible, les débits correspondant :

- aux prélèvements d'eaux souterraines (excepté celui relatif à la source de la Dhuys) ;
- aux rejets des stations d'épuration.

Ce qui nous intéresse dans le cadre de l'étude, c'est la part du débit prélevé réellement consommée ou sortant du sous-bassin. Ainsi, les prélèvements pour refroidissement de l'usine Saint-Gobain de Bayard-sur-Marne et de la centrale thermique de Vaires-sur-Marne représentent une consommation nette respectivement, d'après les industriels, que 6 % et 0,1 % du débit prélevé : ces consommations sont donc négligeables.




Carte des principaux prélèvements d'eau de surface

**Légende**

- Villes
- Bassin versant de la Marne

Prélèvements importants (m3/s)

- < 0.5
- 0.5 - 1.0
- 1.0 - 1.5
- 1.5 - 2.0
- 2.0 - 2.5
- Prélèvements moins importants
- Source

*Figure 23 - Carte de localisation des principaux prélèvements d'eau de surface.*

Le Tableau 13 récapitule les principaux prélèvements en eau de surface du bassin de la Marne hors canaux de navigation et lac-réservoir et donne, à titre indicatif, les valeurs de débits de l'année 2004. Le total de ces prélèvements correspond à un débit total en 2004 de 11,7 $m^3/s$, dont 5,47 $m^3/s$ sont prélevés en aval immédiat de la station de Gournay, juste en amont de la confluence avec la Seine. Signalons que dans l'arrêté sécheresse n° 2005-906, il est indiqué que le seuil de crise renforcé à Gournay correspond à 15 $m^3/s$, soit 1/10 du module + 4 $m^3/s$ pour les usines AEP.

| Situation | Désignation | Gestionnaire | Usage | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Module annuel | Débit d'échange |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Amont Gournay | Bayard-sur-Marne | Usine Saint-Gobain | Refroidissement industriel | | | | | | | | | | | | | 0.1 à 0.2 | 3.93 |
| | Aqueduc de la Dhuys | SAGEP | AEP Paris | 0.19 | 0.19 | 0.18 | 0.17 | 0.17 | 0.17 | 0.16 | 0.16 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.17 | |
| | Centrale thermique de Vaires-sur-Marne | EDF | Refroidissement industriel | 3.23 | 2.81 | 3.24 | 3.49 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.94 | 4.34 | 3.70 | 2.07 | |
| | Canal de l'Ourcq | Ville de Paris | Nettoyage des rues de Paris | 2.71 | 2.70 | 2.54 | 2.57 | 2.52 | 2.40 | 2.20 | 2.28 | 2.33 | 2.48 | 2.41 | 2.38 | 2.47 | |
| | Usine d'Annet-sur-Marne | CGE | AEP Paris | 1.10 | 1.06 | 1.05 | 0.98 | 1.21 | 1.17 | 1.29 | 1.14 | 1.11 | 1.09 | 1.10 | 1.03 | 1.11 | |
| | Meaux | Ville de Meaux | AEP de Meaux | nc | | | | | | | | | | | | 0.18 | |
| Entre Gournay et confluence Seine | Saint-Maur-les-Fossés | Ville de Saint-Maur | AEP de Saint-Maur | nc | | | | | | | | | | | | 0.25 | 5.47 |
| | Usine de Neuilly-sur-Marne | CGE | AEP Paris | 3.98 | 3.96 | 3.50 | 3.59 | 4.18 | 4.48 | 4.15 | 3.60 | 4.11 | 4.00 | 4.02 | 3.96 | 3.97 | |
| | Usine de Joinville-sur-Marne | SAGEP | AEP Paris | 1.05 | 0.94 | 1.00 | 1.64 | 1.56 | 1.44 | 1.42 | 1.09 | 1.44 | 1.18 | 1.11 | 0.98 | 1.24 | |
| Total des prélèvements (en $m^3/s$) d'eau de surface correspondant à des débits d'échange | | | | | | | | | | | | | | | | 11.7 | 9.39 |

**Eau de refroidissement industriel : Consommation en eau négligeable**

*Tableau 13 - Principaux prélèvements en eau de surface du bassin de la Marne en 2004, hors canaux de navigation et lac-réservoir.*

Nous nous sommes attachés à collecter, auprès des organismes gestionnaires, les chroniques d'évolution temporelle de ces prélèvements. Les valeurs mensuelles et annuelles des débits prélevés sont récapitulés en annexe 3.

Les prélèvements ont évolués notablement en fonction du temps comme le montrent les évolutions des débits annuels de l'usine AEP d'Annet-sur-Marne (Figure 24) et ceux prélevés pour l'alimentation du canal de l'Ourcq (Figure 25).

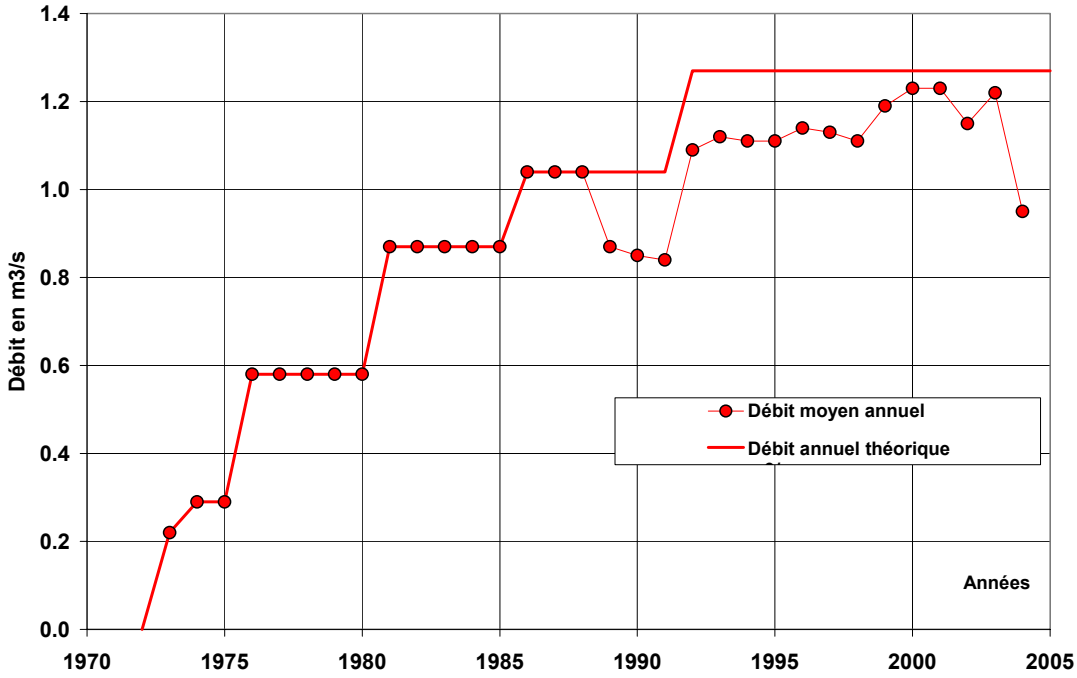



*Figure 24 - Évolution des débits annuels moyens prélevés à l'usine AEP d'Annet-sur-Marne (d'après la CGE).*

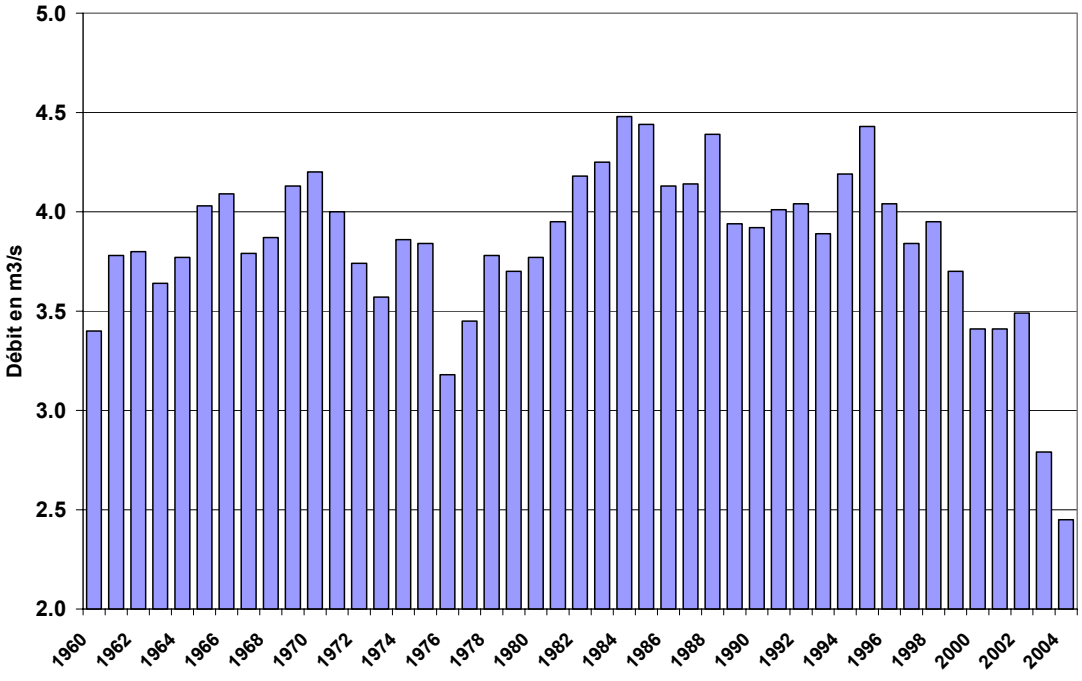



*Figure 25 - Évolution du débit annuel moyen prélevé dans le bassin de la Marne pour alimenter le canal de l'Ourcq (d'après la Ville de Paris).*

La Figure 26 représente le schéma du réseau hydrologique et des aménagements hydraulique du bassin de la Marne. Il indique l'emplacement des principales stations hydrométriques (DIREN CHA et IDF, IIBRBS), les limites des bassins versants topographiques avec les surfaces correspondantes, les principaux aménagements hydrauliques (canaux de navigation, canaux de prise et de restitution du lac-réservoir Marne et autres), les points de prélèvements (AEP, eau de nettoyage des voies publiques et eau industrielle). Pour fixer les idées, le débit moyen annuel mesuré en 2004 a été indiqué pour chacune des stations hydrométriques et points de mesure des débits. Nous avons également indiqué les principaux échanges souterrains du karst du Tithonien (sources de Cousance-les-Forges et de la Lonne, sources de Soulaines d'Huys, Trannes, etc.).

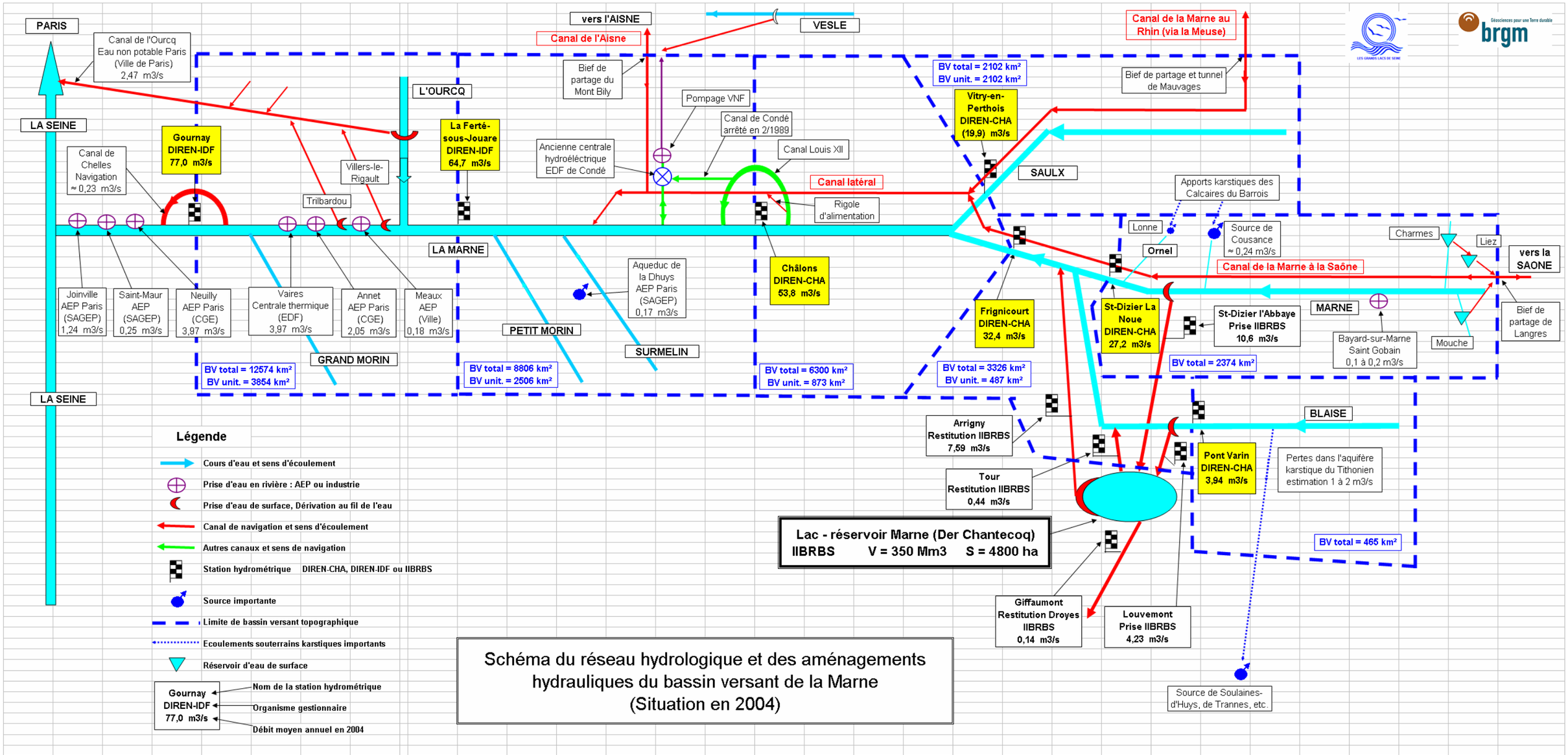



*Figure 26 - Schéma du réseau hydrologique et des aménagements hydrauliques du bassin versant de la Marne (situation en 2004).*

# 3. Modèle hydrologique global GARDENIA pluie-débit naturel de la Marne à Saint-Dizier

Cette modélisation hydrologique globale des débits de La Marne a pour objectif de permettre l'élaboration de prévision des débits d'étiage de la Marne à l'amont de la prise du canal d'amenée au lac-réservoir Marne. La prise en Marne, avec en moyenne 9,42 $m^3/s$, représente 86,5 % des apports au lac-réservoir Marne.

## 3.1. LE PRINCIPE DU MODÈLE GARDENIA

GARDENIA est un modèle hydrologique global développé par le BRGM. Ce logiciel simule le cycle de l'eau, depuis les précipitations sur le bassin versant jusqu'au débit à l'exutoire d'une rivière (ou d'une source) ou au niveau ponctuel d'un aquifère (niveau piézométrique).

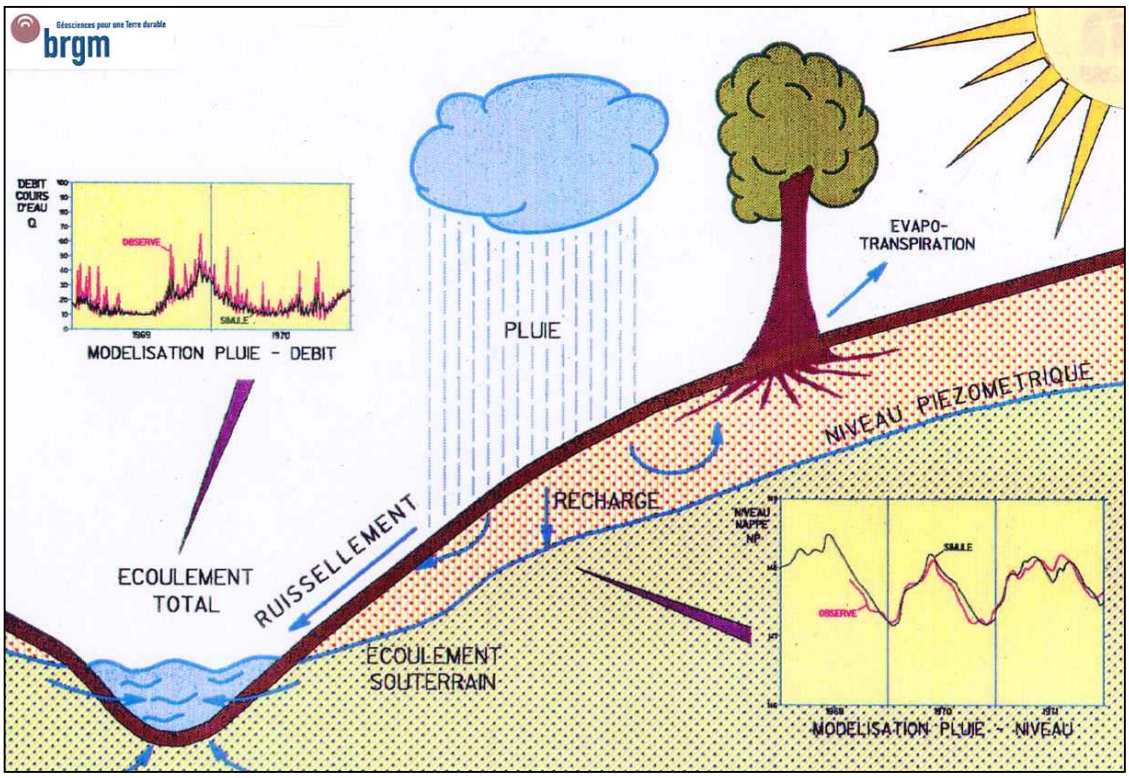



*Figure 27 - Représentation schématique des éléments du bilan hydrologique d'un bassin versant.*

Ce modèle est global, car il considère des « données d'entrée » globales en pluie et évapotranspiration potentielle et une sortie unique qui est, suivant le cas le débit à l'exutoire ou le niveau piézométrique en un point de la nappe sous-jacente. GARDENIA simule le cycle de l'eau par plusieurs réservoirs en cascade.

Plusieurs configurations sont possibles. Dans la présente étude, nous avons retenu celle à trois réservoirs (Figure 27 et Figure 29) qui représentent schématiquement :

- la zone superficielle du sol sujette à la reprise par évaporation ;
- la zone non saturée siège des écoulements rapides (ruissellement et composante rapide des écoulements karstiques) ;
- la zone saturée siège des écoulements lents de l'aquifère.

Les échanges entre les réservoirs sont définis par des fonctions de transfert faisant intervenir une dizaine de paramètres globaux (réserve utile, temps de tarissement, etc.) définis pour un bassin versant ou une entité homogène au sein d'un bassin versant.

Pour initialiser l'état de remplissage des réservoirs, il est nécessaire, en modélisation hydrologique globale, de prendre en compte une période d'initialisation. Celle-ci doit être d'autant plus longue que l'inertie ou « mémoire » de l'aquifère est grande. Cela suppose de disposer de chroniques de pluie et ETP sur une période aussi longue que possible antérieurement à la période de calage.

Le calage du modèle consiste à ajuster au mieux les données d'entrée (pluie, ETP) et les données de sortie (débit ou niveau piézométrique) avec un jeu de paramètres aussi réaliste que possible, calé sur l'exploitation de l'ensemble des données disponibles. Ce calage s'effectue par une méthode semi-automatique. L'utilisateur fournit un jeu de paramètres initiaux, donne des bornes de variations plausibles pour chacun d'eux et indique ceux qui doivent être optimisés. L'optimisation concomitante des différents paramètres est effectuée selon un algorithme non-linéaire adapté de la méthode de Rosenbrock. Le logiciel fait alors varier ces paramètres jusqu'à trouver un jeu fournissant la meilleure adéquation entre séries calculées et observées. Ce calage s'effectue sous le contrôle de l'utilisateur qui peut le contraindre, notamment par la fixation des valeurs de certains paramètres ou de bornes plausibles.

Une fois calé, le modèle peut être utilisé pour calculer les différents termes du bilan hydrologique. Il permet notamment, dans une certaine mesure, de différencier les deux composantes de l'écoulement :

- celle rapide que l'on peut assimiler au ruissellement superficiel et à la composante rapide des écoulements karstiques ;
- celle lente que l'on peut assimiler à la composante lente des écoulements souterrains, c'est-à-dire à la contribution des aquifères au débit des rivières.

- **Les équations du bilan hydrologique**

L'exploitation des modèles hydrologiques globaux GARDENIA pluie-débit et pluie-niveau piézométrique permet de quantifier les différents termes du bilan hydrologique.

Les équations du bilan hydrologique global pluie-débit sont les suivantes :

$$PLUIE = E\,\mathrm{TR} + PEF$$
$$PEF = Q_{RAP} + Q_{SOUT} + dSTO$$
$$QRivière = (Q_{RAP} + Q_{SOUT}) + Q_{Echange}$$

avec :

| | |
|---|---|
| PLUIE | Lame d'eau précipitée sur le bassin |
| ETR | Lame d'eau évapotranspirée sur le bassin |
| PEF | Hauteur de pluie efficace ou écoulement global |
| $Q_{RAP}$ | Lame d'eau écoulée rapide (ruissellement superficiel + écoulement karstique rapide) |
| $Q_{SOUT}$ | Lame d'eau écoulée correspondant à l'écoulement souterrain lent |
| $Q_{Echange}$ | Lame d'eau écoulée correspondant au débit d'échange avec d'autres systèmes hydrologiques<br>$Q_{Echange} > 0$ *si apport extérieur au bas*<br>$Q_{Echange} < 0$ *si sortie d'eau bas* |

Dans les modélisations hydrologiques globales pluie-niveau piézométrique le niveau piézométrique est déduit de la hauteur d'eau dans le réservoir souterrain (G) par la relation :

$$NP = \frac{G}{SG} + NB$$

avec :

| | |
|---|---|
| NP | Niveau piézométrique |
| G | Hauteur d'eau dans le réservoir souterrain |
| SG | Coefficient d'emmagasinement global |
| NB | Niveau de base |

On donc ainsi différencier deux types d'écoulements :

- les écoulements rapides représentés par le ruissellement superficiel et la composante rapide des écoulements karstiques ;
- les écoulements lents représentant la composante lente de l'écoulement souterrain. C'est ce que nous assimilerons à la contribution des aquifères au débit des rivières.

Cette décomposition entre les écoulements lents et souterrains doit toutefois être considérée comme indicative car les modèles ne calent pas sur ces composantes qu'on ne sait pas mesurer de façon simple.

De plus ces termes « lent » et « rapide » doivent être relativisés en fonction notamment des valeurs des temps de demi-tarissement TG) et de demi-percolation (THG).

Les termes du bilan hydrologique peuvent être calculés à des pas de temps différents.

## 3.2. COLLECTE, CONTRÔLE ET MISE EN FORME DES DONNÉES

La phase de collecte et contrôle des données est essentielle pour assurer la validité des résultats des modélisations quelles qu'elles soient.

Cette phase comprend l'analyse du système hydrologique étudié, afin d'identifier ses conditions aux limites :

- échanges avec d'autres systèmes (prélèvement pour l'alimentation en eau potable, apports et/ou sorties souterraines, etc.) ;
- bassin d'alimentation de l'aquifère différent du bassin versant topographique (c'est notamment le cas en région karstique).

Cette phase d'étude a été réalisée d'après l'analyse des cartes géologiques et hydrogéologiques et la consultation des études régionales ou locales réalisées sur le secteur.

Cette phase contribue à définir les données à collecter : précipitations, évapotranspiration potentielle ou paramètres climatiques permettant de la calculer, débit mesuré (rivière ou source), débits prélevés (en rivière, sur les sources ou les aquifères), niveaux piézométriques, coefficients d'emmagasinement libre de l'aquifère, et tous autres renseignements susceptibles d'influencer la modélisation.

On cherchera à recueillir les données sur la période la plus longue possible, afin de disposer d'être aussi représentatif que possible des grandes fluctuations climatiques interannuelles et de permettre de disposer d'une période d'initialisation de longueur suffisante.

Le pas de temps de calage du modèle GARDENIA peut être journalier, pentadaire (5 jours), décadaire ou mensuel. Il est supérieur ou égal à celui des données de sortie. Le choix du pas de temps à retenir est fonction du problème posé, des données disponibles et du coût d'achat et de traitement des données. Il est bien évident que pour traiter de la contribution des aquifères aux débits de crue des rivières il est préférable d'utiliser un pas de temps fin (journalier ou pentadaire). Dans la présente étude, nous avons utilisé les pas de temps pentadaire.

Une analyse critique des données de base a été effectuée de façon à identifier des lacunes d'observations et des erreurs grossières ou systématiques de données. Dans la mesure du possible, une analyse de l'homogénéité des séries pluviométriques a été effectuée par la méthode des doubles cumuls. Des corrections ont été effectuées lorsque cela s'est avéré nécessaire.

Les données de base ont été acquises auprès des organismes suivants :

- climathèque Météo-France pour les données climatologiques ;
- banque Hydro du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable pour les données hydrométriques de la station DIREN de Saint-Dizier La Noue sur La Marne ;
- l'IIBRBS pour les données hydrométriques de la station de Saint-Dizier La Noue sur la Marne et celle de Saint-Dizier l'Abbaye sur le canal d'amenée ;
- les données sur les débits d'échange naturels (sources de Cousange-les-Forges et de La Lonne) ou anthropiques (canal de la Marne à la Saône et canal latéral, canal d'amenée au lac-réservoir Marne et prise d'eau industrielle) ont été acquises d'après l'analyse des études existantes, et auprès des organismes qui prélèvent de l'eau (IIBRBS, VNF et la société Saint-Gobain pour l'usine de Bayard-sur-Marne).

En première approximation, nous avons considéré les débits d'échange par les canaux négligeables.

Nous avons vu au paragraphe 2.3.3 la reconstitution des débits naturels de la Marne à la station de Saint-Dizier La Noue à partir des données DIREN et de celles de l'IIBRBS.

## 3.3. CONCEPTION DU MODÈLE

La figure 28 représente le bassin versant de la Marne à la station Saint-Dizier La Noue. La superficie retenue pour le bassin versant topographique a été calculée par le SIG à partir du MNT de l'IGN. Elle est de 2 374 km².

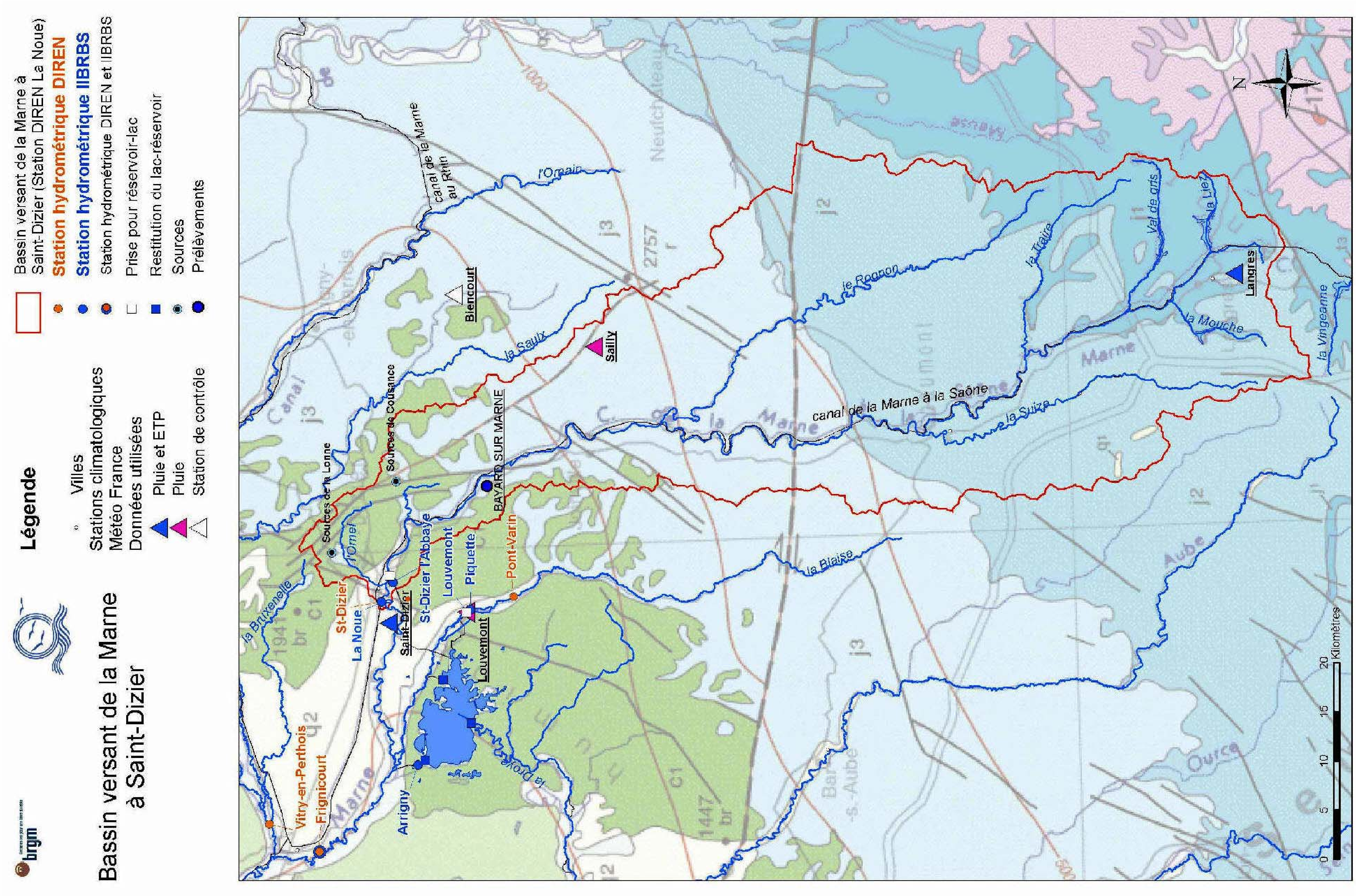



*Figure 28 - Localisation du bassin versant de la Marne à la station de Saint-Dizier.*

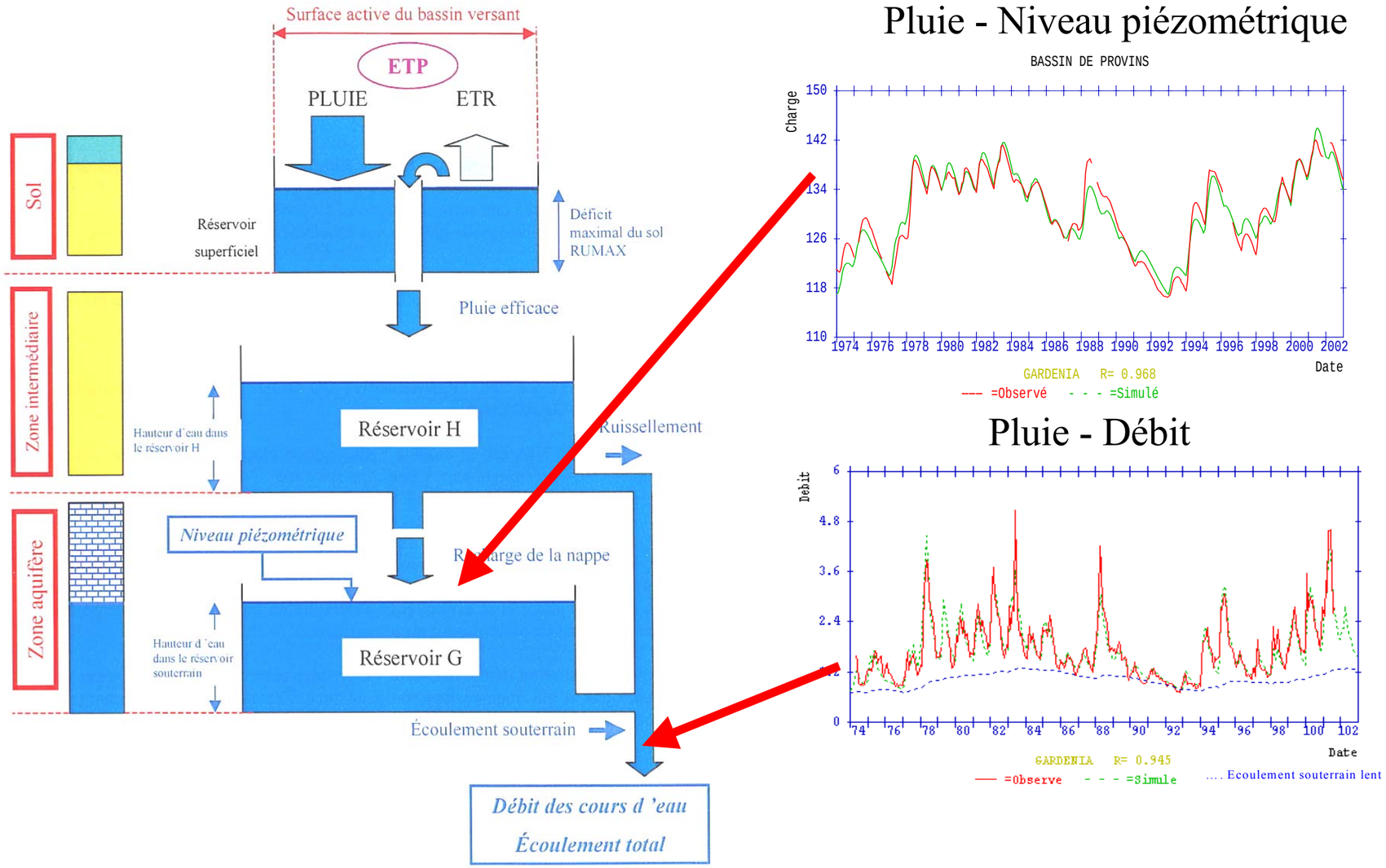



*Figure 29 - Principe du modèle hydrologique global GARDENIA pluie-débit et/ou pluie-niveau piézométrique.*

Pour la modélisation, nous avons pris en compte les données suivantes :

- lame d'eau précipitée = demi-somme des pluies aux postes de Saint-Dizier et Sailly. Nous avons affecté cette valeur d'un coefficient multiplicateur de +2,1 % qui est le ratio entre la pluviométrie moyenne sur le bassin versant déduite de la carte des isohyètes moyennes interannuelles 1971-2000 de Météo France et la pluviométrie moyenne calculée sur la même période en faisant la demi somme des pluies aux postes de Saint-Dizier et Sailly ;
- lame d'eau d'évapotranspiration potentielle = évapotranspiration potentielle Penman de la station de Saint-Dizier affectée d'un coefficient multiplicateur ;
- débit naturel reconstitué et complété de la Marne à Saint-Dizier d'après les données DIREN complétées par celles de l'IIBRBS pour les périodes de lacunes et pour la reconstitution des débits naturels depuis la mise en service du lac - réservoir Marne fin 1973.
- **débit d'échange identifiés avec les systèmes adjacents évalué à -0,21 $m^3/s$**.

  C'est la somme algébrique :

  · des **apports** venant des sources de l'aquifère des Calcaires du Barrois (Cousance-les-Forges 0,24 $m^3/s$ et La Lonne 0,05 $m^3/s$) dont les bassins d'alimentation sont situés dans le sous-bassin de la Saulx,

  · et des **prélèvements** provenant des fuites du canal latéral vers la Saône 0,25 $m^3/s$ et vers la Marne aval 0,25 $m^3/s$).

Faute de données temporelles, le débit global d'échange a été pris constant dans le temps.

Le **pas de temps** retenu pour l'ensemble des données est **pentadaire (5 jours)**.

La **période d'initialisation** retenue est de **10 années de 1955 à 1964**.

La **période de calage** est de **40 ans de 1965 à la 6$^e$ pentade de février 2005**.

## 3.4. CALAGE DU MODÈLE

La Figure 30 représente le calage du modèle GARDENIA sur la période de1965 à la 6$^e$ pentade de février 2005. On constate une bonne adéquation entre les valeurs observées et simulées. Le Tableau 14 ci-après récapitule les paramètres de calage du modèle.

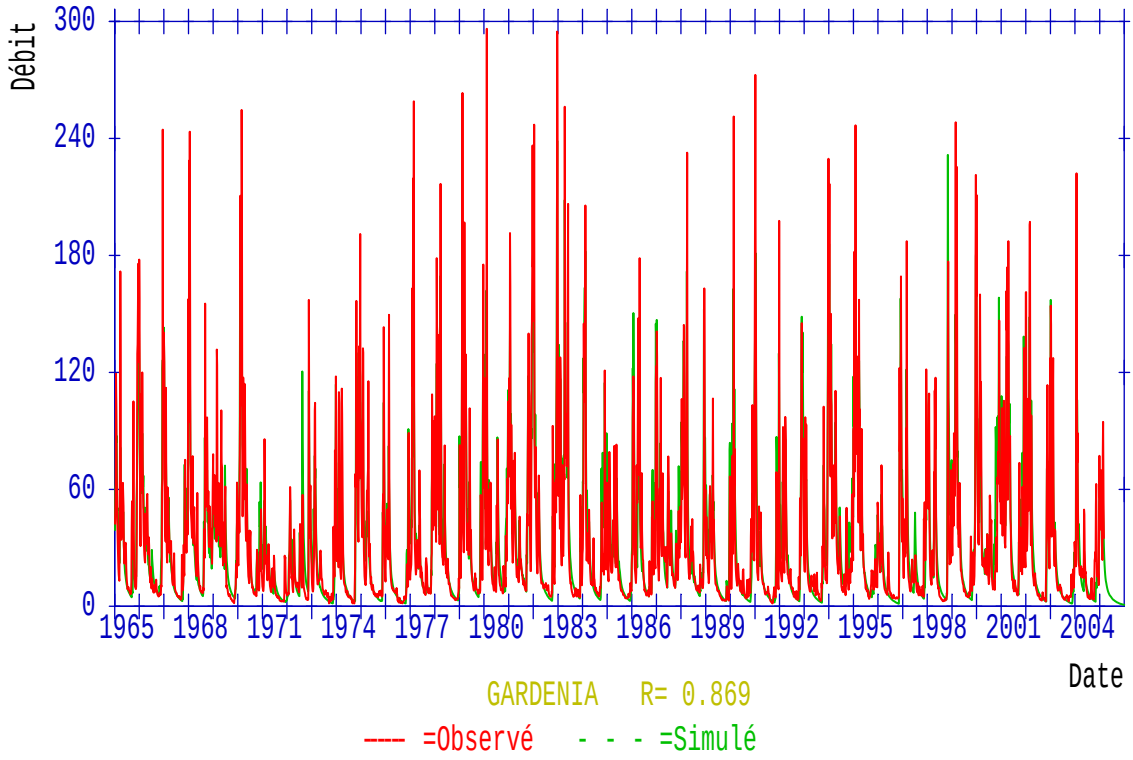



*Figure 30 - Calage du modèle hydrologique global GARDENIA pluie-débit naturel de la Marne à Saint-Dizier (amont de la prise d'eau du lac-réservoir ) - période 1/1965 à 2/2005.*

| BV km² | Débit d'échange $m^3/s$ | Coef. PLUIE % | Coef. ETP % | RUMAX mm | RUIPER mm | THG mois | TG mois | Coef. Pondération | Coef. Ajustement |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2367 | -0.26 | 2.1 | -23 | 96.2 | 13.3 | 4.11 | 2.15 | 1 | 0.869 |

| Minimum $m^3/s$ | | Maximum m3/s | | Moyenne $m^3/s$ | | Ecart type $m^3/s$ | | Nombre d'Observations |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Observé | Simulé | Observé | Simulé | Observé | Simulé | Observé | Simulé | |
| 1.53 | 1.38 | 296.2 | 238.8 | 34.16 | 34.82 | 41.1 | 38.68 | 2892 |

Le débit d'échange a été pris égale à -0,21 $m^3/s$ au lieu de 0,26 car les apports de La Lonne n'étaient pas attribués à ce bassin versant.

*Tableau 14 - Paramètres de calage du modèle GARDENIA pluie-débit naturel de la Marne à Saint-Dizier (amont de la prise d'eau du lac-réservoir) - période 1/1965 à 2/2005 Marne.*

## 3.5. EXPLOITATION DU MODÈLE : PRÉVISION EN TEMPS RÉEL DES DÉBITS AU 1er MARS 2005

### 3.5.1. Principe de la prévision des débits

Une fois calé, le modèle GARDENIA peut être utilisé en simulation pour faire des extensions de données ou des simulations de scénarios.

La version 6.5 de GARDENIA offre la possibilité d'émission de prévisions. Il est ainsi possible de prolonger une série de débits ou de niveaux piézométriques observés jusqu'à une certaine date (durée de la prévision ou portée), à partir de scénarios de précipitations prévisionnels pour les semaines ou mois futurs (sècheresse, périodes de hautes eaux, etc.).

*NB : Compte tenu de la faible variabilité inter-annuelle de l'évapotranspiration potentielle (8,4 % pour ETP Penman à Saint-Dizier), GARDENIA 6.5 n'utilise pas de fichier d'ETP de prévision. Le modèle utilise, pour chaque pas de temps, la moyenne des ETP observés pour ce pas au cours de toutes les années de données de la période de simulation.*

Les précipitations n'étant bien entendu pas connues après la date d'émission de la prévision, il est nécessaire de faire des hypothèses sur les précipitations futures. Deux méthodes peuvent être utilisées pour disposer d'une longue série de pluies au pas de temps du modèle de prévision :

- la première consiste à utiliser un générateur aléatoire de pluies calé sur les caractéristiques d'une série de pluies observées ;
- la seconde consiste à utiliser directement une longue série homogène de pluies observées. Cette série doit être suffisamment longue pour être représentative des grandes fluctuations interannuelles (n = 30 à 50 ans). C'est cette dernière méthode que nous avons retenue dans le cadre de cette étude. Nous disposons d'une série pluviométrique de 50 ans aux postes de Sailly et Saint-Dizier (1955 à 2005) suffisamment longue pour les besoins de ce type de prévision.

On suppose qu'à partir de la date $t_0$ d'émission de la prévision (par exemple le 1er mars 2005), les précipitations sur la durée de la prévision ($\Delta t$ par exemple 8 mois de mai à décembre 2005) ont une égale probabilité d'être les précipitations des mois de la période de prévision (soit de mai à décembre 2005).

À partir des états du modèle (niveaux de ses réservoirs), GARDENIA réalise une simulation pour chacun des n scénarios de précipitation disponibles (soit 50 scénarios dans notre exemple correspondant aux 50 années de précipitations) et génère, au pas de temps du modèle (pentadaire dans notre cas), 50 séries de débits prévisionnels sur la période de prévision.

Pour un date donnée (au pas de temps du modèle) de la période de prévision, on dispose donc de n réalisations de débits prévisionnels. GARDENIA calcule le débit de probabilité de non dépassement P % en classant tout simplement (il ne s'agit pas d'un

véritable ajustement fréquentiel) les n réalisation et en calculant le quantile P %. Ce calcul est fait séparément pour chaque pas de temps [soit dans notre exemple 8 (mois) $\times$ 6 (nombre de pas pentadaire par mois) = 48 pas de temps].

Ainsi, pour chaque date donnée de la période de prévision, on dispose des débits correspondants aux valeurs fréquentielles caractéristiques suivantes :

- 90 %, le débit a, en moyenne, 9 chances sur 10 d'être inférieur ou égal (ou a contrario il y a une chance sur 10 qu'il soit supérieur) ;
- 80 %, le débit a, en moyenne, 8 chances sur 10 d'être inférieur ou égal ;
- 50 %, le débit a, en moyenne, 5 chances sur 10 d'être inférieur ou égal ;
- 20 %, le débit a, en moyenne, 2 chances sur 10 d'être inférieur ou égal ;
- 10 %, le débit a, en moyenne, 1 chance sur 10 d'être inférieur ou égal.

Le débit le plus faible, en l'absence totale de recharge, ou débit minimum garanti (indiqué « Prev garanti » sur les figures).

*NB : Cette prédétermination est d'autant plus représentative des grandes fluctuations inter-annuelles que le nombre de scénarios climatiques simulés est grand, en l'occurrence ici le nombre d'années de la série des pluies utilisée pour la prévision et inclut donc des situations climatiques extrêmes.*

Les résultats de cette prévision sont généralement représentés sous la forme d'un graphique de prévision (ou prédétermination) donnant, à partir de la date d'émission de la prévision, les débits prévisionnels d'après leur probabilité d'occurrence (ou leur période de retour en années sèches ou humides) sur l'ensemble de la portée de la prévision.

*NB : Il convient de noter que la courbe joignant les points d'une même probabilité d'occurrence P % (ou période de retour) ne signifie pas qu'il s'agit d'une année de période de retour P %, sauf pour la valeur médiane. En effet, les débits de même occurrences sur la période de prévision sont indépendants de l'évolution saisonnière des débits correspondant à la probabilité d'occurrence donnée. Ces valeurs fréquentielles ne sont valables que pour chaque pas de temps pris séparément. Seule la courbe de probabilité d'occurrence 50 % (ou période de retour 2 ans correspondant à la médiane) peut être considérée comme représentative de l'évolution saisonnière des débits d'une année médiane.*

Ce graphique permet, tout au long de la portée de la prévision, d'estimer en terme fréquentiel le débit correspondant à une probabilité d'occurrence donnée. Il permet ainsi d'apprécier, en terme probabiliste, les débits susceptibles de survenir pendant la période de prévision et de les situer, notamment par rapport aux débits réglementaires (par exemple les seuils de vigilance et d'alerte fixés par les arrêtés sécheresse).

- **Correction des écarts en début de simulation**

Pour calculer les débits à partir d'une certaine date, il faut en simulation comme en prévision, démarrer les calculs largement avant cette date pour permettre l'initialisation des réservoirs du modèle.

Si le calage est satisfaisant, le modèle permet généralement de reproduire correctement le fonctionnement d'un bassin versant à partir des précipitations et de l'évapotranspiration potentielle. Cependant, on observe à certaines périodes des écarts de simulation qui peuvent être dus à différentes raisons. Le coefficient d'ajustement du modèle est fonction de cet écart entre les débits observés et simulés.

De tels écarts en nombre limité ne posent pas de problèmes, cependant ils sont plus gênants s'ils se produisent au moment de la prévision. Pour émettre une prévision fiable et utilisable, il est nécessaire de minimiser au mieux l'écart de simulation initial. Dans GARDENIA 6.5, les écarts de simulation sont réduits par une procédure adaptative qui permet de corriger très légèrement les niveaux des réservoirs du modèle de façon à se rapprocher de manière optimale des débits observés.

*NB : Pour minimiser au mieux les écarts de simulation à la date d'émission t0 de la prévision, il faut disposer des chroniques de données climatologiques et de débits aussi fiables que possible jusqu'à cette date.*

### 3.5.2. Prévision des débits au 1er mars 2005

La prévision des débits a été faite à partir de la situation à la fin de la 6ème pentade de février (soit le 01/03/2005) pour une durée 7 mois allant d'avril à septembre 2005 (Tableau 15 et Figure 31). Cette prévision a été présentée lors de la réunion du CO.TE.CO du 11 mars 2005 (cf. Notes BRGM/EAU n° 11 et 15/05).

Ces valeurs sont un bon index des débits que l'on pourra dériver pour alimenter le lac-réservoir. Il convient toutefois de nuancer ces appréciations car, pour un même débit mensuel, les débits dérivés peuvent être différents en fonction de la forme de l'hydrogramme des débits journaliers et des contraintes réglementaires.

Pour la prévision établie au 1er mars 2005, le Tableau 15 donne, pour différentes occurrences, les débits prévisionnels à fin juin et à fin septembre 2005.

| Signification | Fréquence au non dépassement en % | Débit en $m^3/s$ à fin | |
|---|---|---|---|
| | | juin-05 | sept-05 |
| **Débit minimum garanti en l'absence totale de pluie** | | **4.52** | **1.91** |
| Débit qui a en moyenne 10% chances d'être inférieur ou égal | 10 | 4.52 | 2.50 |
| Débit qui a en moyenne 20% chances d'être inférieur ou égal | 20 | 5.51 | 2.50 |
| Débit qui a en moyenne 50% chances d'être inférieur ou égal | 50 | 9.13 | 4.15 |
| Débit qui a en moyenne 80% chances d'être inférieur ou égal | 80 | 16.90 | 9.48 |
| Débit qui a en moyenne 90% chances d'être inférieur ou égal | 90 | 20.8 | 20.5 |

*Tableau 15 - Valeurs des débits prévus en juin et septembre 2005 pour différentes occurrences.*

La valeur médiane de cette prévision est :

- à fin juin 2005 soit 9,13 $m^3/s$ comprise entre les débits mensuels médian et de période de retour sèche 5 ans ;
- à fin septembre 2005 soit 4,15 $m^3/s$ entre les débits mensuels de période de retour sèche 5 et 10 ans.

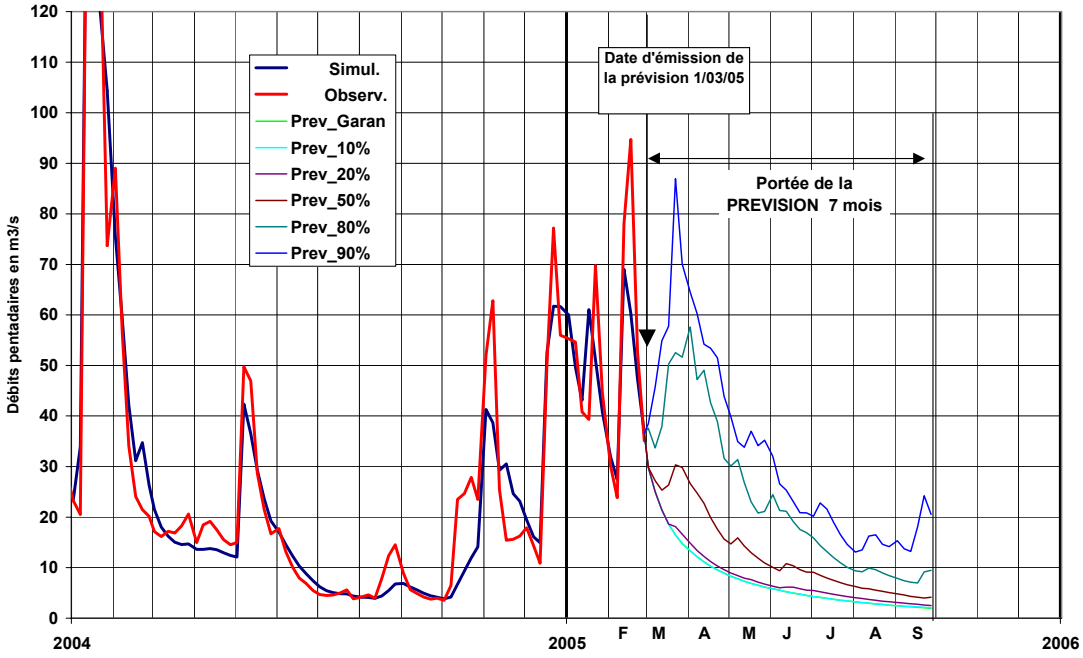



*Figure 31 - Prévision des apports de la Marne à Saint-Dizier (amont de la prise d'eau du lac-réservoir Marne) élaborée avec le logiciel GARDENIA - détail 2004-2005.*

## 3.6. NOUVEAU CALAGE ET EXPLOITATION DU MODÈLE : PRÉVISION EN TEMPS RÉEL DES DÉBITS AU 1er MAI 2005

Suite à la visite sur le terrain des 19 et 20 avril 2005, aux contacts pris avec la DIREN Champagne-Ardenne (le 23 mai 2005) et à l'actualisation des données jusqu'au 1er mai 2005, nous avons procédé à un nouveau calage. Puis nous avons effectué une prévision en temps réel à compter du 1er mai sur une durée de 8 mois (de mai à décembre 2005).

### 3.6.1. Nouveau calage du modèle sur la période allant de janvier 1965 à avril 2005

La Figure 32 représente le nouveau calage du modèle GARDENIA pluie-débit naturel de la Marne à Saint-Dizier sur la période allant de janvier 1965 à avril 2005. Ce calage a été obtenu en utilisant le schéma d'écoulement GR4 de GARDENIA au lieu du schéma classique.

*NB1 : En mars 2005 le schéma GR4 était disponible pour le calage mais pas pour effectuer la prévision des débits c'est pourquoi il n'avait alors pas été retenu.*

*NB2 : Les débits d'échange avec l'extérieur ont été pris égaux à - 0,21 $m^3/s$ au lieu de -0,26 $m^3/s$, car les apports des sources de La Lonne n'étaient pas attribués à ce sous-bassin versant.*

Ce schéma GR4 comporte quatre nouveaux paramètres de calage dont la signification est indiquée ci-dessous :

| | | |
|---|---|---|
| NIVH | mm | Capacité du réservoir d'eau gravitaire |
| THUN | jour | Temps de décroissance de l'hydrogramme |
| EXCHD | mois | Echange externe vers le réservoir gravitaire |
| CRUIS | % | Coefficient de ruissellement |

Dans notre cas, l'utilisation de ce schéma permet d'obtenir une bien meilleure adéquation entre les débits simulés et observés. On améliore ainsi significativement le coefficient d'ajustement qui passe ainsi de 0,869 à 0,927. Le Tableau 16 récapitule les nouveaux paramètres de calage du modèle.

| BV km² | Débit d'échange $m^3/s$ | Coef. PLUIE % | Coef. ETP % | RUMAX mm | NIVH mm | THUN jour | EXCHD Mois | CRUIS % | Coef. Ajustement | Coef. Pondération |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2374 | -0.21 | 3,64 | -15.8 | 188.2 | 102.9 | 6.88 | 0 | 12,81 | 0,927 | 1 |

| Minimum $m^3/s$ | | Maximum m3/s | | Moyenne $m^3/s$ | | Ecart type $m^3/s$ | | Nombre |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Observé | Simulé | Observé | Simulé | Observé | Simulé | Observé | Simulé | d'Observations |
| 1.53 | 1.24 | 296.25 | 295.99 | 34.14 | 33.52 | 41.02 | 38.61 | 2904 |

*Tableau 16 - Paramètres de calage du modèle GARDENIA pluie-débit naturel de la Marne à Saint-Dizier (amont de la prise d'eau du lac-réservoir) - période 1/1965 à 4/2005.*

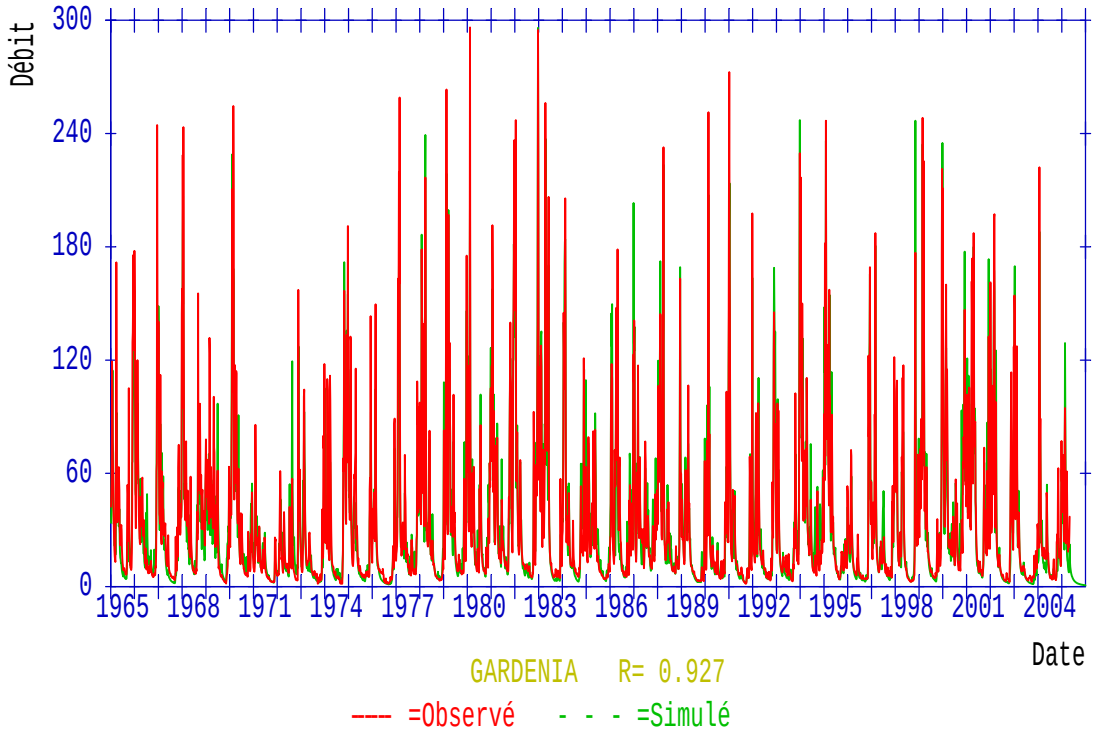



*Figure 32 - Calage du modèle hydrologique global GARDENIA pluie-débit naturel de la Marne à Saint-Dizier (amont de la prise d'eau du lac-réservoir) - période 1/1965 à 4/2005.*

### 3.6.2. Exploitation du modèle : prévision en temps réel des débits au 1er mai 2005

Avec ces nouveaux paramètres de calage, une prévision des débits a été faite à partir de la situation à la fin de la 6e pentade d'avril 2005 (soit le 27 avril) pour une durée de 8 mois allant de mai à décembre 2005 (Figure 33). Cette prévision a été présentée lors de la réunion du CO.TE.CO du 20 mai 2005 (cf. Note BRGM/EAU n° 46/05).

Ces valeurs sont un bon index des débits prévisionnels que l'on pourra dériver pour alimenter le lac-réservoir. Il convient toutefois de nuancer ces appréciations car, pour un même débit mensuel, les débits dérivés peuvent être différents en fonction de la forme de l'hydrogramme des débits journaliers et des contraintes réglementaires.

En étiage, les rivières sont principalement alimentées par le drainage des aquifères. La prévision établie à partir du 27/04/2005, tient donc compte implicitement de l'état de remplissage des aquifères contributeurs aux débits de la rivière et des scénarios prévisionnels de pluie utilisés pour les simulations. Le Tableau 17 donne les débits prévus à la fin des mois de juin, septembre et décembre 2005 pour différentes occurrences. Nous avons indiqué en parallèle la période de retour correspondante afin de situer ces prévisions par rapport à la longue série de débits disponible.

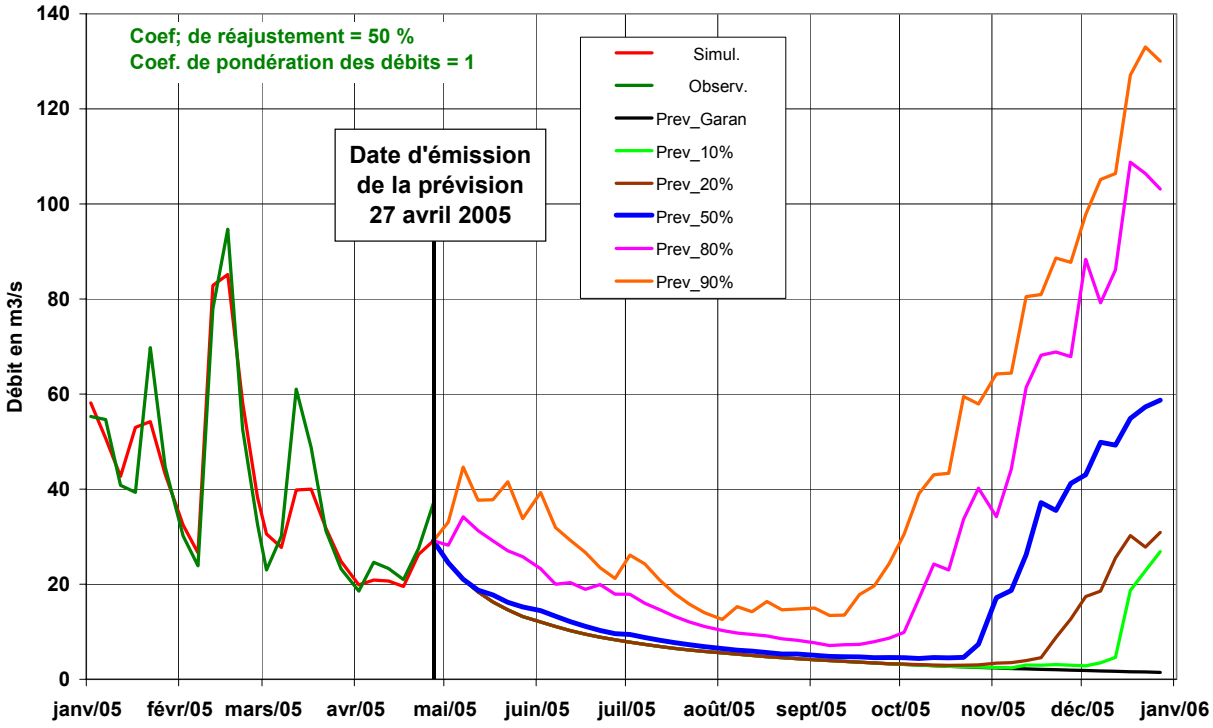



*Figure 33 - Prévision émise à compter du 1er mai des apports de la Marne à Saint-Dizier (amont de la prise d'eau du lac-réservoir).*

| Signification | Fréquence au non dépassement en % | Débit en m³/s à la fin du mois de | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | juin 2005 | | sept 2005 | | déc 2005 | |
| | | Débit en m3/s | Période de retour en années | Débit en m3/s | Période de retour en années | Débit en m3/s | Période de retour en années |
| **Débit minimum garanti en l'absence totale de pluie** | | **4.29** | **25.63** | **1.51** | **12.51** | **0.79** | **3372.01** |
| Débit qui a en moyenne 10% chances d'être inférieur ou égal | 10 | 5.55 | 13.55 | 2.55 | 6.52 | 17.51 | 8.14 |
| Débit qui a en moyenne 20% chances d'être inférieur ou égal | 20 | 6.25 | 10.25 | 3.57 | 4.40 | 21.69 | 5.76 |
| Débit qui a en moyenne 50% chances d'être inférieur ou égal | 50 | 8.65 | 5.07 | 6.25 | 2.45 | 53.84 | 2.31 H |
| Débit qui a en moyenne 80% chances d'être inférieur ou égal | 80 | 17.59 | 2.58 H | 14.38 | 4.24 H | 88.74 | 5.70 H |
| Débit qui a en moyenne 90% chances d'être inférieur ou égal | 90 | 21.5 | 3.76 H | 27.1 | 20.36 H | 143.6 | 28.42 H |

H Année humide

*Tableau 17 - Valeurs des débits prévus à la fin des mois de juin, septembre et décembre 2005 pour différentes occurrences.*

# 4. Modèle hydrologique global GARDENIA pluie-débit naturel de la Blaise à la station de Pont-Varin

Cette modélisation hydrologique globale des débits de La Blaise, à la station de Pont Varin, a pour objectif de permettre l'élaboration d'un modèle de prévision des débits d'étiage de cette rivière à l'amont de la prise du canal d'amenée au lac-réservoir Marne. La prise en Blaise avec en moyenne 1,47 $m^3/s$ représente 13,5 % des apports au lac-réservoir Marne.

## 4.1. CONCEPTION DU MODÈLE

Le bassin versant topographique de la Blaise à pont Varin est de 465 km² (Figure 34). Il est situé :

- en amont sur du Kimméridgien essentiellement marneux jusqu'à Cirey-sur-Blaise ;
- dans sa partie centrale jusqu'à Courcelles-sur-Blaise sur du Tithonien, calcaire aquifère et fortement karstifié. Dans ce secteur, des pertes apparentes significatives ont été identifiées par des observations, des jaugeages différentiels et des traçages (cf. Bouton, 1981). Ces derniers ont montré des connexions avec notamment les sources du Moulin à Sommevoire, de la Dhuys à Soulaines-Dhuys, du Lavoir à Beurville et Vernonvilliers, du Moulin à Trannes situées vers l'ouest ;
- dans sa partie aval par les terrains plutôt imperméable du Crétacé inférieur.

Ce bassin présente donc une importante sortie d'eau souterraine vers le bassin adjacent de l'Aube situé à l'ouest. Fin octobre 1975, des jaugeages des sources en liaison avec les pertes de la Blaise donnaient un débit global de 1,95 $m^3/s$, dont 0,89 $m^3/s$ pour la seule Source de la Dhuys à Soulaines-Dhuys. Le débit de cette dernière source est contrôlé par la station hydrométrique DIREN située sur la rivière La Laine à Soulaines-Dhuys. La part du débit de ces sources qui provient des pertes du bassin versant de la Blaise n'est pas facile à évaluer.

La Laine à Soulaines-Dhuys, principalement alimentée par Source de la Dhuys, constitue le principal exutoire de l'aquifère karstique du Tithonien. Son bassin versant topographique de 21,4 km² est situé essentiellement dans la couverture de terrains du Crétacé inférieur majoritairement imperméables. Son débit moyen annuel sur la période 1985-1986 à 1999-2000 est de 1,02 $m^3/s$ correspondant à un débit spécifique de 47,7 l/s/km².

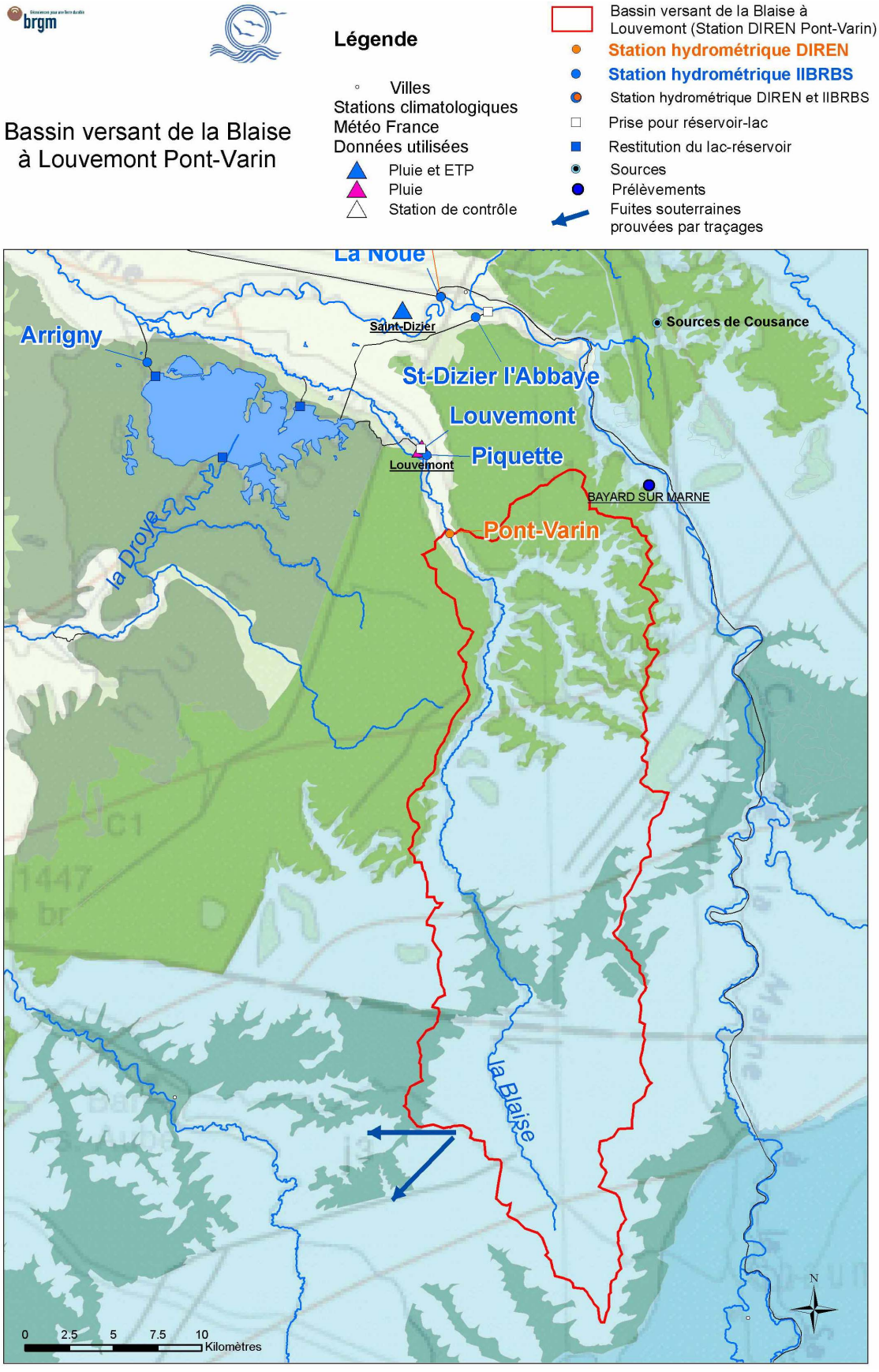



*Figure 34 - Bassin versant de la Blaise à la station DIREN de Pont Varin.*

Pour la même période, le débit moyen annuel de la Blaise à la station IIBRBS de Louvemont était de 5,43 $m^3/s$ correspondant à un débit spécifique annuel moyen de 11,1 l/s/km².

Le bassin versant de la rivière les Noues d'Amance à la station D.24 (42,5 km²) jouxte à l'ouest celui de la Laine. Pour la même période que la Laine, son débit annuel moyen est de 0,24 $m^3/s$ correspondant à un débit spécifique annuel moyen de 5,63 l/s/km². Le bassin versant est situé au sud dans les formations essentiellement argileuses du Barrémien inférieur et supérieur, au centre par les formations argileuses de l'Aptien inférieur recouvertes par les sables aquifères de l'Aptien supérieur qui disparaissent au nord sous la couverture argileuse de l'Albien. On peut, en première approximation, considérer que le débit spécifique de cette station est représentatif globalement des terrains du bassin versant topographique de la Laine à Soulaines-Dhuys.

Le pourcentage du débit de la Laine à Soulaines-Dhuys provenant de l'extérieur du bassin versant topographique peut être ainsi évalué en faisant la différence entre le débit total mesuré et le débit que l'on aurait avec le débit spécifique des Noues d'Amance à la D24 appliqués à l'ensemble de son bassin versant topographique. On trouve ainsi un débit d'apport extérieur de 0,90 $m^3/s$ (1,02 - 5,63 $\times$ 21,4), soit 88 % du débit total. Ce pourcentage appliqué au débit total des sources connectées aux pertes de la Blaise donne un débit de 1,71 $m^3/s$ (1,95 $\times$ 88 %). Sachant que le débit à fin octobre 1975 (soit 0,89 $m^3/s$) est dans un rapport de 1,16 avec le module annuel moyen de la Laine sur la période 1975-1976 à 2003-2004 (soit 1,04 $m^3/s$), on peut estimer que le débit de fuite moyen interannuel du bassin de la Blaise est de l'ordre de 1,98 $m^3/s$. Cette estimation est évidemment très approximative.

**Nous retiendrons de cette analyse que le débit de fuite souterrain du bassin de la Blaise vers celui de l'Aube peut être évalué entre 1 et 2 $m^3/s$.**

## 4.2. LES DONNÉES UTILISÉES

### 4.2.1. Données hydrométriques

Nous avons vu au paragraphe 2.3.3 que le débit de la Blaise en amont de sa prise pour le lac-réservoir Marne peut être évalué avec une bonne précision à partir des données de la station DIREN de Pont Varin complétées le cas échéant par les données de la station IIBRBS de Louvemont.

### 4.2.2. Données climatologiques

La **série pluviométrique** de longue durée sans lacune d'observation la plus proche du bassin versant étudiée est celle du poste Météo France de **Louvemont**. Ce poste présente une série sans lacune d'observation depuis janvier 1965. L'IIBRBS dispose également depuis le 01/11/1987 des données pluviométriques de ce poste mais celles-ci ne correspondent pas exactement à celles fournies par la Climathèque

Météo France. Ces dernières font en effet l'objet de correction et de validation avant leur chargement dans la Climathèque Météo France. Il existe donc entre les données de Météo France et celles de l'IIBRBS de légères différences de pluies journalières notamment en ce qui concerne la mention de « traces » pour l'IIBRBS.

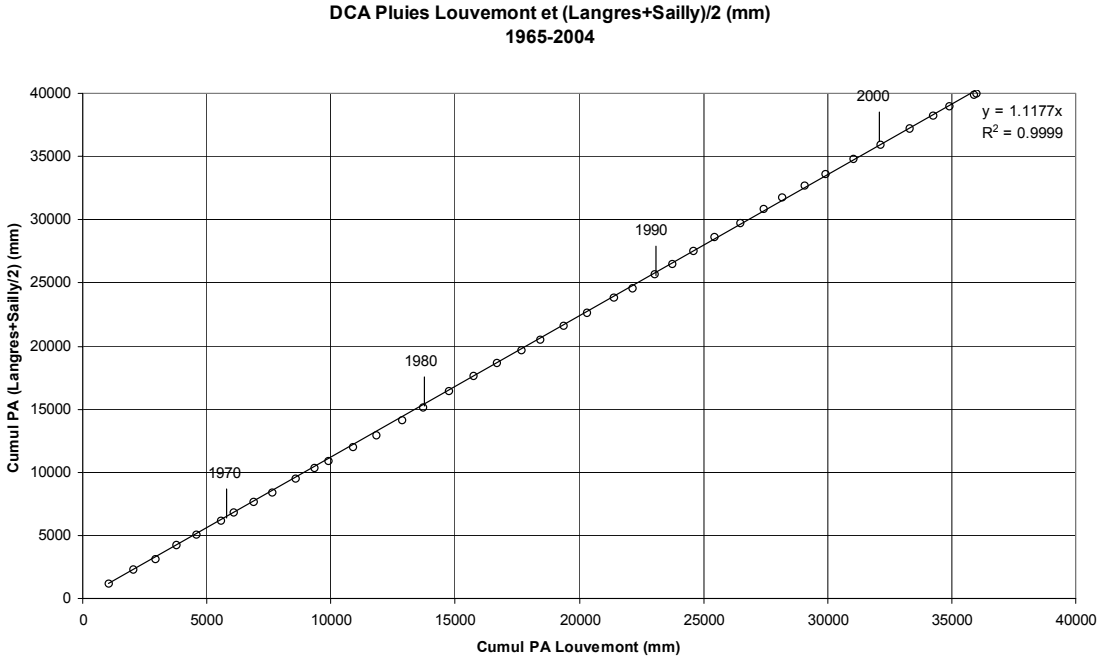



*Figure 35 - Double cumuls annuels des pluies à Louvemont et des pluies (Langres+Sailly)/2 sur la période 1965-2004. Source des données Climathèque Météo France.*

Un contrôle, par double cumul des pluies annuelles (Figure 35) entre les séries de Louvemont et celle de (Langres+Sailly)/2, montre qu'elles sont homogènes entre elles sur la période 1965-2004.

D'après la carte des isohyètes moyennes interannuelles (1971-2000), la lame d'eau précipitée moyenne interannuelle sur le bassin versant de la Blaise à la station Pont Varin est de **973 mm**. Sur la même période 1971-2000, la pluie moyenne annuelle au poste de Louvemont est de **896 mm**. En première approximation, la pluie à Louvemont doit être multipliée par un facteur correcteur de **1,086** pour obtenir la pluie moyenne sur le bassin de la Blaise.

Nous avons utilisé les données **d'évapotranspiration potentielle calculée par la formule de Penman de la station de Saint-Dizier** affectées d'un facteur correctif inférieur à 1 à cause d'une température moindre sur le bassin versant de la Blaise en raison de son altitude plus élevée que celle de Saint-Dizier.

## 4.3. CALAGE DU MODÈLE

Comme pour la modélisation de la Marne à Saint-Dizier, nous avons retenu :

- le pas de temps pentadaire ;
- une période d'initialisation de 26 ans (1965-1990) ;
- une période de calage de 15 ans (1990-avril 2005) ;
- un coefficient de pondération des débits de 2 donnant plus de poids aux faibles débits.

Les valeurs des coefficients correcteurs de la pluie, de l'évapotranspiration potentielle et ses débits d'échange ont été laissés à l'optimisation dans des bornes plausibles. Le débit d'échange ainsi optimisé est de 1,27 $m^3/s$ cohérent avec nos estimations.

La Figure 36 représente le calage du modèle GARDENIA avec le schéma hydraulique classique sur la période de 1965 à la 6$^e$ pentade d'avril 2005. Le Tableau 18 récapitule les paramètres de calage de ce modèle.

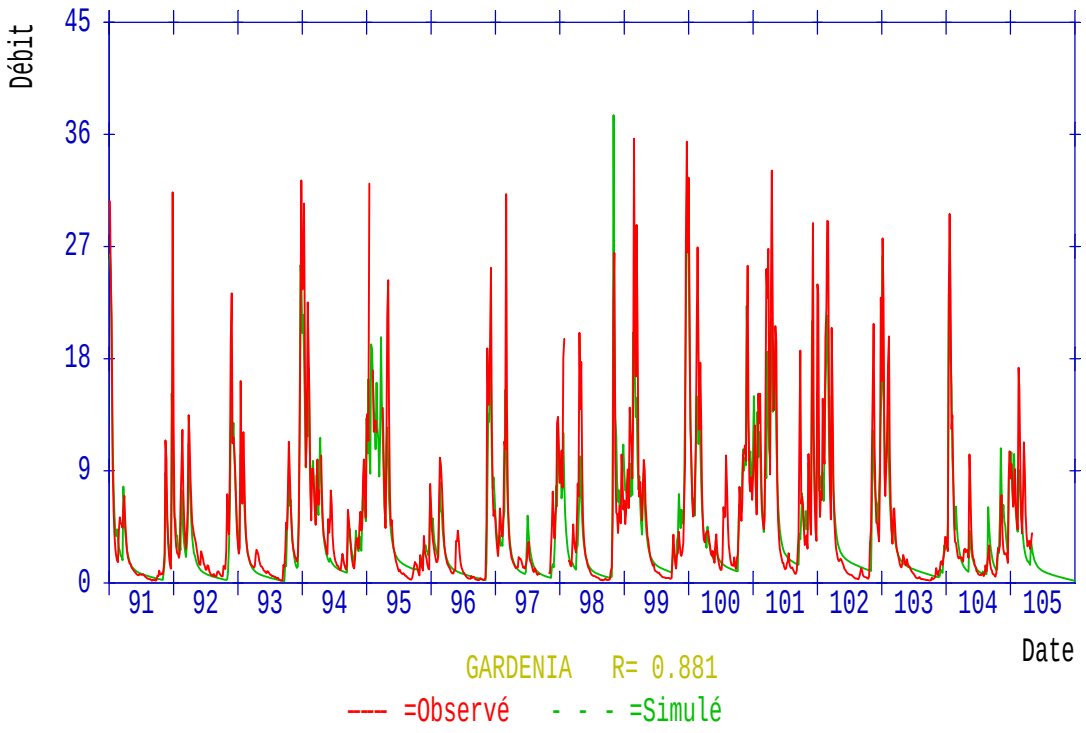



*Figure 36 - Calage du modèle hydrologique global GARDENIA pluie-débit de la Blaise à la station de Pont Varin - période 1/1965-4/2005.*

| BV km² | Débit d'échange $m^3/s$ | Coef. PLUIE % | Coef. ETP % | RUMAX mm | RUIPER mm | THG mois | TG mois | Coef. Pondération | Coef. Ajustement |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 465 | -1.27 | -3.01 | -23.6 | 81.59 | 31.47 | 1.52 | 9.976 | 2 | 0.881 |

| Minimum $m^3/s$ | | Maximum m3/s | | Moyenne $m^3/s$ | | Ecart type $m^3/s$ | | Nombre |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Observé | Simulé | Observé | Simulé | Observé | Simulé | Observé | Simulé | d'Observations |
| 0.18 | 0.14 | 35.7 | 37.6 | 5.08 | 4.39 | 6.35 | 4.98 | 1008 |

*Tableau 18 - Paramètres de calage sur la période 1/1990-4/2005 du modèle hydrologique global GARDENIA pluie-débit de la Blaise à la station de Pont Varin.*

## 4.4. EXPLOITATION DU MODÈLE : PRÉVISION EN TEMPS RÉEL DES DÉBITS AU 1er MAI 2005

Avec le modèle GARDENIA ainsi calé, nous avons effectué une prévision des débits à compter du 27 avril 2004 (fin de la 6e pentade d'avril) pour une durée de 8 mois (mai à décembre 2005). Pour effectuer cette prévision, le logiciel GARDENIA simule, à compter de la date d'émission de la prévision, l'impact des scénarios pluviométriques de 39 années observées (1965-2004) et établit, pour chaque pas de temps, des statistiques à partir des débits simulés obtenus. Les écarts de simulation ont été réduits par la procédure adaptative de GARDENIA 6.5, de façon à se rapprocher d'une manière optimale des débits observées : la valeur retenue pour ce coefficient de réajustement est de 0,56. La Figure 37 représente les résultats de cette prévision qui a été présentée lors de la réunion du CO.TE.CO du 20 mai 2005 (cf. Note BRGM/EAU n° 46/05).

Ces valeurs sont un bon index des débits prévisionnels que l'on pourra dériver pour alimenter le lac-réservoir. Il convient toutefois de nuancer ces appréciations car, pour un même débit mensuel, les débits dérivés peuvent être différents en fonction de la forme de l'hydrogramme des débits journaliers et des contraintes réglementaires.

Cette prévision établie à fin avril 2005 tient compte implicitement de l'état de remplissage des aquifères contributeurs aux débits de la rivière et des scénarios prévisionnels de pluie utilisés pour les simulations. Le Tableau 19 donne les débits prévus à la fin des mois de juin, septembre et décembre 2005 pour différentes occurrences.

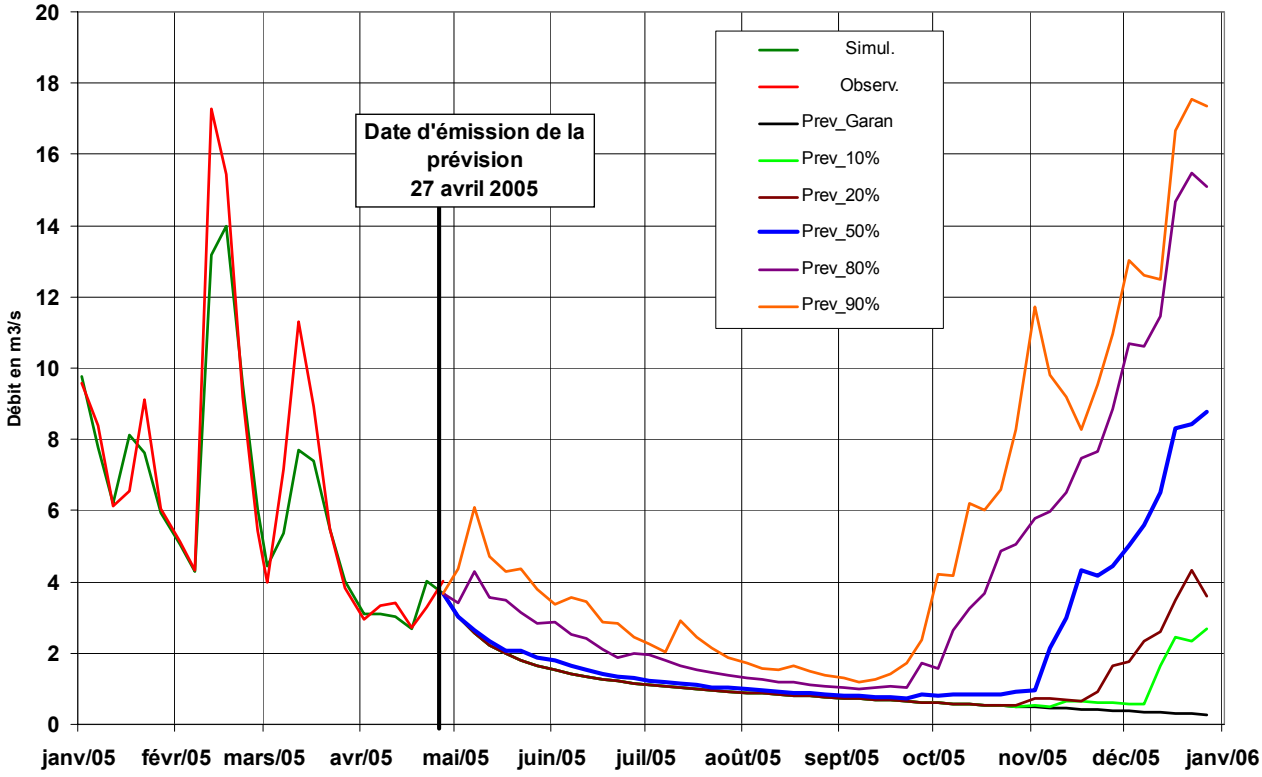



*Figure 37 - Prévision à partir du 27 avril 2005 des débits de la Blaise à Pont Varin élaborées avec le logiciel GARDENIA.*

| Signification | Fréquence au non dépassement en % | Débit en $m^3/s$ à la fin du mois de | | |
|---|---|---|---|---|
| | | juin 2005 | sept 2005 | déc 2005 |
| | | Débit en m3/s | Débit en m3/s | Débit en m3/s |
| **Débit minimum garanti en l'absence totale de pluie** | | **1.15** | **0.63** | **0.28** |
| Débit qui a en moyenne 10% chances d'être inférieur ou égal | 10 | 1.15 | 0.63 | 2.69 |
| Débit qui a en moyenne 20% chances d'être inférieur ou égal | 20 | 1.15 | 0.63 | 3.59 |
| Débit qui a en moyenne 50% chances d'être inférieur ou égal | 50 | 1.30 | 0.83 | 8.78 |
| Débit qui a en moyenne 80% chances d'être inférieur ou égal | 80 | 2.00 | 1.73 | 15.1 |
| Débit qui a en moyenne 90% chances d'être inférieur ou égal | 90 | 2.44 | 2.38 | 17.4 |

*Tableau 19 - Valeurs des débits prévus en juin, septembre et décembre 2005 pour différentes occurrences.*

# 5. Analyse fréquentielle des débits mensuels naturels de la Marne à Saint-Dizier

## 5.1. LES DONNÉES HYDROMÉTRIQUES

Pour cette analyse fréquentielle, nous avons utilisé la série des 56 années de débits mensuels naturels reconstitués de La Marne à Saint-Dizier allant de 1949 à 2004 (cf. paragraphe 2.3.3 et Annexe 1).

## 5.2. L'AJUSTEMENT FRÉQUENTIEL

Les débits mensuels ont été ajustés avec le logiciel pour l'analyse statistique en hydrologie HYFRAN (version 1.1 d'octobre 2002). Plusieurs lois statistiques (normale, log-normal, gamma, etc.) ont été ajustées à l'échantillon. Globalement, pour l'ensemble des séries de débits mensuels, la meilleure adéquation a été obtenue avec la loi gamma par la méthode du maximum de vraisemblance. La Figure 38 représente l'exemple de l'ajustement fréquentiel à une loi gamma des débits mensuels de février : on y trouve les points expérimentaux, la courbe d'ajustement fréquentiel et les bornes de l'intervalle de confiance au seuil de 95 %.

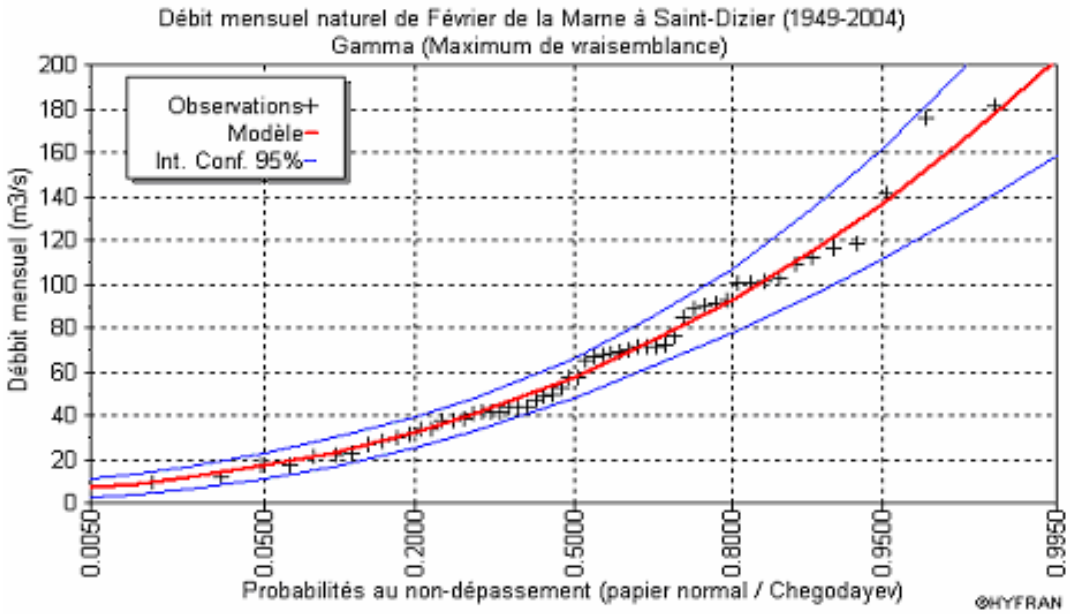



*Figure 38 - Ajustement fréquentiel des débits mensuels du mois de février de La Marne à Saint-Dizier à une loi Gamma.*

La Figure 39 donne les courbes des débits naturels mensuels de la Marne à Saint-Dizier d'après leur période de retour (en années sèches et humides). Les valeurs fréquentielles des débits naturels mensuels de la Marne à Saint-Dizier pour différentes périodes de retour sont données dans le Tableau 20. On notera que la courbe joignant les points d'une même période de retour sont indépendants de l'évolution saisonnière des débits correspondant à la période de retour considérée. En effet, ces valeurs fréquentielles ne sont valables que pour chaque mois pris séparément. La courbe de période de retour 2 ans (médiane) peut être considérée comme représentative de l'évolution saisonnière des débits d'une année médiane. Les distributions fréquentielles des débits étant à asymétrie positive, la médiane est inférieure à la moyenne. Cette figure a été établie en année hydrologique commençant par septembre.

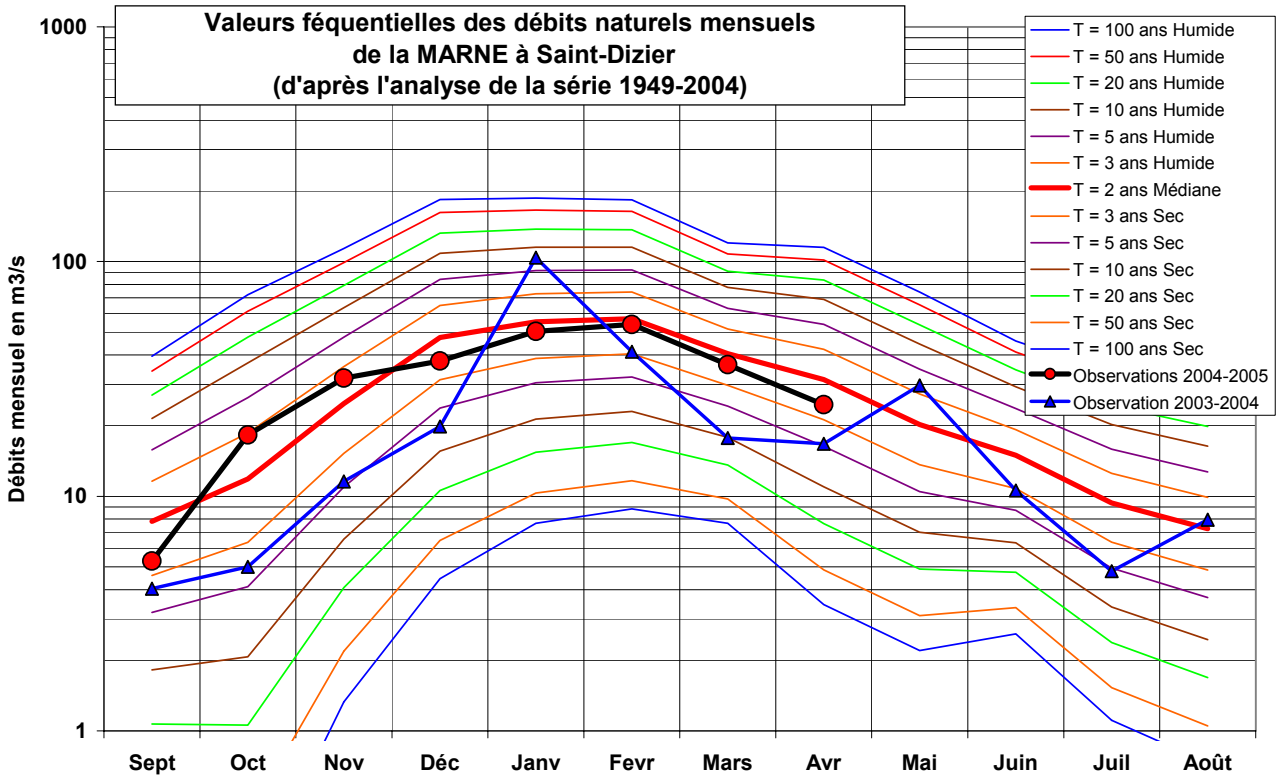



*Figure 39 - Valeurs fréquentielles des débits naturels mensuels de la Marne à Saint-Dizier.*

| Fréquence au non dépassement | 0.99 | 0.98 | 0.95 | 0.9 | 0.8 | 0.667 | 0.5 | 0.333 | 0.2 | 0.1 | 0.05 | 0.02 | 0.01 | LOI ajustée |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Période de retour en années | 100 | 50 | 20 | 10 | 5 | 3 | 2 | 3 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | |
| | Années Humides | | | | | | | Années Sèches | | | | | | |
| Septembre | 39.5 | 34.1 | 27.0 | 21.4 | 15.8 | 11.6 | **7.82** | 4.60 | 3.20 | 1.82 | 1.07 | 0.52 | 0.29 | GA |
| Octobre | 72.2 | 61.4 | 47.7 | 37.0 | 26.3 | 18.6 | **11.8** | 6.36 | 4.12 | 2.07 | 1.06 | 0.43 | 0.19 | GA |
| Novembre | 113.7 | 98.91 | 79.0 | 63.56 | 47.6 | 35.68 | **24.8** | 15.2 | 10.94 | 6.57 | 4.08 | 2.19 | 1.33 | GA |
| Décembre | 183.9 | 161.9 | 132 | 109 | 83.94 | 65.11 | **47.6** | 31.4 | 23.77 | 15.58 | 10.58 | 6.48 | 4.45 | GA |
| Janvier | 186.2 | 165.7 | 138 | 115 | 91.48 | 72.97 | **55.4** | 38.66 | 30.47 | 21.3 | 15.42 | 10.32 | 7.67 | GA |
| Février | 183.3 | 163.6 | 137 | 115 | 92.2 | 74.19 | **57.0** | 40.45 | 32.26 | 23.0 | 17.0 | 11.64 | 8.83 | GA |
| Mars | 120 | 107.8 | 91.0 | 77.6 | 63.11 | 51.62 | **40.6** | 29.67 | 24.19 | 17.8 | 13.59 | 9.75 | 7.67 | GA |
| Avril | 114.9 | 101.6 | 83.4 | 69.09 | 53.98 | 42.33 | **31.4** | 21.19 | 16.31 | 11.0 | 7.65 | 4.86 | 3.45 | GA |
| Mai | 74.14 | 65.52 | 53.8 | 44.53 | 34.77 | 27.25 | **20.2** | 13.61 | 10.47 | 7.03 | 4.90 | 3.10 | 2.20 | GA |
| Juin | 45.88 | 41.1 | 34.5 | 29.29 | 23.66 | 19.21 | **14.9** | 10.79 | 8.71 | 6.33 | 4.75 | 3.35 | 2.59 | GA |
| Juillet | 33.34 | 29.52 | 24.3 | 20.22 | 15.87 | 12.52 | **9.35** | 6.38 | 4.94 | 3.37 | 2.38 | 1.53 | 1.11 | GA |
| Août | 27.46 | 24.21 | 19.81 | 16.34 | 12.69 | 9.89 | **7.27** | 4.85 | 3.70 | 2.45 | 1.69 | 1.05 | 0.73 | GA |

*Tableau 20 - Valeurs fréquentielles des débits naturels mensuels de la Marne à Saint-Dizier (d'après l'analyse de la série 1949-2004).*

### 5.2.1. Situation fréquentielle des débits de septembre 2004 à avril 2005

La situation fréquentielle des débits mensuels de septembre 2004 à avril 2005 présente depuis décembre 2004 une période de retour systématiquement sèche comprise entre 2,14 et 2,69 années (Tableau 21). Sur la Figure 39, nous avons également reporté les chroniques de débits mensuels pour les années 2003-2004 et le début de celle 2004-2005 (jusqu'à avril). On voit que depuis septembre les débits mensuels de la Marne sont compris entre la médiane (période de retour 2 ans) et la période de retour 3 ans (en années humides). On note une légère tendance à l'augmentation de cette période de retour sèche qui passe de 2,14 années en février à 2,69 années en avril. La situation en avril 2005 (24,6 $m^3$/s correspondant à une période de retour sèche de 2,69 années) est meilleure que celle en avril 2004 (16,7 $m^3$/s correspondant à une période de retour sèche de 4,8 années).

Dans le Tableau 21, la période de retour correspondant à un débit mensuel donné est calculée automatiquement sur une feuille de calcul Excel dans laquelle on a rentré les paramètres de calage des ajustements fréquentiels.

| Date | Débit mensuel $m^3/s$ | Paramètres d'ajustement d'HYFRAN | | Probabilité de non dépassement | Période de retour années | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Alpha | Lambda | | années | type |
| **sept 2004** | **5.30** | 0.138371 | 1.398804 | 0.34716 | **2.88** | **Année SECHE** |
| **oct 2004** | **18.3** | 0.066994 | 1.102881 | 0.66624 | **3.00** | **Année HUMIDE** |
| **nov 2004** | **31.9** | 0.051636 | 1.599978 | 0.61846 | **2.62** | **Année HUMIDE** |
| **déc 2004** | **37.7** | 0.036854 | 2.075427 | 0.38163 | **2.62** | **Année SECHE** |
| **janv 2005** | **50.4** | 0.041875 | 2.645602 | 0.44288 | **2.26** | **Année SECHE** |
| **févr 2005** | **53.9** | 0.044669 | 2.872553 | 0.46462 | **2.15** | **Année SECHE** |
| **mars 2005** | **36.4** | 0.075436 | 3.386203 | 0.42562 | **2.35** | **Année SECHE** |
| **avr 2005** | **24.6** | 0.062166 | 2.276034 | 0.36876 | **2.71** | **Année SECHE** |
| **mai 2005** | | 0.096063 | 2.264175 | | | |
| **juin 2005** | | 0.188464 | 3.143135 | | | |
| **juil 2005** | | 0.219977 | 2.381564 | | | |
| **août 2005** | | 0.252451 | 2.159674 | | | |
| **sept 2005** | | 0.138371 | 1.398804 | | | |
| **oct 2005** | | 0.066994 | 1.102881 | | | |
| **nov 2005** | | 0.051636 | 1.599978 | | | |
| **déc 2005** | | 0.036854 | 2.075427 | | | |

*Tableau 21 - Période de retour des débits mensuels naturels reconstitués de la Marne à Saint-Dizier La Noue pour l'année 2004-2005.*

# 6. Modèle hydrologique global spatialisé EROS pluie-débit du bassin de la Marne jusqu'à la station de Gournay

## 6.1. PRINCIPE DU MODÈLE EROS ET ÉTAPES DE LA MODÉLISATION

### 6.1.1. Principe général

Le code de calcul EROS (Ensemble de Rivières Organisées en Sous-bassins) est un modèle hydrologique global pluie-débit spatialisé dédié à la simulation de grands bassins. Il permet la modélisation des débits de bassins versants hétérogènes (différences de pluviométrie et d'ETP, d'occupation du sol, de taux de ruissellement, de débits d'échanges, etc.) par une grappe de modèles hydrologiques globaux emboîtés modélisant chacun un sous-bassin versant.

Le code de calcul qui fonctionne au pas de temps journalier, pentadaire (5 jours), décadaire ou mensuel met en œuvre dans chaque sous-bassin un schéma hydrologique GARDENIA (Roche et Thiéry, 1984 ; Thiéry, 1988, 2003 et 2004) ou GR4 du CEMAGREF (Edijatno et Michel, 1989) qui réalise une séparation non linéaire entre ruissellement et infiltration. Les transferts d'eau d'un réservoir à l'autre sont régis par des lois simples, qui sont particulières à chaque réservoir ; ces lois sont contrôlées par les paramètres des modèles (réserve utile, temps de transferts, seuils de débordement, coefficient de ruissellement, etc.).

Ces paramètres peuvent être déduits *a priori* des caractéristiques physiographiques ponctuelles du bassin versant (géologie, hydrogéologie, couvert végétal, etc.), mais doivent être évalués par ajustement (calage) sur une série d'observations. Le calage (ou calibration) consiste à ajuster les paramètres du modèle de telle sorte qu'ils permettent de calculer des débits aussi proches que possible des débits observés. Le calage est effectué automatiquement par une procédure d'optimisation non linéaire dérivée de la méthode de Rosenbrock qui maximise la somme des coefficients de détermination entre les débits calculés et observés en chaque point d'observation.

Chaque bassin élémentaire peut avoir des paramètres et des séries climatiques (pluie et évapotranspiration) qui lui sont propres et il est possible d'attribuer à chacun des prélèvements ou des apports existants ou prévus en rivière ou en nappe. Ainsi, ce modèle permet de prendre en compte l'hétérogénéité du bassin versant en terme climatique (Pluie et ETP), de fonctionnement hydraulique (répartition entre le ruissellement superficiel et l'infiltration, contribution des aquifères aux débits des rivières) et de débits d'échange (débits de fuite souterrain et/ou de prélèvements ou apports naturels ou anthropiques).

Les temps de transfert amont-aval sont considérés dans la version actuelle d'EROS comme instantanés.

L’approche se fait d’amont en aval, de façon à ce que chaque bassin amont n’alimente qu’un seul bassin aval par interconnexion des sous-ensembles et est alimenté par au maximum deux bassins amonts.

De plus, il permet de tenir compte l'impact d’aménagements tels que des barrages, des retenues, des dérivations, etc.

Ce modèle est à mi-chemin entre un modèle global et un modèle maillé qui autorise la modélisation d’un système complexe par exemple à l’échelle régionale. Le code de calcul EROS permet d'une part de modéliser des bassins versants hétérogènes et d'autre part de prévoir l'influence d'aménagements hydrauliques (barrages, dérivations, prélèvements, etc.). Une fois calé, le modèle EROS peut être utilisé en simulation :

- pour une extension de données ;
- pour une simulation de scénario ;
- et, comme pour la version 6.5 de GARDENIA, pour l'émission de prévision. Il est ainsi possible de prolonger une série de débits observés jusqu'à une certaine date à partir de scénarios de précipitations prévisionnels pour les semaines ou mois futurs notamment en étiage.

Comme pour le modèle global GARDENIA, le calage peut être automatique et le nombre de paramètres par bassin élémentaire est relativement faible, ce qui lui confère une certaine simplicité et robustesse. Il offre la possibilité d’égaler des paramètres de deux (voire plus) bassins élémentaires, ce qui permet de réduire le nombre total de paramètres : une astuce bien utile lorsque le nombre d’unités élémentaires du bassin versant complet à simuler est élevé.

La Figure 40 montre l'organisation des fichiers nécessaires à une modélisation EROS tant pour le calage que pour la prévision des débits :

- fichiers d'entrée : commande, données d'entrée et paramètres de calage ;
- fichiers et graphiques de sortie : paramètres ajustés et données calculées.

Les données d'entrée doivent être sans lacunes d'observation.

Les données de sortie peuvent comporter des lacunes d'observation.

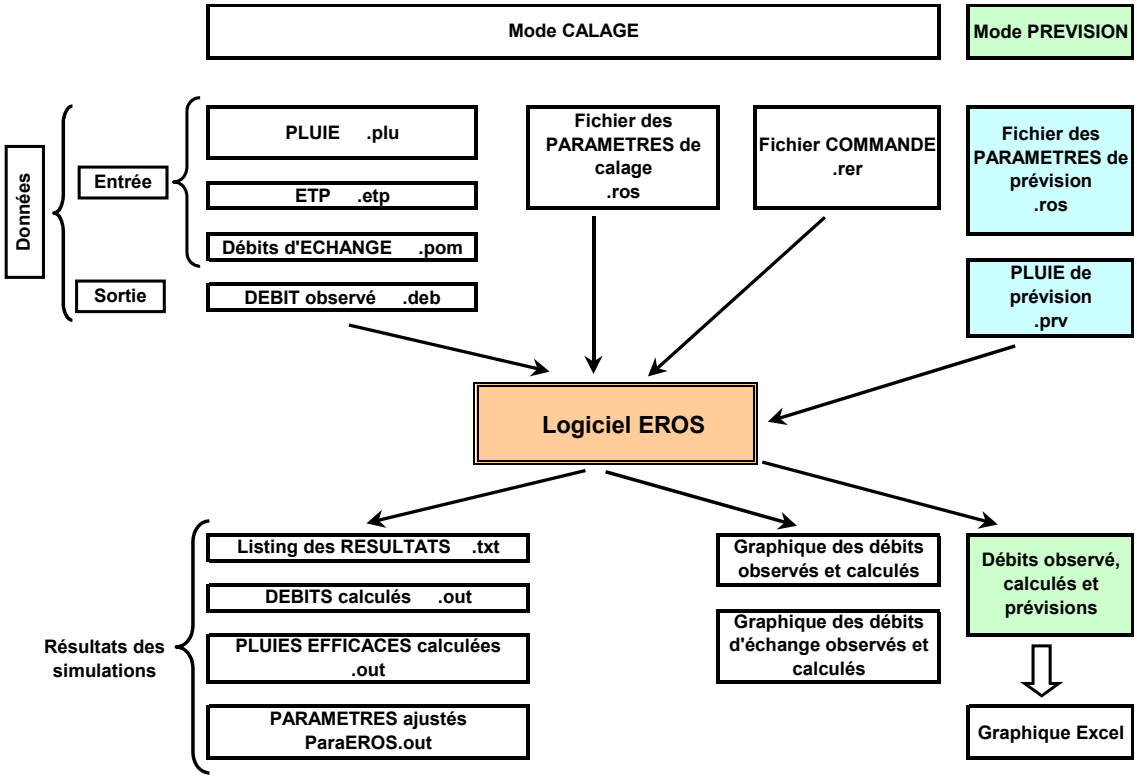



*Figure 40 - Organisation des fichiers pour le calage et la prévision avec le modèle hydrologique global spatialisé EROS du BRGM.*

### 6.1.2. Les étapes de la modélisation

- La première étape consiste à **découper le bassin versant en un certain nombre de bassins élémentaires homogènes** qui seront associés par une relation d'arborescence. Chacun possède un numéro d'ordre et pour chacun on définit le nombre de bassins situés en amont :
  - 0 : bassin sans affluent ;
  - 1 : un bassin amont ;
  - 2 : deux bassins affluents.

  Le débit calculé à l'exutoire (point d'observation, d'édition ou point intermédiaire) des bassins élémentaires amont arrive, sans délai de temps de transfert, directement dans le bassin élémentaire aval.

- **Identification des échanges** de chaque bassin avec l'extérieur. Les échanges peuvent être des prélèvements (signe négatif) ou des apports (signe positif). C'est la somme arithmétique par bassin élémentaire qui est prise en compte. Il est donc possible de simuler des aménagements qui introduisent des modifications de débits

comme par exemple des prélèvements en rivière pour l'alimentation en eau portable et/ou l'alimentation d'un lac-réservoir ou de canaux.

*NB : Les prélèvements en rivière sont retranchés au niveau du point exutoire et ceux en nappe interviennent au niveau du réservoir souterrain. Dans les deux cas, jusqu'au seuil de disponibilité des débits.*

- **Bilan par bassin élémentaire.** Chaque bassin élémentaire est soumis à une lame d'eau de pluie et à une évapotranspiration potentielle et est représenté, dans le schéma classique, par trois réservoirs :
  - 1er réservoir = sol de capacité maximale de rétention en eau (RUMAX), soumis à l'évapotranspiration ;
  - 2e réservoir = zone dans laquelle s'effectue la répartition non linéaire entre un écoulement rapide (ruissellement) et une percolation (recharge) vers les aquifères ;
  - 3e réservoir = aquifère caractérisé par l'écoulement lent d'une vidange exponentielle.

Les modalités de fonctionnement du schéma hydraulique de type GR4 de GARDENIA sont précisées en Annexe 7.

Le débit total calculé à l'exutoire de chaque bassin élémentaire est égal à la somme algébrique :

- des débits correspondant à la somme des composantes rapides et lentes de l'écoulement à l'exutoire de ce bassin élémentaire auquel on ajoute algébriquement, le cas échéant les débits d'échange ;
- des débits totaux provenant des bassins élémentaires situés en amont.

- **Calage du modèle.** Pour chaque bassin, il faut indiquer pour les quelques paramètres qui décrivent le système s'ils sont connus ou inconnus (dans ce cas ils seront optimisés). Il est possible de considérer que deux paramètres inconnus doivent être identiques pour deux bassins élémentaires, ce qui permet de limiter le nombre total de paramètres à optimiser. Le calage est un ajustement des différents paramètres, afin de reproduire au mieux les débits observés.

  *NB : Comme pour GARDENIA, la procédure d'optimisation utilisée est non linéaire. Elle est basée sur la méthode de Rosenbrock. Le critère maximisé est la somme des coefficients de détermination. Ainsi un poids identique est attribué aux différents bassins élémentaires quelle que soit leur taille.*

### 6.1.3. Les paramètres de calage

Les paramètres de calage sont similaires à ceux du code de calcul GARDENIA. Par contre, le bornage des paramètres est unique pour l'ensemble des bassins élémentaires. Les paramètres peuvent être fixés, optimisés ou identiques dans un ou

plusieurs bassins élémentaires. Dans EROS, les débits considérés sont des débits influencés. Ainsi, les coefficients d'ajustement sont définis sur le même principe que dans GARDENIA, mais avec une comparaison des débits influencés observés et des débits simulés à partir des données climatiques, auxquels sont ajoutés les débits d'échange. Le tout est rapporté à une variance, cette fois des débits influencés.

Ainsi la moyenne des carrés des écarts est identique dans EROS et GARDENIA. Par contre, les deux variances (débits naturels et débits influencés) ne sont pas nécessairement les mêmes. Ainsi, si l'on considère un bassin élémentaire amont (par exemple celui de la Marne à Saint-Dizier), on obtiendra pour les mêmes paramètres de calage, des écarts identiques, donc une moyenne des carrés des écarts (MCE) identique, mais les coefficients d'ajustement qui en sont déduits seront différents avec EROS et GARDENIA.

Comme pour GARDENIA, il est possible d'introduire dans EROS une pondération des débits.

## 6.2. CONCEPTION DU MODÈLE

### 6.2.1. Identification des bassins élémentaires

Nous avons identifié, dans le bassin de la Marne, les sept bassins élémentaires (Figure 41) suivants contrôlés chacun à l'aval par l'une des stations hydrométriques DIREN suivantes :

- la Marne à Saint-Dizier La Noue ;
- la Blaise à Pont-Varin ;
- la Marne à Frignicourt ;
- la Saulx à Vitry-en-Perthois ;
- la Marne à Châlons-en-Champagne ;
- la Marne à La Ferté-sous-Jouarre ;
- la Marne à Gournay-sur-Marne/Noisiel.

Notons que dans cette arborescence le lac-réservoir Marne ne figure pas. Mais son fonctionnement hydraulique est pris en compte par le biais des débits dérivés et restitués aux différents sous-bassins modélisés (cf. Figure 26).

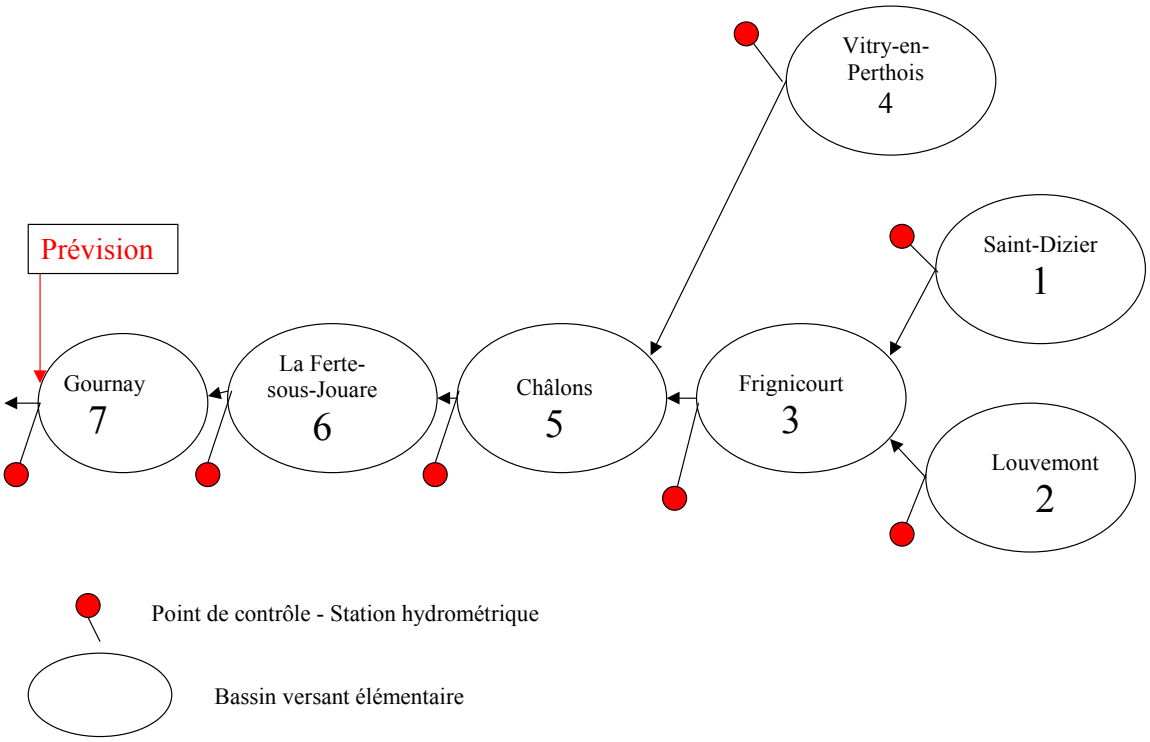



*Figure 41 - Schématisation de la grappe des sept sous-bassins versants élémentaires de la Marne.*

Nous considérons donc 7 bassins élémentaires qui correspondent à des « sous-bassins » ou des « portions de sous-bassins » du bassin versant de la Marne (Tableau 22).

| Station hydrométrique | N° du bassin élémentaire | Nom abrégé | Surface totale du bassin versant km² | Surface du bassin élémentaire km² | Bassin(s) élémentaire(s) amont(s) |
|---|---|---|---|---|---|
| Marne à Saint-Dizier La Noue | 1 | DIZ | 2374 | 2374 | aucun |
| Blaise à Pont Varin (Louvemont) | 2 | LOU | 465 | 465 | aucun |
| Marne à Frignicourt | 3 | FRI | 3326 | 487 | 1 et 2 |
| Saulx à Vitry-en-Perthois | 4 | VIT | 2102 | 2102 | aucun |
| Marne à Châlons-en-Champagne | 5 | CHA | 6300 | 872 | 3 et 4 |
| Marne à la Ferté-sous-Jouarre | 6 | FER | 8806 | 2506 | 5 |
| Marne à Gournay | 7 | GOU | 12660 | 3854 | 6 |

*Tableau 22 - Caractéristiques des bassins versants élémentaires du modèle EROS.*

Pour les sous-bassins amont, dans notre cas, ceux dits de la Marne à Saint-Dizier, de la Blaise à Pont-Varin (Louvemont) et de la Saulx à Vitry-en-Perthois, le bassin élémentaire correspond à un véritable sous-bassin versant topographique (aire d'alimentation des débits du cours d'eau au point de la station hydrométrique).

Par contre, pour les quatre autres bassins élémentaires, qui portent le nom de la station hydrométrique qui constitue la limite avale, le modèle prend en compte la portion propre au sous-bassin sans considérer les parties amont communes.

Ainsi pour ces bassins élémentaires, la surface à considérer est obtenue en soustrayant à la surface totale d'alimentation du sous-bassin versant topographique complet les surfaces des sous-bassins versants amont (Tableau 22).

Les prélèvements et apports au bassin versant de la Marne sont nombreux. Ils ont été recensés par bassin élémentaire afin de créer un fichier de prélèvements.

Il faut citer en particulier le rôle essentiel du lac réservoir du Der Chantecoq qui se situe en dehors du bassin versant de la Marne (bassin de l'Aube) et présente des débits d'échange importants :

- des prélèvements en Marne et en Blaise ;
- des restitutions en Marne, en Blaise et en Droye.

Les deux autres prélèvements majeurs en amont de Gournay-sur-Marne sont ceux du canal de l'Ourcq et de l'usine de production d'eau potable d'Annet-sur-Marne.

## 6.3. LES DONNÉES UTILISÉES

Compte tenu des données de base disponibles et de l'analyse des bassins versants élémentaires, nous avons défini pour chacun d'eux les données que nous avons utilisé pour la modélisation EROS (Tableau 25) :

- séries pluviométriques ;
- série d'évapotranspiration potentielle Penman ;
- débits d'échange avec les autres bassins (apports et prélèvements) et modalités d'estimation.

### 6.3.1. Données pluviométriques

Pour chaque bassin élémentaire, nous avons utilisé soit une seule série pluviométrique, soit une combinaison simple (moyenne arithmétique) de deux séries pluviométriques, de façon à être le plus représentatif possible de la pluviométrie moyenne sur la surface considérée.

Les données de départ étaient des pluies journalières mesurées au niveau de stations Météo France.

Dans un premier temps, une ou deux stations pluviométriques ont été sélectionnées. Dans le cas du choix de deux stations, la moyenne arithmétique des pluies a été calculée au pas de temps journalier. Puis la moyenne interannuelle D obtenue sur la période 1971-2000 a été comparée à la pluviométrie moyenne M pondérée par la surface du bassin élémentaire sur la même période calculée par SIG (Arcview 8.3) à

partir de la carte AURELHY de Météo France (Tableau 23). Ces coefficients indicatifs ont ensuite été optimisés lors du calage dans des plages de variations plausibles.

En première approximation, les rapports M/D ont permis de fixer dans le fichier paramètre sous EROS des coefficients correcteurs de pluie théoriques qui ont été respectivement appliqués à l'ensemble des pluviométries associées à un bassin élémentaire donné (dernière colonne du Tableau 23).

| Nom | Surface du bassin élémentaire (km²) | Stations pluviométriques | Moyenne M* 1971-2000 (mm) | Coeff correcteur des pluies (%) |
|---|---|---|---|---|
| **1 DIZ** | 2 367 | (Saint-Dizier + Sailly)/2 | 998 | + 2,1 |
| **2 LOU** | 480 | Louvemont | 973 | - 1,9 |
| **3 FRI** | 494 | Saint-Dizier | 825 | - 3,7 |
| **4 VIT** | 2 104 | Sailly | 1 013 | - 7,7 |
| **5 CHA** | 905 | (Reims + Chatillon)/2 | 712 | + 8,0 |
| **6 FER** | 2 468 | Chatillon | 758 | + 8,4 |
| **7 GOU** | 3 839 (3 782) | Melun | 752 | + 10,9 |

* moyenne interannuelle calculée d'après la carte AURELHY Météo France

*Tableau 23 - Pluviométries du modèle EROS.*

### 6.3.2. Données d'évapotranspiration potentielle

Pour l'évapotranspiration potentielle, une seule station météorologique a été affectée par bassin élémentaire en raison du petit nombre de stations calculant l'ETP Penman. Les données de base étaient des ETP Penman décadaires fournies dans la Climathèque de Météo France (Tableau 24).

| Nom | Surface du bassin élémentaire (km²) | Station Météo France | Moyenne interannuelle 1979-2003 (mm) |
|---|---|---|---|
| **1 DIZ** | 2 367 | Saint-Dizier | 760 |
| **2 LOU** | 480 | Saint-Dizier | 760 |
| **3 FRI** | 494 | Saint-Dizier | 760 |
| **4 VIT** | 2 104 | Saint-Dizier | 760 |
| **5 CHA** | 905 | Reims-Courcy | 719 |
| **6 FER** | 2 468 | Reims-Courcy | 719 |
| **7 GOU** | 3 839 (3 782) | Melun | 760 |

*Tableau 24 - Moyenne interannuelle 1979-2003 des évapotranspiration potentielles Penman du modèle EROS.*

Le passage au pas de temps pentadaire (5 jours) a été effectué à l'aide du logiciel SHALIMAR (Thiéry, 2004) en considérant la même valeur d'ETP pentadaire pendant les deux pentades d'une décade.

### 6.3.3. Débits des stations hydrométriques

Sept stations hydrométriques gérées par les DIREN Champagne-Ardenne et Ile-de-France et répertoriées dans la banque HYDRO ont été considérées.

Seule les débits de la station de Pont-Varin (Louvemont ) ne sont pas influencés car c'est la seule station qui se situe en amont des prises et restitutions du lac-réservoir Marne et aucun autre prélèvement significatif n'a été identifié dans la Blaise.

Les débits influencés (débits naturels auxquels sont soustraits les prélèvements du lac du Der Chantecoq) sont très variables. Pour la Marne, ils s'échelonnent entre 25 $m^3/s$ (moyenne interannuelle sur la période 1979-2003 en excluant l'année 2000 pour laquelle des valeurs sont manquantes pour 4 mois) en amont à Saint-Dizier et de 122 $m^3/s$ pour la station la plus en aval celle de Gournay-Noisiel.

### 6.3.4. Débits d'échange

Une fois identifiés, les échanges considérés comme significatifs ont été affectés à un bassin élémentaire. Dans le cas d'un transfert entre deux bassins élémentaires, l'échange a été appliqué avec une valeur négative dans le cas d'une perte et positive dans le cas d'un apport pour le sous-système pris en compte.

Pour chaque bassin élémentaire, un fichier d'échanges constitué de la somme arithmétique des apports (+) et des prélèvements (-) a été créé. Le Tableau 25 présente les différents termes.

| N° | Sous- bassin (Station hydrométrique Banque HYDRO) | Rivière | Surface km² sous-bassin / cumul | Débit moyen annuel $m^3/s$ période | Pluie | ETP Penman | Apports | Prélèvements | Formule d'éstimation du débit d'échange |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **Saint-Dizier** | **Marne** | **2374** | 85-03 **22,0** | (St-Dizier + Sailly) / 2 | St-Dizier | - **Sources de Cousance (est. 0,24 m3/s)** | - **Prise en Marne (IIBRBS, 85-03 10,4 $m^3/s$)**<br>- **Fuite canal vers la Saône (est. 0,25 $m^3/s$)**<br>- **Fuite canal vers l'aval (est. 0,25 $m^3/s$)**<br>- Industrie Bayard-sur-Marne (Saint Gobain, prise 0,14 $m^3/s$, consommé 0,01 à 0,02 $m^3/s$) | - **0,21** - **Chronique Prise en Marne (IIBRBS)** |
| 2 | **Louvemont** | **Blaise** | **465** | 85-03 **5,4** | Louvemont | St-Dizier | **Aucun significatif (0 $m^3/s$)** | - **Pertes karstiques (est. -1,27 $m^3/s$)** | - **1,27** |
| 3 | **Frignicourt** | **Marne** | **487 (3326)** | 74-98 **41,7** | St-Dizier | St-Dizier | - **Restitution en Marne (IIBRBS, 85-03 10,1 $m^3/s$)**<br>- **Restitution en Blaise (IIBRBS, 85-03 0,4 $m^3/ss$**<br>- **Apport amont du canal latéral (est. 0.25 $m^3/s$)**<br>- Source de la Lonne (est. 0,05 $m^3/s$) | - **Prise en Blaise (IIBRBS, 85-03 1,7 $m^3/s$)**<br>- **Fuite canal vers bief triple (est. 0,25 $m^3/s$)** | **Chronique Restitution en Marne + Chronique Restitution en Blaise - Chronique Prise en Blaise** |
| 4 | **Vitry-en-Perthois** | **Saulx** | **2102** | 79-99 **28,6** | Sailly | Saint-Dizier | **Aucun significatif (0 $m^3/s$)** | - **Perte karstiques du Barrois (est. 0,29 $m^3/s$)**<br>- **Fuite canal vers la Meuse (est. 0,25 $m^3/s$)**<br>- **Fuite canal vers Châlons (est. 0,25 $m^3/s$)**<br>- Nappe alluviale de Vitry (est. 0,1 à 0,15 $m^3/s$) | - **0,79**<br>Estimation. Nécessiterait probablement d'être modulé dans le temps. |
| 5 | **Châlons** | **Marne** | **873 (6300)** | 79-03 **79,9** | (Reims + Chatillon) / 2 | Reims-Courcy | - Nappe alluviale de Vitry (est. 0,1 à 0,15 $m^3/s$)<br>- **Apport amont du canal latéral (est. 0.25 $m^3/s$)** | - Prise en compte partielle des débits de la station hydrométrique de Châlons (Canal Louis XII et canal du Jard)<br>- **Fuite canal vers La Ferté (est. 0,25 $m^3/s$)** | **0**<br>(**probablement très surestimé et devrait être modulé dans le temps** : non prise en compte débit du canal Louis XII et de la prise pour la dérivation de Condé et le canal latéral) |
| 6 | **La-Ferté-sous -Jouare** | **Marne** | **2505 (8806)** | 96-03 **89,1** | Chatillon | Reims-Courcy | - **Apport venant de la Vesle (VNF, 0.3 $m^3/s$ de décembre à avril, 0 les autres mois)**<br>- **Apport amont par Canal latéral (est. 0,25 $m^3/s$)**<br>- Apport par Canal Saint-Martin (Débit inconnu ?) | - **Fuite du canal vers l'Aisne (VNF, 0,9 $m^3/s$ de mai à nov., 0 les autres mois)**<br>- **Prise AEP Acqueduc de la Dhuys (SAGEP, 0,23 à 0,29 $m^3/s$)** | - **0,85 $m^3/s$ de mai à nov.**<br>**+ 0,35 $m^3/s$ de déc. à avril**<br>(**Probablement très sous-estimé** par la non prise en compte de l'apport du canal Saint-Martin, de plus **à moduler dans le temps**) |
| 7 | **Gournay** | **Marne** | **3854 (12660)** | 74-03 **115** | Melun | Melun | **Aucun significatif (0 $m^3/s$)** | - **Canal de l'Ourcq (Ville de Paris, 78-03 3,93 $m^3/s$)**<br>- **Prise AEP Annet (CGE, 89-03 1,09 $m^3/s$)**<br>- **AEP Meaux + irrigation + industriels (est. 0,2 $m^3/s$)**<br>- Prise centrale thermique de Vaires (EDF, dérivé 2 à 14 $m^3/s$, consommé 0,1% ?)<br>- **Canal de Chelles (VNF, est. 0,23 $m^3/s$)** | - **Chronique Prise Canal de l'Ourcq** - **Prise AEP Annet** - **0,43** |
| pm | **Confluence avec la Seine** | | | | | | | - Prise AEP de Neuilly (CGE, 79-03 4,20 m3/s)<br>- Prise AEP de Joinville (SAGEP, 79-03 1,39 m3/s) | |

*Tableau 25 - Éléments du bilan des sous-bassins du modèle global spatialisé EROS.*

### 6.3.5. Les fichiers d'entrée

Pour fonctionner, le modèle EROS doit disposer de quatre fichiers de données :

- un fichier de pluies ;
- un fichier d'ETP ;
- un fichier de débits ;
- un fichier d'échanges.

Chaque fichier comprend sept blocs mis bout à bout chacun étant associé à un bassin élémentaire du modèle.

En plus des données, il faut créer un fichier de paramètres d'extension « ros ».

La structure de ce dernier est la suivante :

- données générales (nom du projet, période de calage, pas de temps des données…) ;
- bornes des paramètres : elles sont fixées pour l'ensemble des bassins élémentaires, il n'est donc pas possible de les moduler d'un bassin à l'autre ;
- un bloc pour chaque bassin élémentaire avec :
  - le nom des bassins élémentaires amont (quand il y en a),
  - les paramètres que l'on peut soit fixer, soit optimiser indépendamment, soit optimiser en égalant les paramètres de deux bassins élémentaires.

## 6.4. CALAGE DU MODÈLE

### 6.4.1. Durée de la période étudiée

Compte tenu des diverses données disponibles, la période totale considérée s'étend de 1979 à avril 2005, avec :

- une période d'initialisation de 6 ans de 1979 à 1984 ;
- une période de calage de 19 ans de 1985 à avril 2005.

Le choix de la période se justifie notamment par la disponibilité des données de pluies, des évapotranspirations et des débits sur l'ensemble des stations climatologiques Météo France prises en compte. Le calage nécessite en effet des séries de données climatologiques d'entrées continues sans lacune.

La période d'initialisation a pour but d'initialiser l'état de remplissage des réservoirs. Elle a été fixée à 6 ans pour prendre en compte l'inertie de certains des systèmes aquifères contributifs concernés.

### 6.4.2. Choix du pas de temps des données

Le pas de temps pentadaire (5 jours) a été choisi pour l'ensemble des données pour les raisons suivantes :

- c'est le pas de temps le mieux adapté à l'ensemble des données disponibles ;
- il est plus précis que les pas de temps décadaire et *a fortiori* mensuel ;
- il permet aussi de négliger les temps de transfert amont-aval qui sont considérés, dans EROS, comme instantanés. La durée de 5 jours est en effet approximativement de l'ordre de grandeur du temps de transfert entre Saint-Dizier et Gournay.

## 6.5. EXPLOITATION DU MODÈLE : PRÉVISION EN TEMPS RÉEL DES DÉBITS AU 1er MARS 2005

### 6.5.1. Hydrogrammes types des lâchers du lac-réservoir Marne

Deux hydrogrammes types de lâchers nous ont été communiqués par l'IIBRBS :

- le premier correspond à un lâcher normal (Figure 42) ;
- le deuxième correspond à un lâcher en soutien d'étiage (Figure 43).

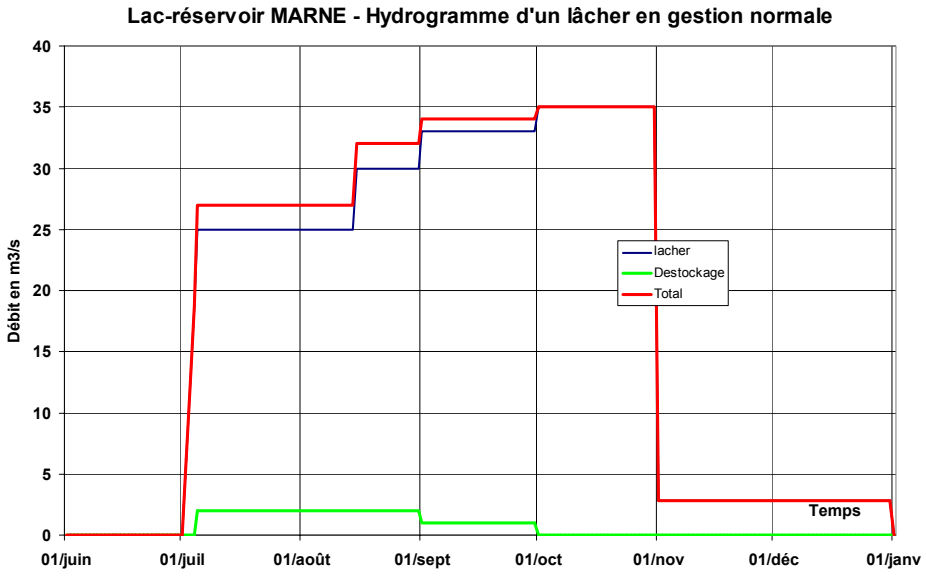



*Figure 42 - Hydrogramme type d'un lâcher normal du lac-réservoir Marne (d'après l'IIBRBS).*

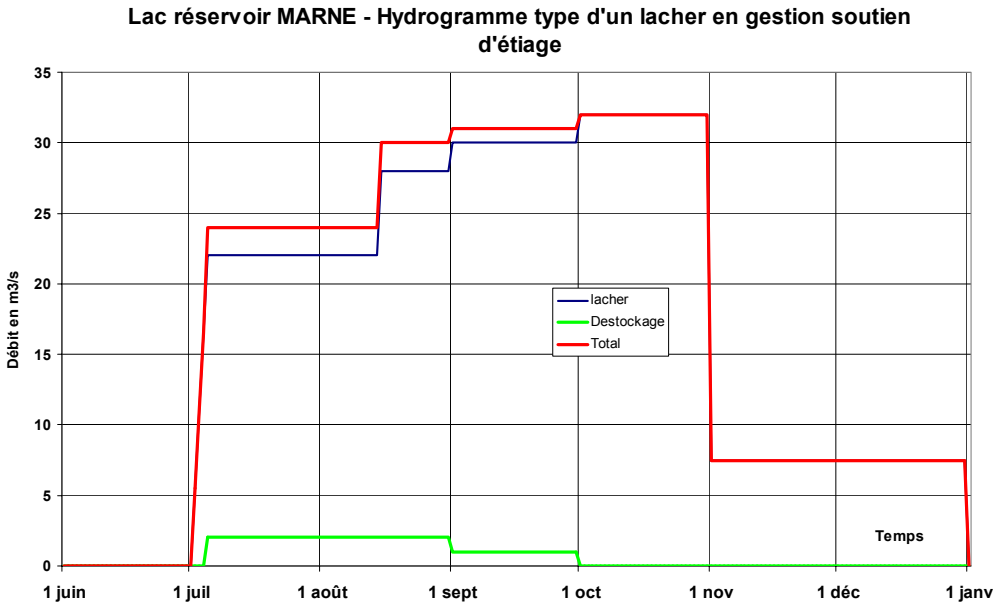



*Figure 43 - Hydrogramme type de lâcher de soutien d'étiage du lac-réservoir Marne (d'après l'IIBRBS).*

Concernant la gestion du lac réservoir MARNE, la vidange actuelle de l'ouvrage après un remplissage complet s'effectue suivant les scénarii suivants :

**a) Hydrogramme de lâcher en gestion normale** (tranche de réserve de 15 Mm de $m^3$ correspondant à un volume de 25 Mm de $m^3$ au 1er novembre). L'hydrogramme se décompose comme suit :

- démarrage de la restitution le 1er juillet avec une montée progressive de 5 à 25 $m^3/s$ sur 5 jours ;
- restitution maintenue à 25 $m^3/s$ jusqu'au 15 août en comptant un déstockage supplémentaire de 2 $m^3/s$ au titre du bilan pluie/évaporation-réalimentation de la Droye ;
- augmentation à 30 $m^3/s$ du 15 août au 1er septembre avec un déstockage supplémentaire de 2 $m^3/s$ ;
- augmentation à 33 $m^3/s$ du 1er au 30 septembre avec un déstockage supplémentaire de 1 $m^3/s$ ;
- augmentation à 35 $m^3/s$ du 1er au 31 octobre sans déstockage supplémentaire ;
- possibilité de restituer 2,8 $m^3/s$ pendant 2 mois à partir du 1er novembre ou un débit supérieur mais sur un délai plus court.

Le déstockage supplémentaire moyen pris en compte sert à programmer la gestion du stock, le débit restitué est ajusté par période (semaine ou décade) à la situation climatique rencontrée sachant que l'évaporation dans des conditions extrêmes

(ensoleillement intensif, vent, surface maximale du lac, etc.) peut voisiner ponctuellement 4 $m^3/s$.

**b) Hydrogramme de lâcher en gestion de soutien d'étiage** (en 2004, tranche de réserve de 40 Mm $m^3$ correspondant à un volume de 50 Mm $m^3$ au 1er novembre) :

- début des lâchers le 1er juillet avec montée progressive de 5 à 22 $m^3/s$ sur 5 jours ;
- restitution maintenue à 22 $m^3/s$ jusqu'au 15 août, en comptant un déstockage supplémentaire de 2 $m^3/s$ au titre du bilan pluie/évaporation-réalimentation de la Droye ;
- augmentation à 28 $m^3/s$ du 15 août au 1er septembre avec un déstockage supplémentaire de 2 $m^3/s$ ;
- augmentation à 30 $m^3/s$ du 1er au 30 septembre avec un déstockage supplémentaire de 1 $m^3/s$ ;
- augmentation à 32 $m^3/s$ du 1er au 31 octobre sans déstockage supplémentaire ;
- possibilité de restituer 7,5 $m^3/s$ pendant 2 mois à partir du 1er novembre ou un débit supérieur mais sur un délai plus court.

### 6.5.2. Hypothèse sur les débits dérivés en Marne et en Blaise pendant la période de prévision

Pour établir ces prévisions, nous avons notamment fait l'hypothèse selon laquelle les débits prélevés en Marne et en Blaise de mars à décembre 2005 sont égaux :

- de mars à juin inclus aux valeurs médianes des prises en Marne et en Blaise de la période 1974-2004 (cf. Tableau 26) ;
- de juin à décembre à zéro.

Ce sont là des hypothèses fortes, car on note une grande variabilité temporelle de ces débits de prise (cf. Annexe 1).

| Prise en | JANV | FÉVR | MARS | AVR | MAI | JUIN | JUIL | AOÛT | SEPT | OCT | NOV | DÉC | Module annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MARNE | 20.7 | 21.9 | 15.8 | 8.52 | 6.34 | 1.72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.28 | 20.0 | 9.30 |
| BLAISE | 3.40 | 5.14 | 1.93 | 0.42 | 0.03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.80 | 1.42 |

*Tableau 26 - Débits médians en $m^3/s$ dérivés en Marne et en Blaise (1974-2004).*

La prise en Marne est comptabilisée dans les débits d'échange du sous bassin n° 1 Saint-Dizier :

$$Q_{échanges\ Saint\text{-}Dizier} = -\ [\ prise\ en\ Marne + 0{,}21\ ]$$

La prise en Blaise est comptabilisée dans les débits d'échange du sous bassin n° 3 Frignicourt :

Qéchanges Frignicourt = - [ restitution en Marne à Arrigny + Restitution en Blaise - prise en Blaise ]

### 6.5.3. Prévision des débits

Le modèle provisoirement calé avec un schéma hydraulique du type GARDENIA jusqu'à fin février 2005 a été utilisé pour établir, à partir de cette date, des prévisions statistiques d'évolution des débits pour les neuf mois à venir (mars à novembre 2005).

Les résultats de cette prévision ont été présentés à la réunion CO.TE.CO du 11 mars 2005 (cf. Note BRGM/EAU n° 14/05).

La Figure 44 représente les débits observés et calculés de la Marne à Gournay de janvier 2004 à février 2005 et les prévisions de débits pour la période allant de mars à novembre 2005 prenant en compte un scénario de lâcher de type normal.

Sur la base des informations disponibles à fin février 2005 et compte tenu de la précision des données et du modèle, on peut en conclure :

- qu'il subsiste beaucoup d'incertitudes jusqu'en mai, date à laquelle on peut considérer que l'essentiel de la recharge des aquifères a été faite et que le remplissage du lac-réservoir Marne est achevé (fin des dérivations de la Marne et de la Blaise) ;
- qu'il existe une incertitude importante sur les débits de Gournay consécutive à l'incertitude sur les apports de mars à mai et des hypothèses sur les prélèvements médian. En l'absence totale de pluie (prévision garantie), le débit à Gournay devient inférieur au seuil de vigilance à partir du 17 mai 2005. Il y a donc là une situation préoccupante qu'il convient de surveiller.

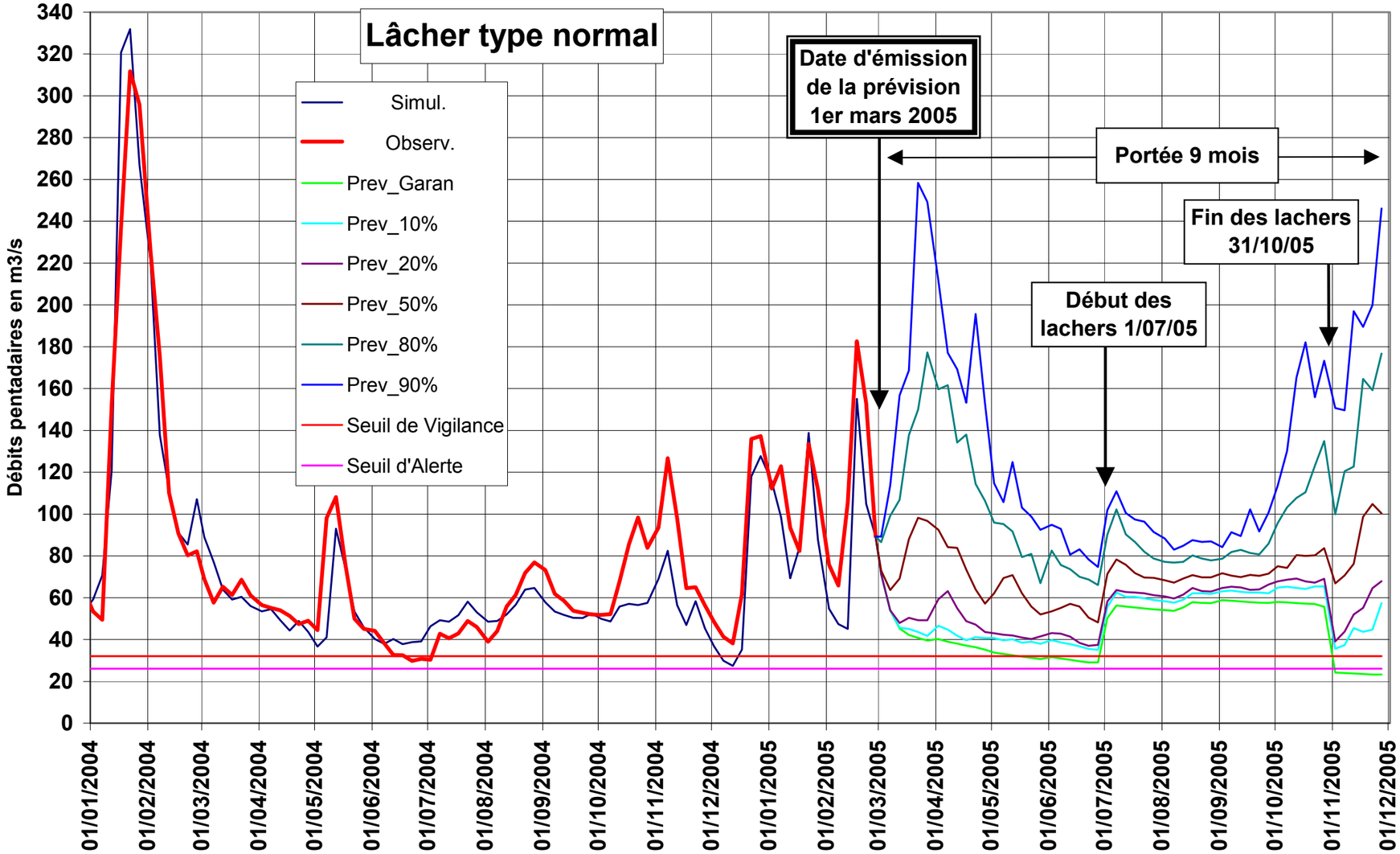



*Figure 44 - Prévision émise au 1er mars 2005 des débits influencés de la Marne à Gournay avec le modèle EROS pour un scénario de lâcher normal.*

## 6.6. RECALAGE DU MODÈLE ET PRÉVISION EN TEMPS RÉEL DES DÉBITS AU 27 AVRIL 2005

Le modèle EROS a été recalé avec les données actualisées à fin avril 2004, de façon à ce que les prévisions émises à fin avril partent d'une situation hydrologique aussi proche que possible de celle observée. Nous avons retenu les conditions suivantes :

- période d'initialisation de 6 ans : 1979 à 1984 ;
- période de calage de 21 ans : de janvier 1985 à avril 2005 ;
- pas de temps pentadaire (5 jours) ;
- schéma des réservoirs de type GR4 ;
- coefficient de pondération des débits de 1.

Le fichier des paramètres ajustés est fourni en Annexe 6. Le Tableau 27 récapitule, pour les différents modules du modèle EROS du bassin de la Marne, les coefficients d'ajustement globaux, les débits moyens observés et les valeurs de l'erreur moyenne sur les débits.

| N° | Dénomination | Superficie | Coef. d'ajustement global | Débit moyen observé | Erreur moyenne | | Erreur quadratique moyenne |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | km² | | $m^3/s$ | $m^3/s$ | % | $m^3/s$ |
| **1** | **Marne -St-Dizier** | 2374 | **0.870** | 23.1 | -1.36 | -5.9 | 14.0 |
| **2** | **Blaise-Louvemont** | 465 | **0.927** | 4.85 | -0.206 | -4.2 | 2.29 |
| **3** | **Marne-Frignicourt** | 487 | **0.905** | 40.0 | -0.134 | -0.3 | 15.1 |
| **4** | **Saulx-Vitry** | 2102 | **0.938** | 27.5 | 0.409 | 1.5 | 10.8 |
| **5** | **Marne-Châlons** | 873 | **0.953** | 80.3 | -2.63 | -3.3 | 22.7 |
| **6** | **Marne-La Ferté** | 2500 | **0.954** | 97.1 | 0.638 | 0.7 | 24.2 |
| **7** | **Marne-Gournay** | 3859 | **0.954** | 112 | 0.119 | 0.1 | 27.4 |

*Tableau 27 - Coefficients d'ajustement et erreur sur les débits résultant du calage du modèle EROS du bassin de la Marne.*

La faible erreur moyenne sur les débits comprise entre 0,1 et -5,9 % garantit que le modèle restitue bien la totalité des écoulements observés sur le système hydrologique modélisé.

Les bons coefficients d'ajustements trouvés à l'issue du calage doivent cependant être relativisés par l'importance de l'erreur quadratique moyenne sur les débits (cf. Tableau 27). Toutefois il ne faut pas perdre de vue que la précision des débits d'annuaire, sauf cas exceptionnels, n'excède pas 20 à 25 % : ainsi un débit de 120 $m^3/s$ est connu à ± 24 $m^3/s$ et un débit de 25 $m^3/s$ à ± 5 $m^3/s$.

Il y a deux aspects importants dans la prévision des débits : la tendance générale des débits et leur valeur absolue. Cette dernière doit toujours être rapportée à la précision des données de base.

Le calage est effectué simultanément pour chacun des exutoires des sept sous bassins. La Figure 45 représente le calage entre les débits observés et simulés par EROS de la Marne à Gournay. Les figures 47 à 51 représentent le calage entre les débits observés et simulés par EROS respectivement de la Marne à La Ferté-sous-Jouarre, de la Marne à Châlons-en-Champagne, de la Marne à Frignicourt, de la Saulx à Vitry-en-Perthois, de la Blaise à Pont Varin et de la Marne à Saint-Dizier.

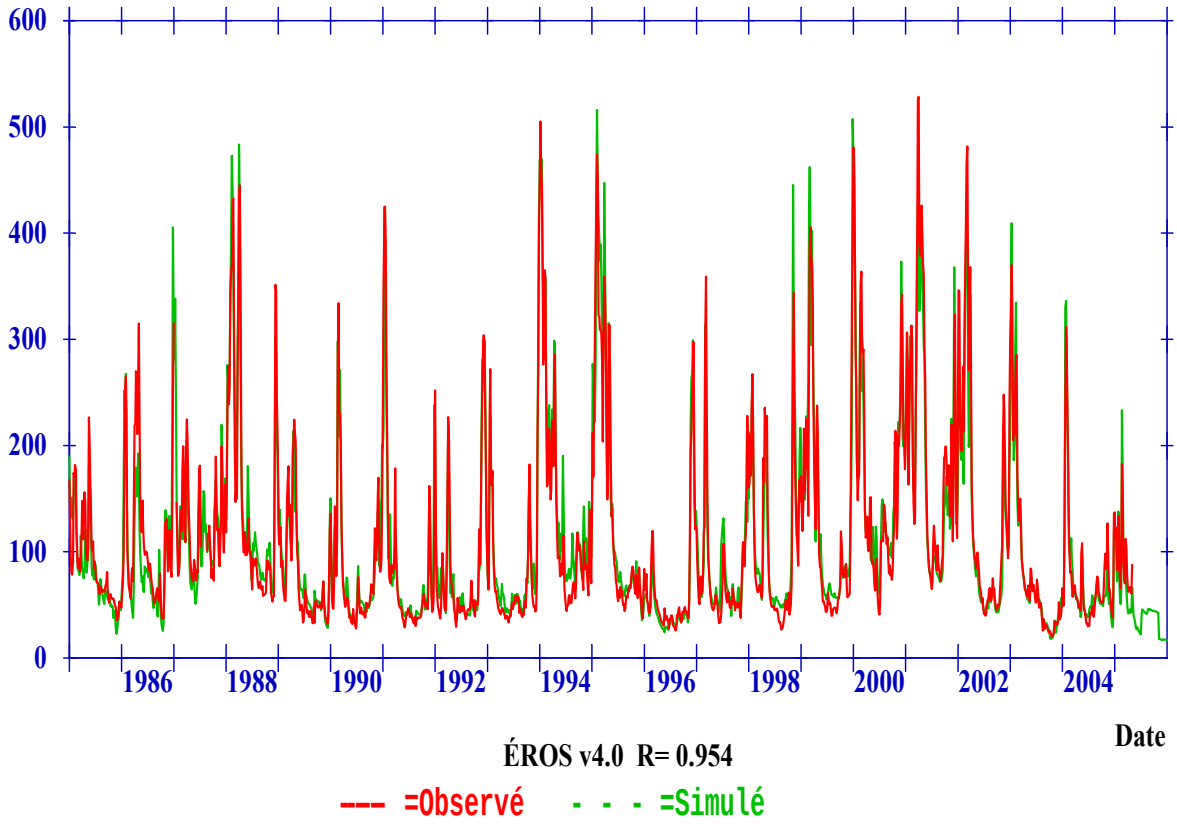



*Figure 45 - Calage des débits influencés de la Marne à Gournay avec le modèle EROS sur la période 1985 - avril 2005.*

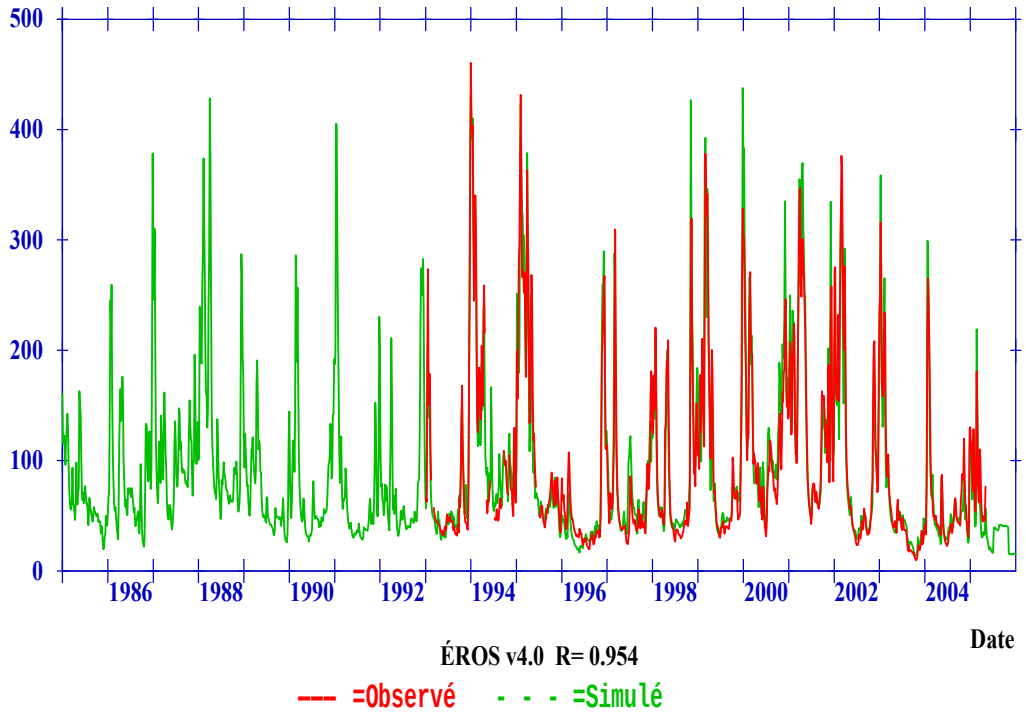



*Figure 46 - Calage des débits influencés de la Marne à La Ferté-sous-Jouarre avec le modèle EROS sur la période 1985 - avril 2005.*

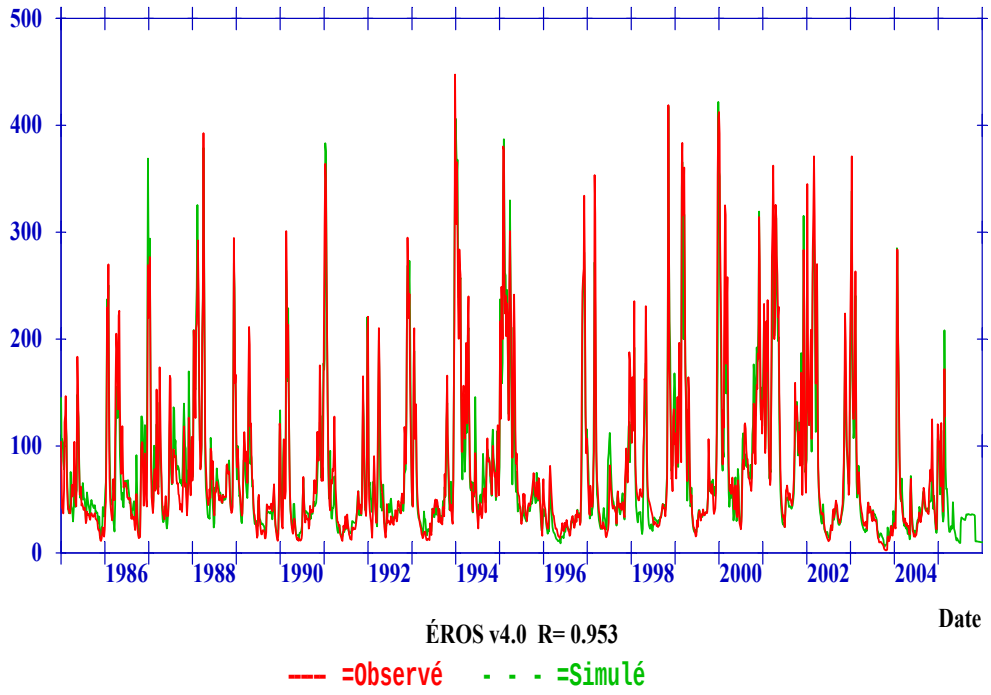



*Figure 47 - Calage des débits influencés de la Marne à Châlons-en-Champagne avec le modèle EROS sur la période 1985 - avril 2005.*

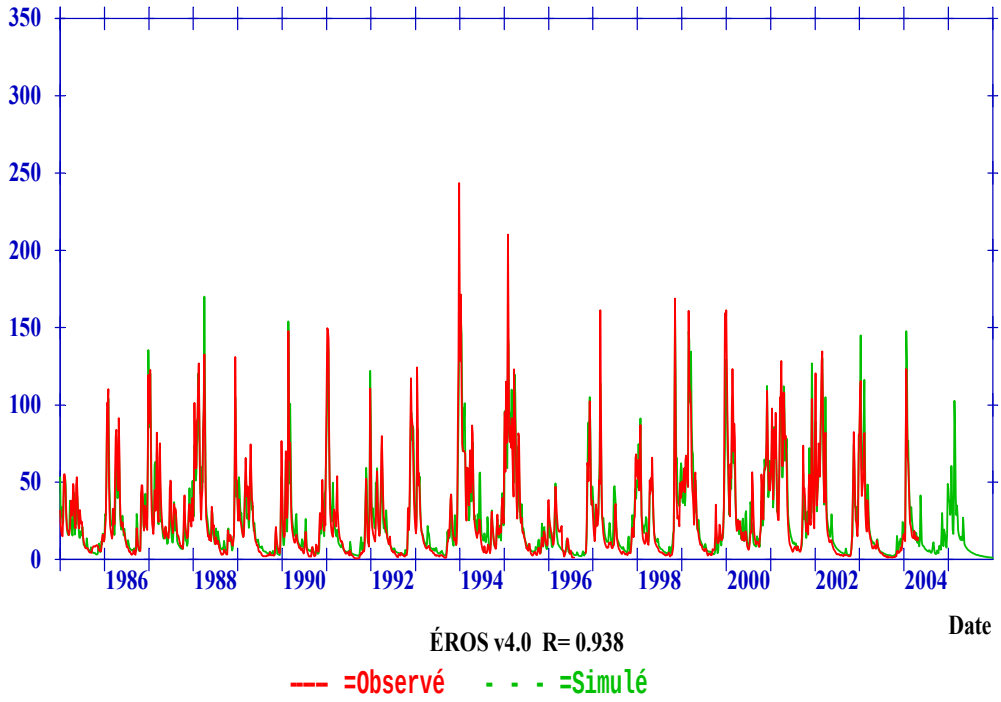



*Figure 48 - Calage des débits influencés de la Saulx à Vitry-en-Perthois avec le modèle EROS sur la période 1985 - avril 2005.*

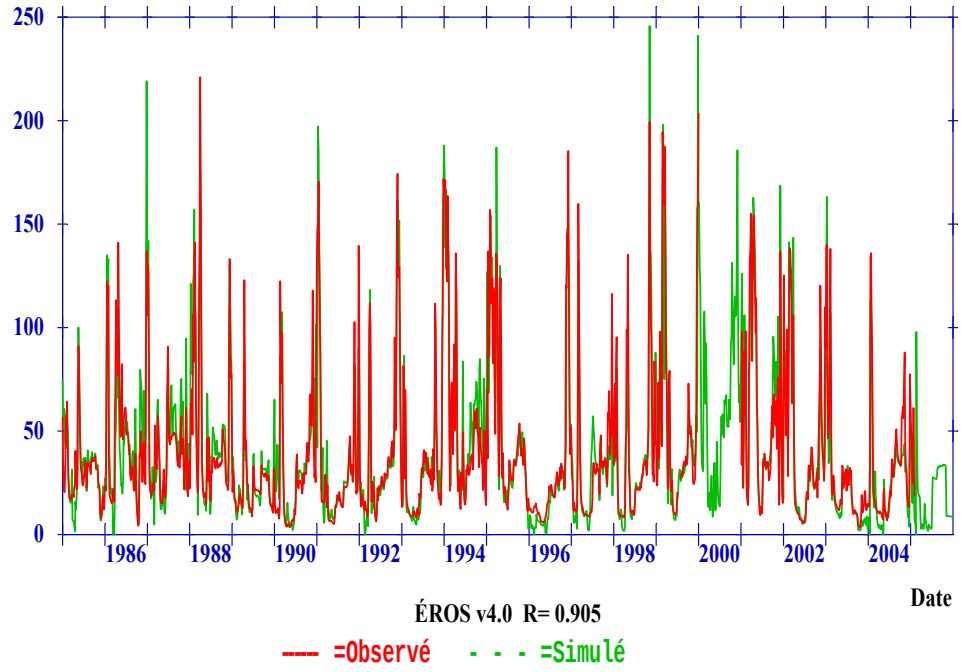



*Figure 49 - Calage des débits influencés de la Marne à Frignicourt avec le modèle EROS sur la période 1985 - avril 2005.*

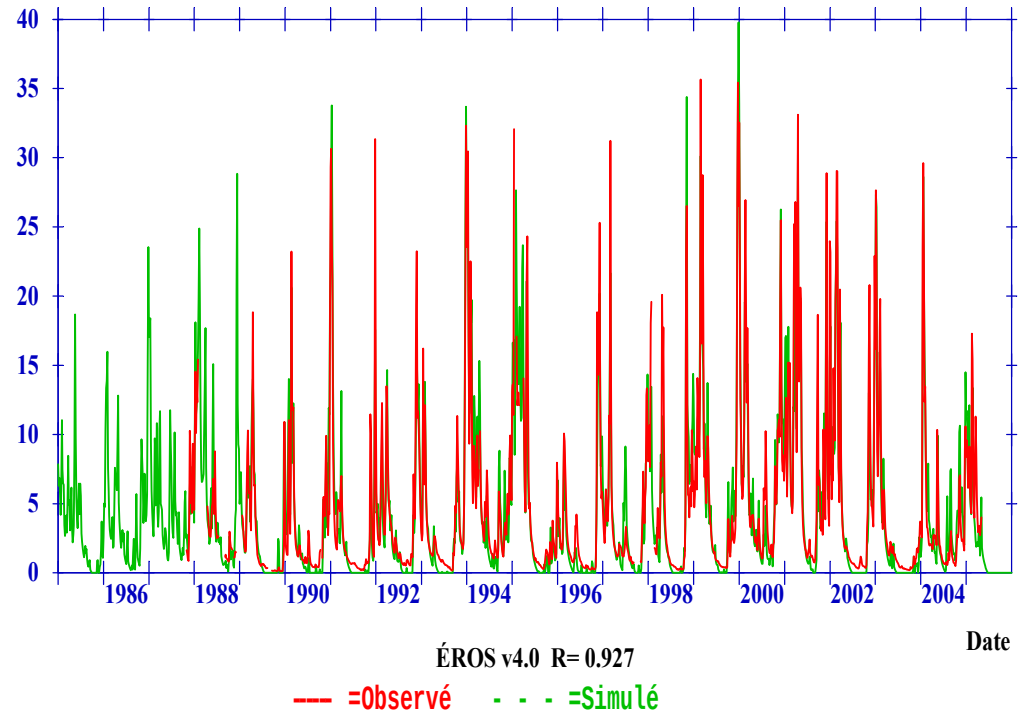



*Figure 50 - Calage des débits influencés de la Blaise à Pont Varin avec le modèle EROS sur la période 1985 - avril 2005.*

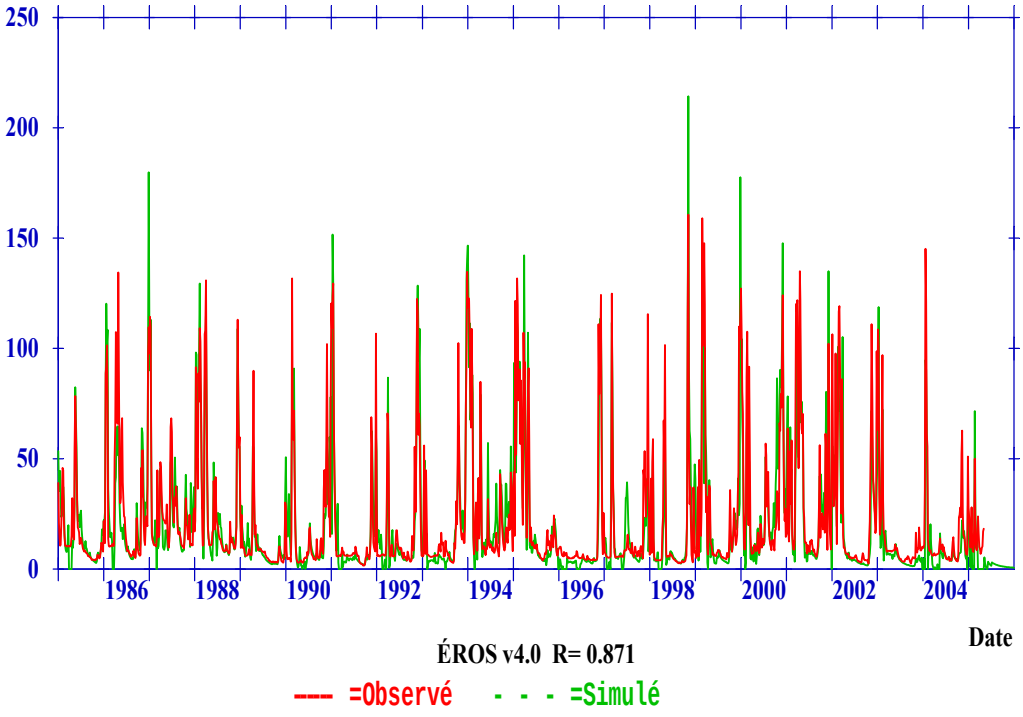



*Figure 51 - Calage des débits influencés de la Marne à Saint-Dizier avec le modèle EROS sur la période 1985 - avril 2005.*

Les figures 52 et 53 représentent le calage entre les débits d'échanges observés et simulés par EROS de la Marne à Gournay et de la Marne à Frignicourt en aval des restitutions en Marne du lac-réservoir Marne.

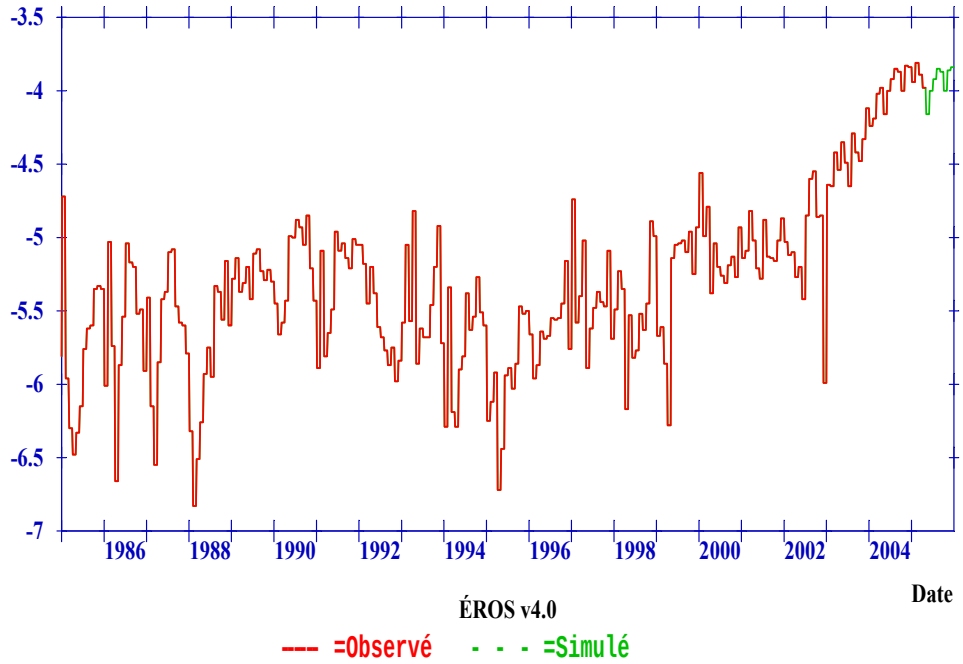



*Figure 52 - Calage des débits d'échange (en $m^3/s$) de la Marne à Gournay avec le modèle EROS sur la période 1985 à avril 2005.*

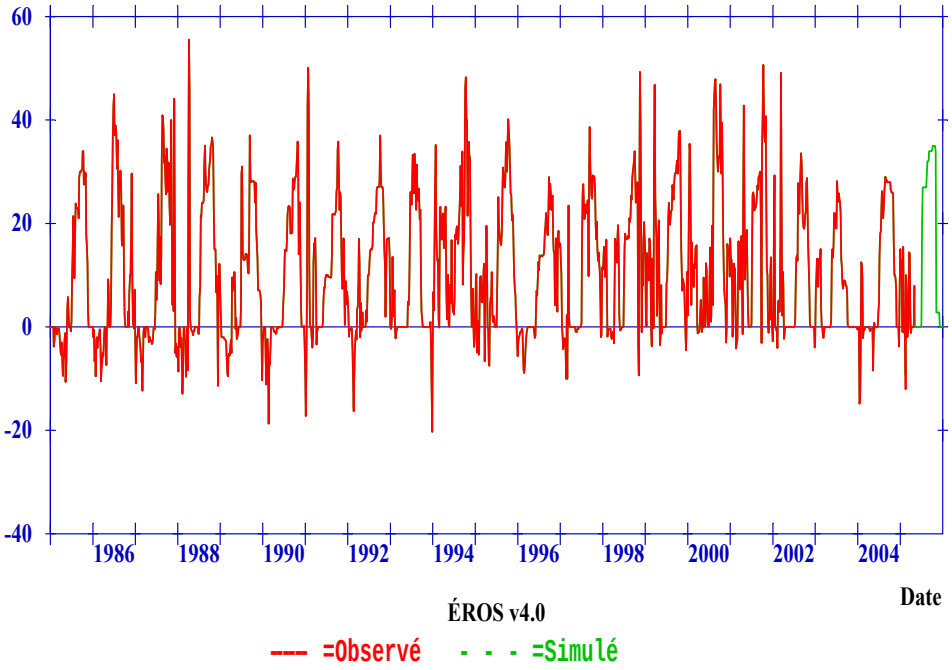



*Figure 53 - Calage des débits d'échange (en $m^3/s$) de la Marne Frignicourt avec le modèle EROS sur la période 1985 à avril 2005.*

### 6.6.1. Prévision en temps réel des débits au 27 avril 2005

Le modèle ainsi actualisé a été utilisé pour établir, à partir du 27 avril 2005, des prévisions statistiques d'évolution des débits pour les huit mois à venir (mai à décembre 2005). Pour établir ces prévisions, nous avons fait les hypothèses suivantes :

- les débits prélevés en Marne et en Blaise en mai et juin 2005 ont été pris égaux aux valeurs médianes de la période 1974-2004 et nuls de juillet à décembre 2005. Ce sont là des hypothèses fortes, car on note une grande variabilité temporelle de ces débits de prise (cf. Annexe 1) ;
- les débits relâchés par le lac-réservoir Marne correspondent aux deux scénarios de lâchers communiqués par l'IIBRBS (Figure 42 et Figure 43) ;
- les débits prélevés de mai à décembre 2005 pour l'aqueduc de la Dhuys ont été pris égaux aux moyennes 1997-2004 ;
- les débits prélevés d'avril à décembre 2005 pour les prises en Marne pour le Canal de l'Ourcq ont été pris égaux aux valeurs mesurées en 2004 ;
- les débits prélevés de mai à décembre 2005 pour l'usine AEP d'Annet-sur-Marne ont été pris égaux aux moyennes 1989-2003 ;
- faute d'indications, les autres débits d'échanges ont été pris comme constants comme pendant la période de calage.

La Figure 54 représente les débits observés et calculés de la Marne à Gournay de janvier 2004 à avril 2005 et les prévisions de débits pour la période allant de mai à décembre 2005 prenant en compte un scénario de lâcher de type normal.

Le Tableau 28 récapitule les résultats des prévisions de débits par pentade (5 jours) du 27 avril au 27 décembre 2005 pour les deux scénarios de lâchers de type normal et soutien d'étiage et pour occurrence (garanti, 10 et 20 %). Nous avons indiqué par des couleurs les tranches de débits prévus compris entre les seuils de sécheresse définis par l'arrêté 2005-906 pour la station de Gournay :

- seuil de vigilance : 32 $m^3/s$ ;
- seuil d'alerte : 25 $m^3/s$ ;
- seuil de crise : 22 $m^3/s$ ;
- seuil de crise renforcée : 15 $m^3/s$.

| Date fin pas | SOUTIEN d'ETIAGE | | | NORMAL | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Garanti | 10% | 20% | Garanti | 10% | 20% |
| 27/04 | 72.0 | 72.0 | 72.0 | 72.0 | 72.0 | 72.0 |
| 2/05 | 56.3 | 56.3 | 56.3 | 56.3 | 56.3 | 56.3 |
| 7/05 | 42.4 | 42.4 | 42.7 | 42.4 | 42.4 | 42.7 |
| 12/05 | 36.3 | 36.8 | 39.2 | 36.3 | 36.8 | 39.2 |
| 17/05 | 31.9 | 33.4 | 38.4 | 31.9 | 33.4 | 38.4 |
| 22/05 | 28.8 | 31.0 | 36.2 | 28.8 | 31.0 | 36.2 |
| 27/05 | 26.8 | 29.9 | 35.4 | 26.8 | 29.9 | 35.4 |
| 2/06 | 29.1 | 34.3 | 37.2 | 29.1 | 34.3 | 37.2 |
| 7/06 | 27.3 | 33.0 | 35.1 | 27.3 | 33.0 | 35.1 |
| 12/06 | 25.7 | 32.5 | 33.6 | 25.7 | 32.5 | 33.6 |
| 17/06 | 24.3 | 30.6 | 31.2 | 24.3 | 30.6 | 31.2 |
| 22/06 | 23.1 | 27.9 | 30.0 | 23.1 | 27.9 | 30.0 |
| 27/06 | 22.5 | 26.7 | 28.7 | 22.6 | 26.7 | 28.8 |
| 2/07 | 40.9 | 46.2 | 47.2 | 43.2 | 48.5 | 49.5 |
| ... | | | | ... | | |
| 22/10 | 43.1 | 48.9 | 53.3 | 46.1 | 51.9 | 56.3 |
| 27/10 | 42.0 | 49.1 | 51.8 | 44.7 | 51.8 | 54.6 |
| 2/11 | 18.1 | 25.0 | 32.8 | 13.2 | 20.0 | 27.8 |
| 7/11 | 17.9 | 30.3 | 35.9 | 12.9 | 25.3 | 31.0 |
| 12/11 | 17.6 | 35.2 | 44.2 | 12.6 | 30.2 | 39.2 |
| 17/11 | 17.3 | 36.9 | 49.7 | 12.4 | 31.9 | 44.7 |
| 22/11 | 17.1 | 38.8 | 63.1 | 12.1 | 33.8 | 58.1 |
| 27/11 | 17.0 | 54.7 | 63.7 | 12.0 | 49.7 | 58.7 |
| 2/12 | 17.8 | 52.5 | 58.9 | 9.5 | 29.7 | 39.4 |
| 7/12 | 17.6 | 44.0 | 54.8 | 9.3 | 25.3 | 33.8 |
| 12/12 | 17.4 | 46.1 | 55.9 | 9.1 | 25.4 | 32.8 |
| 17/12 | 17.2 | 50.7 | 79.6 | 8.9 | 28.9 | 52.1 |
| 22/12 | 16.9 | 63.2 | 79.4 | 8.7 | 38.4 | 51.9 |

Entre seuil de Vigilance (32 m3/s) et d'Alerte (26 m3/s)

Entre seuil d'Alerte (26 m3/s) et de Crise (22 m3/s)

Entre seuil de Crise (22 m3/s) et de Crise renforcée (15 m3/s)

En dessous du seuil de Crise renforcée (15 m3/s)

*Tableau 28 - Prévisions de débits de la Marne à Gournay pour les scénarios de lachers de type normal et soutien d'étiage.*

Sur la base des informations disponibles au 27 avril 2005 et compte tenu de la précision des données et des modèles et des hypothèses émises :

- le débit mensuel naturel de la Marne à Saint-Dizier en avril 2005 a une période de retour de 2,7 années sèche ;
- les débits à Gournay présentent un risque de passer sous le seuil de vigilance voire d'alerte d'ici le début des lâchers au 1er juillet avec des occurrences inférieures à 10 %. Après l'arrêt des lâchers importants fin octobre, le risque de passer sous le seuil de crise, voire celui de crise renforcé, réapparaît avec des occurrences inférieures à 10 %, sous le seuil d'alerte avec des occurrences inférieures à 20 %.

Cette situation hydrologique est meilleure qu'en 2004, mais elle requiert cependant une vigilance et un suivi périodique en temps réel des débits au cours de l'été 2005. Il pourra être nécessaire, si la situation le requiert, d'effectuer un réajustement éventuel des prévisions au cours de l'été afin d'adapter le scénario de lâcher à la situation hydrologique et aux potentialités hydrauliques.

Les prévisions de débits avec le logiciel EROS sont systématiquement effectuées à l'exutoire de chacun des sept sous-bassins versants.

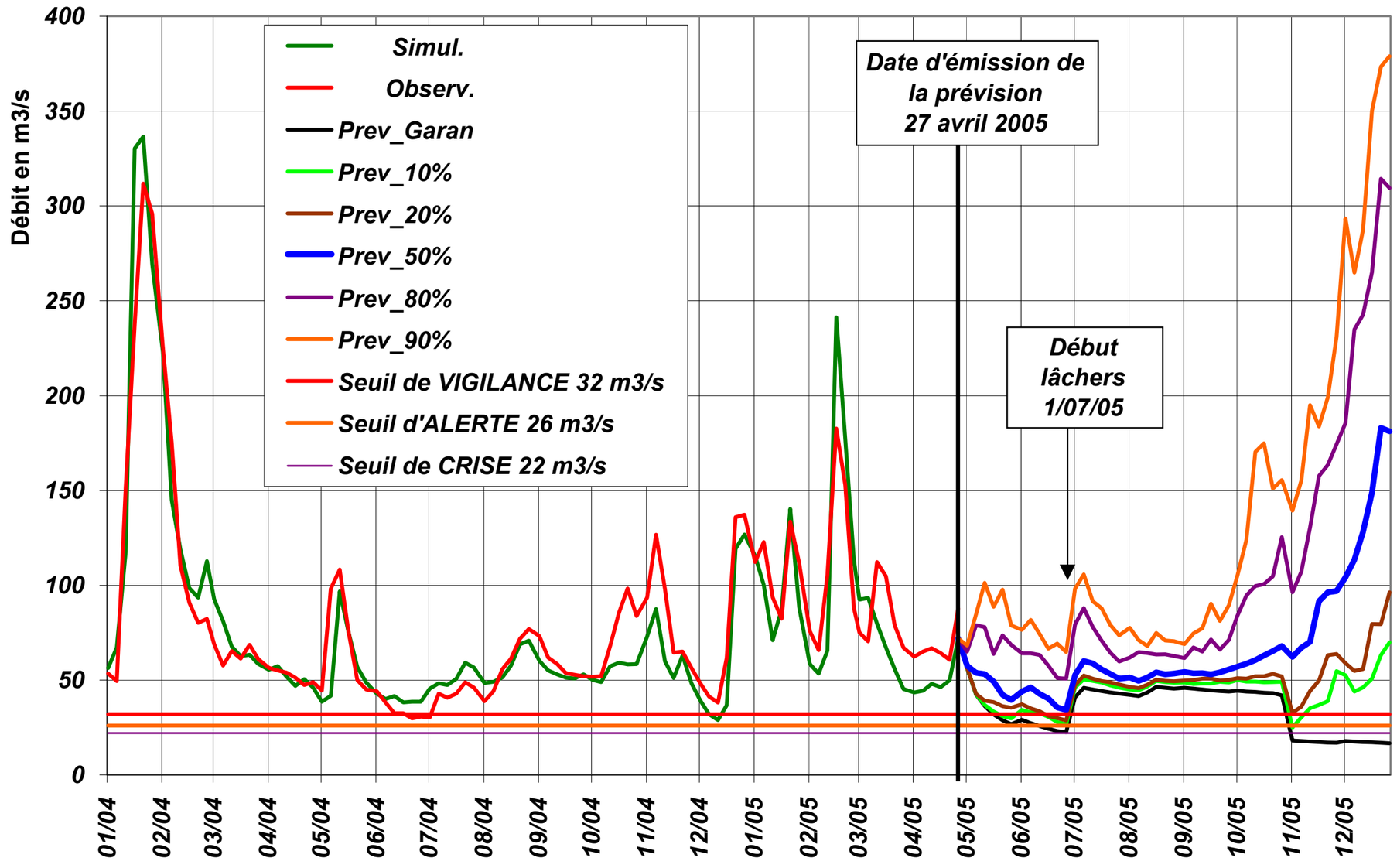



*Figure 54 - Prévision émise au 27 avril 2005 des débits influencés de la Marne à Gournay avec le modèle EROS pour un scénario de lacher normal.*

# 7. Consignes pour une nouvelle simulation prévisionnelle

## 7.1. REMARQUES LIMINAIRES

Les outils d'aide à la gestion en étiage du lac-réservoir Marne en étiage, développés dans le cadre de la présente étude, sont destinés à être utilisés périodiquement en tant que de besoin.

Ils concernent les quatre approches suivantes :

- la prévision des débits naturels de la Marne à Saint-Dizier élaborée avec le modèle hydrologique global GARDENIA (schéma type GR4) ;
- la prévision des débits naturels de la Blaise à Pont Varin élaborée avec le modèle hydrologique global GARDENIA (schéma classique) ;
- la prévision des débits de la Marne à Gournay élaborée avec le modèle hydrologique global spatialisé EROS (schéma type GR4) ;
- l'estimation de la période de retour du débit moyen mensuel naturel reconstitué de la Marne à Saint-Dizier La Noue. Une fois le débit mensuel naturel reconstitué, le calcul de sa période de retour est automatique sur une feuille de calcul Excel dans laquelle on a rentré les paramètres de calage des ajustements fréquentiels.

À l'issue de l'étude, le BRGM remettra à l'IIBRBS les codes de calcul GARDENIA et EROS, les fichiers de données et une notice d'utilisation (cf. rapport BRGM/RP-52832-FR pour GARDENIA et l'annexe 7 du présent rapport pour EROS), à condition d'en limiter l'utilisation à cet usage exclusif. Toutefois, le mode d'emploi et la formation à l'utilisation des modèles n'étant pas inclus dans le cadre de la présente étude, le BRGM peut assurer, en tant que de besoin dans le cadre de nouvelles prestations, une assistance à la maîtrise d'ouvrage pour leur utilisation.

## 7.2. CONSIGNES POUR LA COLLECTE DES DONNÉES DE BASE

Les résultats de la prévision seront d'autant plus précis que l'on disposera de données sur l'ensemble de la période modélisée et ce jusqu'à la date à laquelle on veut émettre la prévision ($t_0$).

Une partie essentielle du travail consiste à acheter (données climatologiques auprès de MétéoFrance, données hydrométriques de la Banque HYDRO) et collecter auprès des différents organismes détenteurs, les données nécessaires à la simulation prévisionnelle.

Les données nécessaires aux simulations sont :

- **Données climatologiques**
  - pluie journalière aux postes de Sailly, Saint-Dizier, Langres, Reims, Chatillon, Melun et Louvemont ;
  - ETP Penman décadaire aux postes de Saint-Dizier, Langres, Reims Courcy et Melun.

- **Données hydrologiques**
  - IIBRBS : chronique des débits mesurés aux différentes stations ;
  - DIREN Champagne-Ardenne : débits journaliers des stations de la Marne à Saint-Dizier, de la Blaise à Pont-Varin, de la Saulx à Vitry-en-Perthois et de la Marne à Châlons-en-Champagne ;
  - DIREN Ile-de-France : débits journaliers des stations de la Marne à La Ferté-sous-Jouarre et à Gournay.

- **Données sur les débits d'échange (prélèvements et restitutions)**
  - IIBRBS :
    - chronique des débits prélevés et restitués par le lac-réservoir (prélèvement et restitution en Blaise, prélèvement et restitution en Marne, restitution en Droye),
    - hydrogramme type d'une ou deux scénarios de lâchers s'ils sont différents de ceux déjà communiqués ;
  - mesures, si elles existent, effectuées sur canaux de Châlons-en-Champagne qui court-circuite la station hydrométrique de Châlons-en-Champagne (DIREN CHA) ;
  - prise AEP de l'Aqueduc de la Dhuys (SAGEP) ;
  - prise en Marne pour l'alimentation du canal de l'Ourcq (Ville de Paris) ;
  - prise AEP de l'usine de Meaux (Ville de Meaux) ;
  - prise AEP de l'usine d'Annet-sur-Marne (CGE) ;
  - prise AEP de l'usine de Saint-Maur-les-Fossés (Ville de Saint-Maur) ;
  - prise AEP de l'usine d'Annet-sur-Marne (CGE) ;
  - prise AEP de l'usine de Joinville-le-Pont (SAGEP).

  *NB 1 : Les trois derniers prélèvements ne sont pas pris en compte dans le modèle de prévision des débits, car ces prises sont situées en aval de Gournay. Toutefois compte tenu de leur importance, c'est un élément essentiel d'appréciation des débits prévisionnels à Gournay.*

*NB 2 : L'annexe 8 donne la liste des coordonnées et contacts des fournisseurs de données, pour les différentes simulations auxquels nous nous sommes adressés dans la présente étude.*

## 7.3. ANALYSE CRITIQUE. MISE EN FORME DES DONNÉES

Avant toute utilisation, il convient de procéder à une analyse critique et de cohérence préalable de l'ensemble des données. Certains débits doivent être reconstitués par des sommes algébriques de débits mesurés, d'autres corrigés pour tenir compte d'une sous-estimation chronique (ex. les débits DIREN de la Marne à Châlons-en-Champagne sont provisoirement multipliés par 1,11 depuis février 1989). Dans le cas où certaines données ne seraient pas disponibles, nous essayerons, dans la mesure du possible, de les compléter à partir de celles mesurées à des stations voisines et/ou nous les estimerons à dire d'expert. Il est impératif de reconstituer les données de base manquantes (pluie, ETP et débits d'échanges) et fortement recommandé de reconstituer les débits mesurés aux stations afin que les prévisions collent au mieux aux dernières valeurs mesurées. Ensuite, ces données acquises à des pas de temps qui peuvent être différents (journaliers, décadaires ou mensuels) doivent être transformés au pas de temps pentadaire, celui utilisé dans la modélisation. Nous utilisons pour cela au BRGM un logiciel utilitaire appelé SHALIMAR. Les données ainsi validées sont formatées pour leur utilisation par les codes de calculs.

## 7.4. SIMULATION DES PRÉVISIONS. ANALYSE CRITIQUE DES RÉSULTATS

Il reste ensuite à effectuer les simulations prévisionnelles pour les trois modèles concernés. La prévision de la Marne à Gournay pourra être faite en testant plusieurs scénarios de lâcher. Une analyse critique des résultats des simulations est indispensable. Il pourra s'avérer nécessaire de procéder à un recalage des modèles, si on constate une divergence significative entre les débits mesurés et simulés de la période comprise entre la fin de la période de calage et la date d'émission de la prévision. Ce recalage est une opération très simple et rapide, mais nécessite un bon savoir-faire dans l'utilisation des codes de calcul.

## 7.5. MISE EN FORME DES RÉSULTATS

Les résultats des simulations doivent ensuite être mis en forme pour être présentés aux techniciens en charge de la gestion du lac-réservoir Marne et/ou, si besoin est, aux membres du CO.TE.CO.

# 8. Conclusions

Cette étude met à la disposition de **l'IIBRBS quatre outils d'aide à la gestion du barrage-réservoir Marne en étiage** :

- un outil d'appréciation de la période de retour de l'hydraulicité mensuelle du débit naturel de la Marne en amont de la prise pour l'alimentation du lac du Der Chantecoq : il s'agit d'une **analyse fréquentielle de la série mensuelle des débits naturels reconstitués de la Marne à Saint-Dizier La Noue** sur la période de 56 ans allant de 1949 à 2004 ;
- **trois modèles hydrologiques globaux pluie-débit des rivières prenant en compte implicitement l'état de remplissage des aquifères contributifs. Ils permettent d'établir notamment des prévisions des débits d'étiage apports potentiels au lac-réservoir** :
  - deux **modèles hydrologiques globaux du type GARDENIA** permettent de prévoir les **débits naturels** des deux rivières alimentant le lac-réservoir, respectivement **la Marne à Saint-Dizier** (86,5 % des apports) et **la Blaise-à Pont-Varin-Louvemont** (13,5 % des apports). Ces modèles peuvent aussi être utilisés hors des périodes d'étiage. Ils permettront alors de prévoir, en fonction de l'état de remplissage des aquifères contributifs et de séries prévisionnelles de pluies, les apports de ces rivières en amont de la prise d'eau,
  - un **modèle hydrologique global spatialisé du type EROS de l'ensemble du bassin de la Marne** représenté par **sept bassins élémentaires**. Il permet de prévoir les **débits influencés** à l'exutoire de chacun de ces bassins et plus particulièrement à la station de Gournay situé en amont immédiat de la confluence de la Marne avec la Seine. **Ce modèle prend en compte les principaux débits d'échange naturels et/ou anthropiques** entre les bassins élémentaires et avec les bassins adjacents (prélèvements pour les usines de production d'eau potable, canaux de navigation, canal de l'Ourcq, transferts d'eau souterraine d'un bassin à un autre par les réseaux karstiques, etc.). Il permet également de **tester l'impact de différents scénarios de lâchers du lac-réservoir sur les débits prévisionnels à l'aval**.

La réalisation de ces outils a nécessité un **très important travail de collecte mise en forme et analyse critique des données** disponibles auprès des organismes détenteurs de données (DIREN Champagne-Ardenne et Ile-de-France, IIBRBS, producteurs d'eau potable, gestionnaires des canaux de navigation et du canal de l'Ourcq, etc.). Une visite sur le terrain et des contacts avec les personnes en charge des mesures hydrométriques (IIBRBS et DIREN CHA et IDF) s'est avérée indispensable pour préciser la représentativité et la précision des mesures.

Les modèles hydrologiques globaux pluie-débit développés sont des modèles fiables faisant intervenir un petit nombre de données d'entrée généralement de type réseau et donc, en principe, facilement disponibles tant en ce qui concerne les données

climatologiques (pluie de six postes et ETP de trois stations climatologiques) que les données de débit (sept stations hydrométriques DIREN, les données de débit de l'IIBRBS, le débit du canal de l'Ourcq et les débits prélevés pour l'AEP par l'usine d'Annet-sur-Marne et l'aqueduc de la Dhuys).

Il est bien évident que les modèles sont d'autant plus représentatifs et fiables que les données sont homogènes et mesurées avec précision. Nous avons noté que nombre de données ne sont pas disponibles pour différentes raisons :

- pas de mesure du débit des canaux de navigation ;
- mesures de débits effectuées par différents organismes (DIREN et IIBRBS) non homogènes et avec des précisions souvent faibles ;
- séries de débits à certaines stations présentant un important retard dans leur élaboration (DIREN CHA) ;
- mesures de débit non représentatives car négligeant des contournements avec des débits très significatifs comme dans le cas de la Marne à Châlons-en-Champagne ;
- connaissance insuffisante des débits d'échange souterrains par les réseaux karstiques notamment dans les Calcaires du Barrois et dans le Tithonien du bassin de la Blaise ;
- dans le cas où certaines des données d'entrée ne sont pas disponibles, il apparaît nécessaire de les reconstituer la corrélation à partir de celles mesurées à proximité. Mais il faut être conscient que leur précision est alors moindre.

Pour pallier tous ces problèmes, nous avons souvent été conduits à émettre des hypothèses. Il est évident que cela réduit la précision des résultats. L'amélioration de ces prévisions passe donc obligatoirement par l'amélioration et la disponibilité en temps opportun de l'ensemble des données nécessaires à la modélisation.

De tels outils d'aide à la gestion en étiage des lacs-réservoirs pourraient être développés de façon similaire pour les autres ouvrages dont l'IIBRBS a la charge sur l'Aube, la Seine et l'Yonne.

# 9. Bibliographie

**Mégnien C.** (1960) - Observations hydrogéologiques sur le sud-est du bassin de Paris. Les circulations aquifères dans le Jurassique et le Crétacé de l'Yonne. Thèse de 3e cycle, Mém. BRGM n° 25, 287 p., 1964.

**P.L.A.** (1993) - Institution interdépartementale des barrages-réservoirs du bassin de la Seine. Bilan hydrologique. Barrage Marne. Pierre Londe & associés, Paris, novembre 1993.

**AESN** (1974) - Les bassins de la Seine et des cours d'eau normands, Tome 1, fascicule 4 – eaux souterraines, 144 p.

**Desprez N., Mégnien C., Caudron M., Martins Cl., Rampon G., Vandenbeusch M.** (1975) - Beauce. Atlas hydrogéologique. Notice, synthèse et index. Carte géologique et piézométrique. Position des captages et réservoirs sollicités. Service Géologique National. BRGM.

**Mégnien C.** (1979) - Hydrogéologie du centre du bassin de paris. Mém. BRGM n° 98, 456 p.

**Caudron M.** (1981) - Reconnaissance hydrogéologique de la nappe de l'Eocène moyen et supérieur à Pargny-la-Dhuys (Aisne), Service Géologique Régional du BRGM de Picardie, 81 SGN 457 PIC.

**Bouton D.** (1981) - Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique des calcaires fissurés dans les départements de la Haute-Marne et de l'Aube (Plateau Portlandien entre les vallées de la Blaise et de l'Aube). Ministère de l'Agriculture. Service Régional de l'Aménagement des Eaux, Région Champagne-Ardenne.

**SOGREAH** (1988) - Outil d'aide à la programmation des barrages réservoirs du bassin de la Seine. Volet hydrologique. Rapport final réalisé pour l'Agence de l'eau Seine-Normandie.

**Normand M., Lavie J.** (1988) - Site de stockage de l'Aube. Étude de la recharge de la nappe de l'Aptien supérieur par double modélisation hydrologique globale pluie-débit et pluie-niveau piézométrique. Rapp. BRGM n° 88 SGN 659 STO, juin 1988.

**Panel R.** (1990) - Alimentation en eau potable de Châlons-sur-Marne, situation des ressources en eau et ressources potentielles de secours. Rap. BRGM R 31525 CHA 4S 90.

**SNS** (1990) - Rapport sur le suivi de la lâchure exceptionnelle du barrage Marne. Service de Navigation de la Seine (SNC), Arrondissement de Paris et de l'Hydrologie, Subdivision centralisateur de bassin Seine-Normandie, 12-19/09/1990.

**SNS** (1990) - Réseau à fins multiple du bassin de la Seine. Suivi de la lâchure exceptionnelle du barrage Marne. Evolution des cotes du 11 au 21 septembre 1990. Service de Navigation de la Seine (SNC), Arrondissement de Paris et de l'Hydrologie, Subdivision d'annonce des crues, sept. 1990.

**SNS** (1990) - Suivi de la lâchurs exceptionnelle du barrage Marne. Synoptique. Service de Navigation de la Seine (SNC), Arrondissement de Paris et de l'Hydrologie, Subdivision centralisateur de bassin Seine-Normandie, sept. 1990.

**SNS** (1990) - Lâchure exceptionnelle du barrage Marne. Suivi des débits. Service de Navigation de la Seine (SNC), Arrondissement de Paris et de l'Hydrologie, Subdivision d'étude des débits, sept. 1990.

**Kaelin J.L.** *et al.* (1990) - Région de Soulaines (Aube, France). Géologie, hydrogéologie et géotechnique. ANDRA.

**Panel R., Kerbaul A., Balleur D.** (1991) - Influence du débit de la Marne sur la piézométrie de la nappe du Perthois. Rapport BRGM n° R33681 CHA 4S 91, octobre 1991 pour l'IIBRBS.

**Kaelin J.L.** *et al* .(1992) - Région de Soulaines (Aube, France). Notice Carte géologique et Carte structurale au 1/25 000. ANDRA.

**Panel R.** (1992) - Impact de la régulation du débit de l'Aube sur la piézométrie dans la vallée de l'Aube. Rapport BRGM n° R35243 CHA 4S 92, juin 1992 pour l'IIBRBS.

**Kerjean M., Soncourt E., Meunier P.H.** (1992) - Synthèse hydrogéologique des bassins d'alimentation en amont des Barrages Marne, Seine, Aube et Pannecière. Rapport BRGM n° 35320 CHA 4S 92, juillet 1992 pour l'IIBRBS.

- Rapport 1 - Bassins d'alimentation en amont des Barrages Seine et Aube. Géologie - Hydrogéologie (Kerjean M.).
- Rapport 2 - Bassins d'alimentation en amont du Barrage Marne - Géologie - Hydrogéologie (Kerjean M.).
- Rapport 3 - Bassins d'alimentation en amont des Barrages Marne, Seine-et-Aube - Contribution des aquifères à l'alimentation des barrages réservoirs (Soncourt E.).
- Rapport 4 - Bassins d'alimentation en amont du Barrage de Pannecière - Note hydrogéologique (Meunier P.H.).
- Résumé (Kerjean M.).

**Vilmus T.** (1992) - Bilan des ressources de la nappe de la craie. Bassin de la Montcient et de l'Aubette de Meulan (Val d'Oise). Rapport BRGM n° R35984 IDF 4S/92.

**Panel R.** (1992) - Infiltration des eaux en provenance des coteaux du vignoble Champenois, influence sur la qualité des eaux de la nappe de la craie, observation à Versenay (Marne). Rapport BRGM R 34749 CHA 4S 92.

**Kerjean M., Meunier Ph.** (1993) - Direction départementale de l'Equipement de l'Aube. Rocade ouest de Troyes. Etude des variations piézométriques de la nappe de la craie et prévision des cotes de hautes eaux. Rapport BRGM n° R37604 REI 4S 93, juin 1993.

**Miquel J., Levassor A.** (1993) - Les barrages-réservoirs dans le contexte du bassin de la Seine. In « Actes du colloque : la Seine et son bassin : de la recherche à la gestion du PIREN Seine », 29 et 30 avril 1993, Paris, colloque organisé par le Programme Environnement du Centre de la Recherche Scientifique, p. 23-47, publié par Fustec E. et De Marsily G.

**Tajjar M.H., Levassor A.** (1993) - Les lâchures des barrages réservoirs. Propagation et impacts. PIREN-Seine, Actes du colloque « la Seine et son bassin : de la Recherche à la Gestion », 29 et 30 avril 1993, p. 49-56, Paris.

**PLA** (1993) - Bilan hydrologique. Barrage Marne. Étude réalisée par Pierre Londe & Associés (PLA, Paris) pour l'IIBRBS.

**Rambaud D., Roussel Ph. (ANTEA), (ARMINES)** (1995) - Étude de définition relative au soutien des débits des rivières par la réalimentation des nappes. ARMINES et BRGM, rapport ANTEA n° A02888 pour l'IIBRBS.

**Anonyme** (1994) - Carte de vulnérabilité à la sécheresse des nappes d'eau souterraines libres. Analyse multicritères par SynerGIS. Département de l'Aube. Rapport BRGM n° R 38175, décembre 1994. Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM.

**CACG, GEOSYS** (1995) - Étude prospective des besoins en eau dans le bassin de la Seine (3 tomes). Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne (CACG) et GEOSYS pour l'Agence de l'Eau Seine-Normandie et l'IIBRBS, février 1995.

**Gayda M.** (1995) - Les canaux parisiens. Éditions de l'Ormet, Valignat (France).

**Vernoux J.F.** (1996) - Bilan de la nappe des Calcaires de Champigny (Seine-et-Marne). Rapport BRGM n° R38768, janvier 1996. Étude réalisée dans le cadre des actions de service public du BRGM 95-D-424.

**Panel R., Levassor A.** (1996) - Soutien des débits des rivières par la réalimentation des nappes :

- Étude bibliographique de divers problèmes liés à la régularisation du régime des cours d'eau (Levassor A., ARMINES).
- Contribution potentielle de l'aquifère de la Craie champenoise (Panel R., rapp. ANTEA n° A06074, mai 1996).
- Contribution potentielle des lacs de gravières au soutien des débits d'étiage. Application à la Bassée et au Perthois (Levassor A., ARMINES).

- Synthèse. Potentialités de l'aquifère crayeux de Champagne et des lacs de gravières du bassin de la Seine (Levassor A. et Panel R., ARMINES et ANTEA, rapport ANTEA n° A07085, septembre 1996).

**Devos A.** (1996) - Hydrologie et aménagements hydrauliques de la Saulx et de l'Ornain (Lorraine), Thèse de doctorat de l'université de Metz, Mention Géographie.

**Fradet P.** (1997) - Détermination des périmètres de protection du captage d'alimentation en eau potable des Grandes Loges (Marne). Note technique CHA/HA97006.

**SOGEAH** (1997) - Amélioration de la base de données hydrologiques de la Seine jusqu'à Paris. SOGREAH ingénierie, déc. 1997 pour l'IIBRBS.

**Normand M., Stollsteiner P.** (1997) - Projet Est de la France. Modélisation hydrologique globale du système aquifère des calcaires du Barrois, phase 1 - Collecte des données et études. Rap. ANTEA A10934, octobre 1997.

**Normand M., Stollsteiner P.** (1998) - Projet Est de la France. Modélisation hydrologique globale du système aquifère des calcaires du Barrois. Phase 2 - Synthèse des données disponibles et proposition d'un schéma hydrologique conceptuel. Rap. ANTEA A10934, juin 1998.

**HYDRATEC** (1998) - Inondations en Ile-de-France. Nouvelles études, nouvelles connaissances. Évaluation des dommages liés aux crues en région Ile-de-France (synthèse effectuée entre 1992 et 1998), août 1998. Observations hydrogéologiques sur le sud-est du bassin de Paris. CD-Rom pour IIBRBS, AESN, Région Ile-de-France, Préfecture de la région Ile-de-France :

- Crues du bassin de la Seine.
- Rapport de synthèse.
- Volet hydraulique. 1.1 - Reconstitution des séries de débits maxima annuels.
- Volet hydraulique. 1 - Hydrologie.
- Volet hydraulique. 1.3.1 - Reconstitution de la crue de janvier 1910.
- Volet hydraulique. 1.3.3 - Reconstitution de la crue de janvier 195.

**AESN** (1998) - Connaissance des milieux aquatiques. Les réseaux de mesures cofinancés en 1998 par l'Agence de l'Eau Seine-Normandie. AESN/Direction de la Recherche, des Études, de l'Agriculture et des Milieux, Service Environnement (DREAM).

**Collectif** (1998) - Revue de la Société Hydrotechnique de France : La Houille Blanche n° 1 – 1998 - Dossier : « Le risque de crue en région parisienne (2$^{e}$ partie) », p. 45-90.

**Martin J.C., Giot D., Le Nindre Y.M.** (1999) - Études préalables à la réalisation d'un modèle de gestion de nappe de Beauce. Géométrie du réservoir et limites de la nappe de Beauce. Rapport BRGM R 40571, mars 1999.

**Collectif** (2000) - Revue de la Société Hydrotechnique de France : La Houille Blanche n° 1 – 2000. Dossier : « La gestion des risques liés aux inondations rapides et lentes », p. 21-94.

**Martin J.C., Rouxel-David E., Pinault J.L., Lecomte-Morel V., Golaz C.** (2001) - Projet 01RISR05. Dynamique fluviale, érosion et transport solide. Module Aisne/Oise. Etude des crues de l'Aisne. Apport de l'hydrogéologie et des modèles pluie-niveau et pluie-débit sur les relations nappe-rivière. Rapport BRGM n° RP-51437-FR, décembre 2001.

**Vernoux J.F., Le Nindre Y.M., Martin J.C.** (2001) - Relations nappe-rivière et impact des prélèvements d'eau souterraine sur les débits des cours d'eau dans le bassin de la Juine et de l'Essonne. Rapport BRGM/RP-50637-FR, juillet 2001.

**Mardhel V., Negel Ph, Pointet T.** (2001) - Première analyse des composantes des écoulements souterrains du bassin versant de la Somme en période de crues. Rapport BRGM n° RP-51030-FR, juillet 2001.

**Programme PIREN-Seine 1998-2001** (2001) - La maîtrise des débits en situation d'étiage. Rapport de synthèse, février 2001.

**Vidart B., Normand M., Le Nindre Y.** (2001) - Projet Meuse - Haute-Marne, Hydrogéologie des calcaires du Kimméridgien, de l'Oxfordien et du Dogger. Rapport ANTEA D RP 0ANT 00-022/A et annexes 1 à 9.

**Normand M.** (2001) - Centre de l'Aube. Actualisation des données hydrométriques de la station du pont de la route D.24 sur la rivière les Noues d'Amance (janvier 1998-juin 2001). Rapport ANTEA n° A25361/A, novembre 2001.

**Amraoui N., Golaz C., Mardhel V.** *et al.* (2002) - Simulation par modèle des hautes eaux de la Somme. Étude réalisée dans le cadre des opérations de Service public du BRGM 2001-EAU-631. Rapport BRGM n° 51827-FR, mars 2002.

**Gomez E.** (2002) - Modélisation intégrée du transfert de nitrate à l'échelle régionale dans un système hydrologique. Application au bassin de la Seine. Thèse de Docteur de l'École des Mines de Paris, spécialité « Hydrologie et hydrogéologie quantitatives », Paris le 5/12/2002.

**Barizzi J.** *et al.* (2002) - Les canaux de Paris. Un réseau fluvial à découvrir. Mairie de Paris.

**Evens S., Billen G., Garnier J.** *et al.* (2002) - Programme PIREN-Seine 1998-2001. La maîtrise des débits en situation d'étiage. Rapport de synthèse, février 2002.

**Base de Données du Référentiel Hydrogéologique de la France BD RHF** ® Version 1 - (2002) - Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, Agences de l'Eau et BRGM, RNDE.

**Programme PIREN** (2002) - Seine. Rapport annuel 2002. Rapports de synthèse 1998-2001. CD-Rom CNRS/UMR CNRS 7619 Sisyphe, Paris.

**Machard De Gramont H., Mardhel V., Pointet T.** *et al.* (2003) - Étude de sensibilité aux remontées de nappes. Méthodologie et application à 20 secteurs - tests de France métropolitaine. Rapport BRGM n° RP-52340-FR, avril 2003.

**Ledoux M., Gomez E.** (2003) - Bassin de la Seine en amont de Paris. Étude de l'influence des nappes sur les débits (étiages et crues). Ecole de Mine de Paris, Centre d'Informatique Géologique de Fontainebleau. Rapport provisoire, janvier 2003.

**Normand M.** (2003) - Argumentaire pour l'IIBRBS explicitant les spécificités de l'étude BRGM intitulée « Influence des eaux souterraines sur le débit des cours d'eau et contribution aux crues et aux étiages sur le bassin amont de la Seine », 5 p., BRGM, 6 mai 2003.

**Gomez E., Ledoux E.** (2003) - Influence des nappes sur les débits des rivières (étiage et crue). Ecole des Mines de Fontainebleau. Mars 2003.

**Pathirana N.** (2003) - Contribution des eaux souterraines au débit des rivières en crue et en étiage sur le bassin de la Seine en amont de Paris. Mémoire de DESS Géosciences appliquées aux équipements en milieux urbains, ruraux, littoraux et côtiers, Option : Aménagement. Université Bordeaux 1, 17 septembre 2003.

**Vernoux J.F., Noel Y.** (2003) - Synthèse bibliographique de l'aquifère du Champigny. Relation nappe - rivière. Rapport BRGM n° RP -52366-FR.

**Normand M., Mardhel V., Schomburgk S.** (2003) - Influence des eaux souterraines sur le débit des cours d'eau sur le bassin amont de la Seine. Analyse des résultats du modèle MODCOU. Note BRGM/EAU n° 42-03, octobre 2003.

**Pathirana N.** (2003) - Contribution des eaux souterraines au débit des rivières en crue et en étiage sur le bassin de la Seine en amont de Paris. Mémoire de DESS Géosciences appliquées aux équipements en milieux urbains, ruraux, littoraux et côtiers, Option : Aménagement. Université Bordeaux 1, 17 septembre 2003.

**Vernoux J.F., Noel Y.** (2003) - Synthèse bibliographique de l'aquifère du Champigny. Relation nappe - rivière. Rapport BRGM n° RP -52366-FR.

**Normand M., Mardhel V., Schomburck S.** (2003) - Influence des eaux souterraines sur le débit des cours d'eau sur le bassin amont de la Seine. Analyse des résultats du modèle MODCOU développé par l'Ecole des Mines de Paris. Note BRGM/EAU n° 42-03, octobre 2003.

**Normand M., Mardhel V., Schomburck S.** (2003) - Influence des eaux souterraines sur le débit des cours d'eau sur le bassin amont de la Seine. Rapport BRGM/RP-52582-FR, octobre 2003.

**Ledoux M., Gomez E.** (2003) - Bassin de la Seine en amont de Paris. Etude de l'influence des nappes sur les débits (étiages et crues). École de Mine de Paris, Centre d'Informatique Géologique de Fontainebleau. Rapport provisoire, janvier 2003.

**Normand M., Mardhel V. Schomburgk S.** (2003) - Influence des eaux souterraines sur le débit des cours d'eau sur le bassin amont de la Seine. Rapport BRGM-RP-52582-FR, 92 p.

**Ledoux M., Gomez E.** (2003) - Bassin de la Seine en amont de Paris. Étude de l'influence des nappes sur les débits (étiages et crues). École des Mines de Paris Centre d'Informatique Géologique de Fontainebleau.

**Normand M., Mardhel V., Schomburgk S.** (2003) - Influence des eaux souterraines sur le débit des cours d'eau sur le bassin amont de la Seine. Rapport BRGM/RP-52 582-FR.

**Petit V., Hanot F., Pointet T.** (2003) - Référentiel hydrogéologique BRDHF, Guide méthodologique de découpage des entités. Rapport BRGM/RP-52261-FR.

**Rouxel-David E.** *et al.* (2003 - Cartographie de la nappe de la craie en Champagne-Ardenne. Rapport BRGM/RP-52332-FR.

**Thiery D.** (2003) - Logiciel GARDENIA version 6.0, Guide d'utilisation. Rapport BRGM/RP-52832-FR.

**David A.** *et al.* (2004) - Annuaire piézomètrique du bassin Seine-Normandie, année hydrologique 2002-2003. Rapport BRGM/RP-53073-FR.

**Nègre E.** (2004) - Modélisation hydrologique globale du bassin versant de la Marne à Saint-Dizier. Stage de fin d'études d'ingénieur ISIM/Polytech' Montpellier, Sciences et Technologies de l'Eau, novembre 2004.

**Arrêté n° 2004-1204** définissant des seuils en cas de sécheresse sur les rivières Yonne, Aube, Seine, Marne et Oise entraînant des mesures coordonnées se limitation provisoire des usages de l'eau et de surveillance sur ces rivières et leur nappe d'accompagnement.

**Naulet R., Lang M.** (2004) - DIREN Ile-de-France. Critique d'un jeu de données hydrométriques pour la DIREN Ile-de-France. CEMAGREF, Unité de recherche Hydrologie-hydraulique, octobre 2004.

**Normand M.** (2004) - Diaporama « Élaboration d'outils d'aide à la gestion en étiage du lac-réservoir Marne prenant en compte les eaux souterraines - Réunion de lancement de projet du 17/09/04 » joint au compte rendu BRGM de la réunion n° 60-04 du 20/09/04.

**Viennot P., Ledoux E.** (2004) - Modélisation du fonctionnement hydrogéologique du bassin de la Seine. Note sur l'état du calage en régime transitoire au 12/05/2004. Formations aquifères. Restitution des débits de la Seine et de la Marne. Prospective de débit d'étiage 2004. Rapport du Centre d'informatique géologique, École des Mines de Paris/ARMINES, n° LHM/RD/04/21, Fontainebleau.

**Viennot P., Ledoux E.** (2004) - Modélisation du fonctionnement hydrogéologique du bassin de la Seine. Prévision des étiages. Rapport du Centre d'informatique géologique, École des Mines de Paris/ARMINES, n° LHM/RD/04/30, Fontainebleau.

**Wrobel F.** (2004) - Paramétrage d'un dispositif de mesure de débit en rivière par ultrasons. Mémoire de stage de 2e année de l'INP Grenoble - ENSHMG, Maître de stage Javelle P. DIREN - Ile-de-France, juin-septembre 2004.

**Anonyme** (2004) - Fiches caractéristiques des stations hydrométriques. DIREN Ile-de-France, Service des risques naturels, de l'hydrométrie et de l'annonce de crue.

**Nègre E.** (2005) - Étude hydrologique, hydraulique et hydrogéologique du bassin - versant de la Marne. Modélisations hydrologiques globales Gardenia et Eros pour une prédétermination des débits d'étiage. Formation postgrade en Gestion des ressources en eau Hydrologie & Hydrogéologie, travail de diplôme Cycle de spécialisation en hydrogéologie, Centre d'hydrogéologie Université de Neuchâtel (Suisse).

**Normand M.** (2005) - Diaporama « Élaboration d'outils d'aide à la gestion en étiage du lac-réservoir Marne prenant en compte les eaux souterraines - Réunion d'avancement du 24/01/05 », remise au 11/02/05. Note BRGM/EAU n° 09/05.

**Viennot P., Ledoux E.** (2005) - Diaporama présenté à la réunion CO.TE.CO du 11 mars 2005 « Analyse des étiages de la Seine en amont de Paris au moyen du logiciel MODCOU ». Centre d'informatique géologique, École des Mines de Paris/ARMINES, Fontainebleau.

**Normand M.** (2005) - Compte rendu de la mission des 19 et 20 avril 2005. Diagnostic sur les stations hydrométriques du bassin de la Marne en amont de Condé-sur-Marne et sur l'impact des aménagements hydrauliques existant. Note BRGM/EAU n° 37/05, 26 avril 2005.

**Normand M.** (2005) - Diaporama « Prévision des débits de la Marne au 1er mars 2005 » présenté lors de la réunion du CO.TE.CO à l'IIBRBS le 11 mars 2005. Note BRGM/EAU n° 14/05, 10 mars 2005.

**Normand M.** (2005) - Diaporama « Réunion CO.TE.CO du 20 mai 2005. Prévisions des débits de la Marne émises à fin avril 2005 » présenté lors de la réunion du CO.TE.CO à l'IIBRBS le 20 mai 2005. Note BRGM/EAU n° 46/05, 16 mai 2005.

**Arrêté n° 2005-906** définissant des seuils en cas de sécheresse sur les rivières Yonne, Aube, Seine, Marne, Oise et Aisne entraînant des mesures coordonnées se limitation provisoire des usages de l'eau et de surveillance sur ces rivières et leur nappe d'accompagnement. Préfecture de la Région Ile-de-France, avril 2005.

## DONNÉES

**Banque HYDRO** du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable.

**DIREN Ile-de-France et Champagne** pour les données hydrométriques.

**EDF** pour les données sur les débits prélevés à la Centrale thermique de Vaires-sur-Marne.

Données sur les débits prélevés pour l'AEP :

- CGE pour l'usine d'Annet-sur-Marne et de Neuilly-sur-Marne ;
- SAGEP pour les prélèvements alimentant l'aqueduc de la Dhuys et les usines de Joinville-le-Pont et Saint-Maur-Les-Fossés ;
- Agence de l'Eau Seine-Normandie ;
- Service des canaux de la Ville de Paris : débits prélevés en Marne pour l'alimentation du Canal de l'Ourcq.

Banque de données climatologiques de Météo France.

Base de Données CARTHAGE © de l'IGN.

Modèle numérique de terrain de l'IGN.

Serveur BRGM/MEDD Eaux souterraines du bassin Seine-Normandie : données piézométriques.

## LOGICIELS ET DOCUMENTATION

**Roche P.A., Thiery D.** (1984) - Simulation globale de bassins hydrologiques, introduction à la modélisation et description du modèle GARDENIA, Rap. BRGM 84 SGN 337 EAU.

**Thiery D.** (1985) - La chaîne DELPHES. Dépouillement des données Limnigraphiques, Pluviométriques ou Hydrométriques En Série. Note technique BRGM/SGN/Département Eau, n° 85/25, octobre 1985.

**Edijtano, Michel C.** (1989) - Un modèle pluie-débit journalier à trois paramètres. In: La Houille Blanche Journal, p. 113-121.

**Thiery D., Moutzopoulos C.** (1992) - 1992 - Un modèle hydrologique spatialisé pour la simulation de très grands bassins : le modèle EROS formé de grappes de modèles globaux élémentaires. VIII$^{ème}$ journées hydrologiques de l'ORTOM « Régionalisation en hydrologie, application au développement ». In: Le Barbet et Servat E., ORSTOM Éditions, p. 285-295.

**Hyfran version 1.1.** (2002) - Logiciel pour l'analyse statistique en hydrologie développé à l'INRS-ETE par l'équipe de la Chaire en hydrologie statistique (HYDRO-QUEBEC/ALCAN/CRSNG).

**Thiery D.** (2003) - Modélisation de la Somme à Abbeville de 1995 à fin février 2003. Modèle Gardenia et modèle spatialisé EROS. Note BRGM inédite, 14 mars 2003.

**Thiery D.** (2003) - Logiciel GARDENIA. Modèle global à réservoirs pour la simulation des débits et des niveaux aquifères. Nouvelle version 6.0c du logiciel, BRGM/RP-52832-FR, décembre 2003.

**Thiery D** (2004) - Description succincte du modèle GARDENIA. Note technique, NT EAU 2004/03, février 2004.

**Thierry D.** (2004) - Le logiciel SHALIMAR (Statistiques Hydrologiques Analyses Lissage Modifications Algébriques), version 3.6. BRGM, septembre 2004.

**Thierry D.** (2004) - Simulation d'une grappe de bassins versants du Doubs et de la Loue avec le modèle EROS, prise en compte d'exportations et d'importations. Note technique, NT EAU 2004/23, décembre 2004.

**Thiery D.** (2004) - Simulation d'une grappe de bassins versants de la Saône avec le modèle EROS. Application aux bassins de Neublans, Le Châtelet et Mâcon. Note technique, NT EAU 2004/24, décembre 2004.

# Annexe 1

# Données hydrométriques

| Année | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Module annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1949 | 36.15 | 16.99 | 17.14 | 11.26 | 8.78 | 11.59 | 2.73 | 1.65 | 1.30 | 1.18 | 8.17 | 34.33 | **12.62** |
| 1950 | 26.85 | 76.23 | 26.84 | 29.94 | 27.38 | 17.60 | 5.72 | 2.92 | 5.02 | 3.40 | 34.32 | 72.30 | **27.09** |
| 1951 | 76.61 | 41.00 | 48.92 | 52.43 | 14.06 | 46.46 | 25.03 | 9.04 | 3.80 | 1.37 | 40.10 | 27.96 | **32.25** |
| 1952 | 88.81 | 71.52 | 58.80 | 55.72 | 9.93 | 4.88 | 1.42 | 1.77 | 2.63 | 28.19 | 79.13 | 105.42 | **42.28** |
| 1953 | 23.96 | 43.95 | 19.32 | 8.57 | 5.19 | 27.81 | 12.67 | 4.94 | 3.16 | 1.89 | 2.26 | 2.05 | **12.75** |
| 1954 | 11.88 | 11.76 | 20.54 | 21.61 | 5.73 | 5.23 | 2.28 | 11.95 | 10.83 | 21.89 | 24.32 | 75.55 | **18.74** |
| 1955 | 138.75 | 88.34 | 39.13 | 21.19 | 9.66 | 15.12 | 9.10 | 6.20 | 5.76 | 4.83 | 5.46 | 21.51 | **30.19** |
| 1956 | 57.67 | 33.59 | 33.36 | 27.03 | 13.09 | 14.81 | 8.75 | 12.01 | 26.15 | 15.15 | 27.15 | 36.74 | **25.47** |
| 1957 | 31.83 | 92.34 | 43.79 | 23.12 | 9.87 | 8.12 | 6.72 | 7.33 | 7.99 | 10.02 | 13.70 | 22.86 | **22.68** |
| 1958 | 70.32 | 118.77 | 60.19 | 19.16 | 51.37 | 22.02 | 16.94 | 9.09 | 8.32 | 19.29 | 38.81 | 68.33 | **41.53** |
| 1959 | 143.52 | 29.62 | 23.58 | 32.46 | 25.35 | 14.09 | 5.38 | 3.86 | 1.35 | 0.98 | 1.23 | 10.08 | **24.42** |
| 1960 | 34.29 | 43.62 | 39.97 | 10.80 | 4.90 | 6.62 | 11.05 | 44.39 | 42.81 | 45.96 | 60.77 | 51.55 | **33.05** |
| 1961 | 68.13 | 89.96 | 27.40 | 15.67 | 14.47 | 13.05 | 4.30 | 3.92 | 2.29 | 7.87 | 25.72 | 62.45 | **27.58** |
| 1962 | 63.00 | 68.36 | 30.94 | 76.57 | 47.77 | 14.47 | 6.33 | 3.29 | 2.63 | 3.00 | 2.92 | 17.96 | **27.86** |
| 1963 | 22.64 | 9.12 | 32.57 | 29.38 | 15.41 | 34.71 | 11.46 | 21.64 | 9.76 | 6.88 | 39.55 | 16.16 | **20.88** |
| 1964 | 11.81 | 26.59 | 36.53 | 24.93 | 11.50 | 6.06 | 5.85 | 3.10 | 4.30 | 5.02 | 20.73 | 17.48 | **14.45** |
| 1965 | 73.05 | 33.61 | 71.36 | 49.94 | 37.67 | 24.49 | 9.80 | 6.99 | 33.53 | 34.98 | 34.08 | 150.00 | **46.86** |
| 1966 | 90.18 | 72.10 | 31.48 | 44.93 | 32.45 | 14.47 | 10.30 | 9.11 | 9.05 | 5.69 | 9.42 | 118.80 | **37.28** |
| 1967 | 68.77 | 41.59 | 40.20 | 25.50 | 15.65 | 10.49 | 5.81 | 4.72 | 9.23 | 15.55 | 45.96 | 74.67 | **29.85** |
| 1968 | 158.82 | 52.37 | 43.22 | 22.55 | 30.58 | 10.41 | 7.30 | 23.70 | 83.49 | 52.08 | 40.78 | 42.33 | **47.39** |
| 1969 | 52.12 | 71.39 | 54.39 | 52.52 | 46.84 | 40.40 | 15.67 | 6.17 | 4.34 | 2.68 | 6.36 | 35.23 | **32.09** |
| 1970 | 42.88 | 180.96 | 78.10 | 79.55 | 36.75 | 22.68 | 21.89 | 8.09 | 6.33 | 15.06 | 16.05 | 26.86 | **43.69** |
| 1971 | 24.88 | 31.37 | 19.57 | 15.83 | 12.46 | 16.19 | 7.17 | 4.85 | 3.21 | 2.70 | 10.28 | 11.59 | **13.26** |
| 1972 | 9.05 | 38.00 | 11.62 | 26.97 | 11.22 | 9.56 | 24.29 | 27.59 | 7.48 | 4.01 | 56.04 | 38.13 | **21.90** |
| 1973 | 10.69 | 64.90 | 22.31 | 13.22 | 21.60 | 9.39 | 6.77 | 6.11 | 3.49 | 4.35 | 15.18 | 75.59 | **20.89** |
| 1974 | 20.37 | 35.66 | 42.89 | 21.37 | 5.56 | 4.87 | 4.90 | 3.24 | 3.36 | 61.21 | 56.27 | 90.89 | **29.26** |
| 1975 | 45.37 | 25.07 | 12.08 | 56.05 | 16.45 | 7.77 | 6.37 | 5.63 | 5.99 | 6.64 | 26.41 | 45.94 | **21.61** |
| 1976 | 21.13 | 56.97 | 11.60 | 7.47 | 7.34 | 5.69 | 3.07 | 2.03 | 2.25 | 4.25 | 12.98 | 24.70 | **13.14** |
| 1977 | 36.25 | 160.96 | 24.36 | 21.64 | 31.95 | 15.82 | 9.35 | 14.49 | 10.68 | 7.50 | 41.06 | 48.68 | **34.34** |
| 1978 | 52.72 | 86.95 | 81.53 | 41.50 | 35.64 | 19.82 | 15.93 | 8.61 | 5.00 | 3.92 | 3.73 | 7.04 | **29.93** |
| 1979 | 7.26 | 90.87 | 85.88 | 56.88 | 41.03 | 38.91 | 11.63 | 11.47 | 8.79 | 7.18 | 27.11 | 55.51 | **36.58** |
| 1980 | 45.04 | 68.51 | 31.14 | 25.65 | 6.30 | 13.29 | 41.96 | 14.29 | 8.49 | 13.51 | 14.34 | 48.76 | **27.55** |
| 1981 | 95.33 | 35.04 | 35.42 | 21.32 | 8.76 | 26.59 | 15.92 | 11.20 | 17.35 | 80.05 | 44.62 | 141.29 | **44.67** |
| 1982 | 99.23 | 36.00 | 30.74 | 13.57 | 10.43 | 9.33 | 9.39 | 8.01 | 5.53 | 36.22 | 29.70 | 90.34 | **31.72** |
| 1983 | 71.93 | 47.40 | 35.97 | 98.62 | 92.77 | 30.69 | 9.50 | 5.59 | 7.17 | 6.37 | 12.50 | 19.34 | **36.47** |
| 1984 | 53.57 | 68.70 | 20.54 | 19.90 | 10.20 | 16.59 | 8.50 | 6.07 | 10.65 | 30.04 | 46.10 | 37.86 | **27.26** |
| 1985 | 18.42 | 25.76 | 10.40 | 16.45 | 46.83 | 15.90 | 9.80 | 7.01 | 5.01 | 4.25 | 5.44 | 11.70 | **14.70** |
| 1986 | 63.27 | 10.86 | 22.44 | 93.38 | 47.81 | 21.16 | 7.78 | 6.53 | 10.65 | 17.16 | 25.65 | 60.87 | **32.47** |
| 1987 | 52.15 | 10.86 | 27.45 | 30.34 | 21.07 | 40.54 | 30.05 | 23.08 | 12.07 | 19.27 | 15.25 | 16.86 | **25.15** |
| 1988 | 56.55 | 72.39 | 65.20 | 31.03 | 17.28 | 26.94 | 14.92 | 8.90 | 8.64 | 13.59 | 11.19 | 66.31 | **32.75** |
| 1989 | 12.86 | 6.34 | 7.09 | 38.21 | 10.80 | 8.64 | 6.88 | 4.22 | 3.31 | 3.20 | 6.41 | 12.43 | **10.02** |
| 1990 | 5.38 | 46.00 | 28.27 | 3.30 | 3.64 | 5.99 | 11.99 | 5.08 | 7.21 | 14.04 | 53.17 | 48.72 | **19.22** |
| 1991 | 80.81 | 7.31 | 6.99 | 6.56 | 6.09 | 6.68 | 7.47 | 3.45 | 2.22 | 6.27 | 32.13 | 29.67 | **16.44** |
| 1992 | 6.06 | 6.47 | 30.77 | 17.23 | 6.89 | 13.13 | 7.79 | 5.24 | 5.15 | 18.04 | 72.17 | 33.87 | **18.58** |
| 1993 | 23.71 | 8.11 | 5.68 | 6.11 | 10.11 | 9.36 | 8.37 | 3.74 | 12.64 | 51.93 | 15.07 | 76.50 | **19.46** |
| 1994 | 99.10 | 32.18 | 25.43 | 33.52 | 9.16 | 14.59 | 8.88 | 10.70 | 24.76 | 12.25 | 17.82 | 26.59 | **26.28** |
| 1995 | 74.10 | 84.40 | 67.77 | 52.45 | 26.53 | 10.46 | 8.05 | 4.66 | 9.60 | 11.42 | 15.76 | 8.78 | **30.86** |
| 1996 | 8.31 | 6.89 | 5.08 | 5.09 | 6.48 | 5.10 | 5.22 | 4.77 | 4.12 | 4.34 | 70.83 | 43.37 | **14.11** |
| 1997 | 6.19 | 22.86 | 31.01 | 5.62 | 5.81 | 8.44 | 10.39 | 7.75 | 7.80 | 8.04 | 33.97 | 44.34 | **15.98** |
| 1998 | 29.77 | 4.38 | 4.06 | 40.63 | 15.72 | 6.25 | 4.28 | 2.97 | 3.25 | 25.47 | 53.55 | 13.67 | **17.02** |
| 1999 | 21.74 | 61.25 | 82.87 | 22.71 | 8.24 | 6.90 | 7.10 | 5.05 | 6.76 | 17.78 | 17.25 | 87.46 | **28.68** |
| 2000 | 52.90 | 56.87 | 31.75 | 8.96 | 10.22 | 14.02 | 34.40 | 17.56 | 12.01 | 25.62 | 79.48 | 31.37 | **31.19** |
| 2001 | 32.19 | 22.53 | 82.96 | 90.06 | 36.94 | 9.39 | 10.97 | 7.14 | 22.16 | 21.82 | 33.36 | 43.86 | **34.50** |
| 2002 | 60.40 | 63.96 | 61.36 | 8.50 | 6.01 | 5.06 | 5.03 | 3.62 | 5.04 | 8.22 | 66.88 | 41.76 | **27.76** |
| 2003 | 50.62 | 41.04 | 8.85 | 8.20 | 9.26 | 6.62 | 3.89 | 4.59 | 4.04 | 5.00 | 11.58 | 10.07 | **13.49** |
| 2004 | 63.83 | 17.33 | 6.64 | 6.55 | 10.13 | 8.47 | 4.80 | 7.95 | 5.30 | 18.26 | 31.53 | 18.60 | **16.65** |
| 2005 | 16.82 | 18.38 | 14.03 | 11.31 | | | | | | | | | |
| **Statistiques sur la période 1949 - 1999** | | | | | | | | | | | | | |
| **Moyenne** | 49.87 | 50.32 | 34.59 | 30.93 | 20.17 | 15.89 | 10.40 | 8.59 | 9.93 | 15.65 | 27.82 | 47.20 | 26.69 |
| **Maximum** | 158.82 | 180.96 | 85.88 | 98.62 | 92.77 | 46.46 | 41.96 | 44.39 | 83.49 | 80.05 | 79.13 | 150.00 | 47.39 |
| **Minimum** | 5.38 | 4.38 | 4.06 | 3.30 | 3.64 | 4.87 | 1.42 | 1.65 | 1.30 | 0.98 | 1.23 | 2.05 | 10.02 |

| | |
|---|---|
| | Débits influencés par la prise d'eau pour l'alimentation du lac - réservoir Marne (IIBRBS) |
| 4.80 | Débits reconstitués par corrélation à partir des débits mensuels mesurés par l'IIBRBS |
| 10.41 | Débits reconstitués par corrélation à partir des débits mensuels mesurés à la station de Vitry -en-Perthois sur la Saulx (Banque HYDRO) |

**Débits mensuels naturels (1949 à 11/1973) et influencés (12/1973 à actuel) de la MARNE à Saint-Dizier (données Banque HYDRO complétées par celles de l'IIBRBS)**

| Année | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Module annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1949** | 36.15 | 16.99 | 17.14 | 11.26 | 8.78 | 11.59 | 2.73 | 1.65 | 1.30 | 1.18 | 8.17 | 34.33 | **12.62** |
| **1950** | 26.85 | 76.23 | 26.84 | 29.94 | 27.38 | 17.60 | 5.72 | 2.92 | 5.02 | 3.40 | 34.32 | 72.30 | **27.09** |
| **1951** | 76.61 | 41.00 | 48.92 | 52.43 | 14.06 | 46.46 | 25.03 | 9.04 | 3.80 | 1.37 | 40.10 | 27.96 | **32.25** |
| **1952** | 88.81 | 71.52 | 58.80 | 55.72 | 9.93 | 4.88 | 1.42 | 1.77 | 2.63 | 28.19 | 79.13 | 105.42 | **42.28** |
| **1953** | 23.96 | 43.95 | 19.32 | 8.57 | 5.19 | 27.81 | 12.67 | 4.94 | 3.16 | 1.89 | 2.26 | 2.05 | **12.75** |
| **1954** | 11.88 | 11.76 | 20.54 | 21.61 | 5.73 | 5.23 | 2.28 | 11.95 | 10.83 | 21.89 | 24.32 | 75.55 | **18.74** |
| **1955** | 138.75 | 88.34 | 39.13 | 21.19 | 9.66 | 15.12 | 9.10 | 6.20 | 5.76 | 4.83 | 5.46 | 21.51 | **30.19** |
| **1956** | 57.67 | 33.59 | 33.36 | 27.03 | 13.09 | 14.81 | 8.75 | 12.01 | 26.15 | 15.15 | 27.15 | 36.74 | **25.47** |
| **1957** | 31.83 | 92.34 | 43.79 | 23.12 | 9.87 | 8.12 | 6.72 | 7.33 | 7.99 | 10.02 | 13.70 | 22.86 | **22.68** |
| **1958** | 70.32 | 118.77 | 60.19 | 19.16 | 51.37 | 22.02 | 16.94 | 9.09 | 8.32 | 19.29 | 38.81 | 68.33 | **41.53** |
| **1959** | 143.52 | 29.62 | 23.58 | 32.46 | 25.35 | 14.09 | 5.38 | 3.86 | 1.35 | 0.98 | 1.23 | 10.08 | **24.42** |
| **1960** | 34.29 | 43.62 | 39.97 | 10.80 | 4.90 | 6.62 | 11.05 | 44.39 | 42.81 | 45.96 | 60.77 | 51.55 | **33.05** |
| **1961** | 68.13 | 89.96 | 27.40 | 15.67 | 14.47 | 13.05 | 4.30 | 3.92 | 2.29 | 7.87 | 25.72 | 62.45 | **27.58** |
| **1962** | 63.00 | 68.36 | 30.94 | 76.57 | 47.77 | 14.47 | 6.33 | 3.29 | 2.63 | 3.00 | 2.92 | 17.96 | **27.86** |
| **1963** | 22.64 | 9.12 | 32.57 | 29.38 | 15.41 | 34.71 | 11.46 | 21.64 | 9.76 | 6.88 | 39.55 | 16.16 | **20.88** |
| **1964** | 11.81 | 26.59 | 36.53 | 24.93 | 11.50 | 6.06 | 5.85 | 3.10 | 4.30 | 5.02 | 20.73 | 17.48 | **14.45** |
| **1965** | 73.05 | 33.61 | 71.36 | 49.94 | 37.67 | 24.49 | 9.80 | 6.99 | 33.53 | 34.98 | 34.08 | 150.00 | **46.86** |
| **1966** | 90.18 | 72.10 | 31.48 | 44.93 | 32.45 | 14.47 | 10.30 | 9.11 | 9.05 | 5.69 | 9.42 | 118.80 | **37.28** |
| **1967** | 68.77 | 41.59 | 40.20 | 25.50 | 15.65 | 10.49 | 5.81 | 4.72 | 9.23 | 15.55 | 45.96 | 74.67 | **29.85** |
| **1968** | 158.82 | 52.37 | 43.22 | 22.55 | 30.58 | 10.41 | 7.30 | 23.70 | 83.49 | 52.08 | 40.78 | 42.33 | **47.39** |
| **1969** | 52.12 | 71.39 | 54.39 | 52.52 | 46.84 | 40.40 | 15.67 | 6.17 | 4.34 | 2.68 | 6.36 | 35.23 | **32.09** |
| **1970** | 42.88 | 180.96 | 78.10 | 79.55 | 36.75 | 22.68 | 21.89 | 8.09 | 6.33 | 15.06 | 16.05 | 26.86 | **43.69** |
| **1971** | 24.88 | 31.37 | 19.57 | 15.83 | 12.46 | 16.19 | 7.17 | 4.85 | 3.21 | 2.70 | 10.28 | 11.59 | **13.26** |
| **1972** | 9.05 | 38.00 | 11.62 | 26.97 | 11.22 | 9.56 | 24.29 | 27.59 | 7.48 | 4.01 | 56.04 | 38.13 | **21.90** |
| **1973** | 10.69 | 64.90 | 22.31 | 13.22 | 21.60 | 9.39 | 6.77 | 6.11 | 3.49 | 4.35 | 15.18 | 76.56 | **20.98** |
| **1974** | 32.52 | 57.51 | 53.81 | 24.06 | 9.15 | 6.07 | 4.90 | 3.24 | 3.49 | 77.12 | 58.97 | 111.19 | **36.83** |
| **1975** | 67.20 | 41.61 | 24.87 | 66.60 | 20.99 | 9.82 | 6.57 | 5.63 | 5.99 | 6.71 | 26.70 | 52.07 | **27.82** |
| **1976** | 37.46 | 69.42 | 18.12 | 8.87 | 7.49 | 5.99 | 3.07 | 2.03 | 2.25 | 4.25 | 12.98 | 45.51 | **17.97** |
| **1977** | 54.70 | 175.57 | 29.99 | 29.73 | 38.30 | 17.14 | 9.35 | 14.49 | 10.68 | 7.50 | 58.65 | 56.42 | **40.92** |
| **1978** | 74.35 | 102.88 | 109.61 | 41.50 | 39.96 | 19.82 | 15.93 | 8.61 | 5.00 | 3.92 | 3.73 | 12.57 | **36.21** |
| **1979** | 37.25 | 141.01 | 100.82 | 57.08 | 48.05 | 39.97 | 11.63 | 11.47 | 8.79 | 7.18 | 33.83 | 75.49 | **47.20** |
| **1980** | 57.40 | 112.49 | 38.80 | 33.71 | 10.02 | 14.33 | 52.21 | 14.29 | 8.49 | 13.51 | 20.94 | 68.27 | **36.86** |
| **1981** | 115.99 | 49.37 | 52.57 | 29.68 | 15.74 | 30.53 | 16.92 | 11.20 | 18.45 | 95.01 | 44.62 | 175.86 | **54.97** |
| **1982** | 124.10 | 38.74 | 42.60 | 19.81 | 11.16 | 10.34 | 9.39 | 8.01 | 5.53 | 40.35 | 37.81 | 150.07 | **41.80** |
| **1983** | 73.65 | 67.74 | 48.01 | 127.50 | 110.91 | 30.69 | 9.50 | 5.59 | 7.17 | 6.37 | 12.68 | 20.85 | **43.26** |
| **1984** | 84.62 | 100.61 | 29.21 | 28.74 | 11.47 | 19.95 | 8.50 | 6.07 | 10.65 | 30.04 | 50.69 | 37.86 | **34.64** |
| **1985** | 32.12 | 43.92 | 26.19 | 46.71 | 50.75 | 17.28 | 9.80 | 7.01 | 5.01 | 4.25 | 5.44 | 11.70 | **21.53** |
| **1986** | 80.54 | 22.95 | 57.16 | 110.06 | 47.81 | 21.16 | 7.78 | 6.53 | 10.65 | 17.16 | 34.58 | 67.72 | **40.50** |
| **1987** | 66.33 | 37.65 | 60.03 | 32.78 | 23.57 | 43.79 | 30.05 | 23.08 | 12.07 | 19.27 | 26.83 | 37.14 | **34.54** |
| **1988** | 72.62 | 90.72 | 100.43 | 35.96 | 22.89 | 31.02 | 15.15 | 8.90 | 8.64 | 13.59 | 11.19 | 77.37 | **40.73** |
| **1989** | 29.76 | 21.41 | 42.29 | 59.39 | 19.48 | 9.41 | 6.88 | 4.22 | 3.31 | 3.20 | 6.41 | 26.15 | **19.30** |
| **1990** | 26.11 | 84.33 | 35.83 | 14.98 | 11.36 | 9.90 | 11.99 | 5.08 | 7.21 | 14.04 | 53.37 | 69.18 | **28.26** |
| **1991** | 118.17 | 21.96 | 42.94 | 15.95 | 9.34 | 6.68 | 7.47 | 3.45 | 2.22 | 6.27 | 32.13 | 51.51 | **26.70** |
| **1992** | 20.02 | 48.91 | 50.19 | 33.17 | 13.45 | 13.50 | 7.79 | 5.24 | 5.15 | 18.04 | 80.40 | 56.06 | **29.22** |
| **1993** | 55.92 | 28.28 | 9.25 | 13.01 | 11.14 | 9.65 | 9.15 | 3.74 | 12.64 | 51.93 | 15.07 | 104.25 | **27.15** |
| **1994** | 133.38 | 71.05 | 55.73 | 61.23 | 20.36 | 26.59 | 8.88 | 10.70 | 27.20 | 12.25 | 17.82 | 44.37 | **40.70** |
| **1995** | 131.16 | 101.54 | 87.61 | 58.77 | 39.84 | 14.70 | 8.61 | 4.66 | 11.44 | 14.18 | 15.76 | 24.67 | **42.49** |
| **1996** | 26.83 | 46.91 | 18.48 | 8.07 | 12.34 | 11.82 | 5.29 | 4.77 | 4.12 | 4.34 | 73.14 | 70.36 | **23.77** |
| **1997** | 28.09 | 68.85 | 37.94 | 9.36 | 18.06 | 14.25 | 14.27 | 7.75 | 7.80 | 8.04 | 33.97 | 67.61 | **26.09** |
| **1998** | 75.10 | 17.25 | 20.34 | 73.05 | 30.49 | 8.54 | 4.28 | 2.97 | 3.25 | 28.17 | 58.53 | 40.24 | **30.25** |
| **1999** | 56.09 | 109.15 | 104.57 | 46.98 | 19.21 | 10.37 | 7.10 | 5.05 | 6.76 | 17.78 | 17.25 | 140.01 | **44.80** |
| **2000** | 65.38 | 100.76 | 51.64 | 21.66 | 19.94 | 22.54 | 34.40 | 17.56 | 12.01 | 25.62 | 84.14 | 55.92 | **42.46** |
| **2001** | 65.74 | 57.20 | 116.11 | 107.87 | 54.46 | 13.39 | 10.97 | 7.14 | 27.51 | 26.30 | 38.31 | 72.23 | **49.74** |
| **2002** | 70.76 | 115.70 | 74.03 | 17.01 | 13.12 | 6.78 | 5.03 | 3.62 | 5.04 | 8.22 | 67.33 | 56.52 | **36.43** |
| **2003** | 84.00 | 66.42 | 25.60 | 9.42 | 9.70 | 6.62 | 3.89 | 4.59 | 4.04 | 5.00 | 11.58 | 19.84 | **20.66** |
| **2004** | 104.01 | 41.30 | 17.71 | 16.72 | 29.67 | 10.59 | 4.80 | 7.95 | 5.30 | 18.26 | 31.87 | 37.72 | **27.20** |
| **2005** | 50.42 | 53.94 | 36.40 | 24.57 | -2.00 | -2.00 | -2.00 | -2.00 | -2.00 | -2.00 | -2.00 | | |
| **Statistiques sur la période de 55 ans allant de 1949 à 2004** | | | | | | | | | | | | | |
| **Maximum $m^3/s$** | 158.82 | 180.96 | 116.11 | 127.50 | 110.91 | 46.46 | 52.21 | 44.39 | 83.49 | 95.01 | 84.14 | 175.86 | 54.97 |
| **Minimum $m^3/s$** | 9.05 | 9.12 | 9.25 | 8.07 | 4.90 | 4.88 | 1.42 | 1.65 | 1.30 | 0.98 | 1.23 | 2.05 | 12.62 |
| **Moyenne $m^3/s$** | **62.44** | **64.73** | **45.38** | **36.97** | **23.46** | **16.79** | **10.94** | **8.57** | **10.20** | **16.43** | **30.97** | **56.65** | **31.83** |
| **Médiane $m^3/s$** | 64.19 | 57.35 | 39.55 | 29.06 | 16.90 | 14.17 | 8.68 | 6.18 | 6.54 | 9.12 | 26.99 | 51.53 | 30.22 |
| **Ecart type $m^3/s$** | 37.17 | 38.09 | 25.85 | 26.68 | 18.36 | 10.30 | 8.69 | 7.45 | 12.88 | 18.56 | 22.08 | 38.48 | 10.35 |
| **Variabilité %** | 0.58 | 0.66 | 0.65 | 0.92 | 1.09 | 0.73 | 1.00 | 1.21 | 1.97 | 2.04 | 0.82 | 0.75 | 0.34 |

| | |
|---|---|
| 0.00 | Débits naturel reconstitué = Débit de la station Banque HYDRO + Débit de la prise en Marne (IIBRBS, Saint-Dizier l'Abbaye) |
| 4.80 | Débits influencé Banque HYDRO reconstitués par corrélation à partir des débits mensuels mesurés par l'IIBRBS |
| 10.41 | Débits reconstitués par corrélation à partir des débits mensuels mesurés à la station de Vitry -en-Perthois sur la Saulx (Banque HYDRO) |

**Débits mensuels naturels mesurés (1949 à 11/1973) et et reconstitués (12/1973 à actuel) de la MARNE à Saint-Dizier (données Banque HYDRO complétées par celles de l'IIBRBS)**

| Année | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Module annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1987** | | | | | | | | | | | 4.17 | 6.10 | |
| **1988** | | | | | 4.12 | 4.97 | | | | | | | |
| **1989** | | 3.32 | 6.19 | 9.96 | 2.29 | 0.62 | 0.51 | | | 0.16 | 0.21 | 2.97 | |
| **1990** | 4.03 | 9.94 | 5.53 | 1.52 | 1.03 | 0.84 | 1.50 | 0.45 | 0.47 | | 6.26 | | |
| **1991** | 15.63 | 2.84 | 5.38 | 2.36 | 1.06 | 0.67 | 0.58 | 0.29 | 0.29 | 0.73 | 5.63 | 9.18 | **3.75** |
| **1992** | 3.20 | 7.29 | 6.82 | 5.40 | 2.21 | 1.81 | 1.05 | 0.59 | 0.76 | 2.32 | 12.04 | 7.46 | **4.23** |
| **1993** | 8.24 | 4.29 | 1.50 | 2.13 | 1.25 | 0.84 | 0.56 | 0.33 | 1.70 | 7.09 | 2.41 | 15.69 | **3.86** |
| **1994** | 19.19 | 10.77 | 7.23 | | 3.41 | 4.68 | 1.44 | 1.59 | 3.54 | 1.94 | 4.00 | 7.97 | |
| **1995** | | | | 12.06 | 7.19 | 1.68 | 0.83 | 0.48 | 0.76 | 1.31 | 2.12 | 3.32 | |
| **1996** | 2.79 | 6.33 | 3.38 | 1.09 | 2.22 | 1.82 | 0.55 | 0.44 | 0.27 | 0.30 | 11.68 | 10.61 | **3.44** |
| **1997** | 3.84 | 10.01 | 6.90 | 1.48 | 1.73 | 1.51 | 1.96 | 0.87 | | | 3.88 | 9.37 | |
| **1998** | | | 2.88 | 11.32 | 4.74 | 1.06 | 0.53 | 0.30 | 0.28 | 4.78 | 9.72 | 7.03 | |
| **1999** | 8.11 | 16.79 | 15.27 | 7.52 | 3.38 | 1.28 | 0.74 | 0.44 | 0.58 | 2.37 | 2.92 | 22.62 | **6.80** |
| **2000** | 10.38 | 16.36 | 8.48 | 3.84 | 2.27 | 2.16 | 4.83 | 3.56 | 1.56 | 5.25 | 14.32 | 8.82 | **6.79** |
| **2001** | 10.23 | 9.06 | 17.85 | 19.05 | 10.51 | 1.71 | 1.59 | 0.99 | 7.39 | 4.63 | 7.16 | 13.66 | **8.65** |
| **2002** | 10.98 | 19.63 | 12.94 | 3.06 | 1.66 | 0.86 | 0.55 | 0.44 | 0.72 | 1.53 | 11.69 | 9.88 | **6.07** |
| **2003** | 14.45 | 10.63 | 4.11 | 1.62 | 1.70 | 0.99 | 0.46 | 0.32 | 0.23 | 0.37 | 1.04 | 2.51 | **3.17** |
| **2004** | 15.59 | 5.94 | 2.03 | 2.47 | 4.91 | 1.22 | 0.67 | 1.65 | 0.99 | 1.92 | 4.19 | 5.60 | **3.94** |
| **2005** | 7.58 | 9.30 * | 6.79 * | 3.26 * | | | | | | | | | |
| **Statistiques sur la période de 10 ans de 1991-93, 1996 et 1999-04** | | | | | | | | | | | | | |
| **Maximum $m^3/s$** | 15.63 | 19.63 | 17.85 | 19.05 | 10.51 | 2.16 | 4.83 | 3.56 | 7.39 | 7.09 | 14.32 | 22.62 | 8.65 |
| **Minimum $m^3/s$** | 2.79 | 2.84 | 1.50 | 1.09 | 1.06 | 0.67 | 0.46 | 0.29 | 0.23 | 0.30 | 1.04 | 2.51 | 3.17 |
| **Moyenne $m^3/s$** | **9.96** | **9.92** | **7.78** | **4.85** | **3.12** | **1.34** | **1.16** | **0.91** | **1.45** | **2.65** | **7.31** | **10.60** | **5.07** |
| **Médiane $m^3/s$** | 10.30 | 8.17 | 6.10 | 2.76 | 2.21 | 1.25 | 0.62 | 0.44 | 0.74 | 2.12 | 6.40 | 9.53 | 4.08 |
| **Ecart type $m^3/s$** | 4.58 | 5.79 | 5.74 | 5.35 | 2.83 | 0.51 | 1.33 | 1.02 | 2.15 | 2.28 | 4.77 | 5.64 | 1.86 |
| **Variabilité %** | 0.44 | 0.71 | 0.94 | 1.94 | 1.28 | 0.41 | 2.15 | 2.32 | 2.91 | 1.08 | 0.75 | 0.59 | 0.46 |

9.30 * Reconstitué par corrélation à partir des données de l'IIBRBS

**Débits naturels de la BLAISE à la station de Pont-Varin - Louvemont (d'après Banque HYDRO et DIREN Champagne Ardenne)**

| Année | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Module annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1957 | 25.08 | 70.89 | 48.97 | 22.03 | 4.53 | 3.78 | 4.04 | 5.11 | 8.28 | 12.81 | 12.51 | 22.59 | **19.73** |
| 1958 | 58.21 | 110.50 | 57.65 | 13.94 | 58.21 | 17.05 | 8.59 | 12.26 | 7.92 | 10.62 | 26.44 | 53.04 | **35.86** |
| 1959 | 98.58 | 23.45 | 14.99 | 17.80 | 12.65 | 5.11 | 2.91 | 1.77 | 1.15 | 1.02 | 1.23 | 5.00 | **15.52** |
| 1960 | 27.17 | 23.83 | 28.53 | 6.46 | 3.06 | 2.48 | 3.13 | 23.42 | 35.80 | 35.87 | 54.70 | 50.84 | **24.62** |
| 1961 | 58.42 | 61.43 | 19.26 | 9.57 | 7.33 | 5.34 | 2.68 | 1.95 | 1.13 | 1.26 | 9.51 | 48.42 | **18.65** |
| 1962 | 49.13 | 61.21 | 20.74 | 53.95 | 25.19 | 7.81 | 2.79 | 1.45 | 1.01 | 0.69 | 0.84 | 7.96 | **19.11** |
| 1963 | 17.48 | 5.49 | 23.36 | 20.96 | 10.10 | 25.21 | 15.33 | 17.57 | 12.62 | 10.17 | 58.60 | 23.53 | **20.12** |
| 1964 | 10.18 | 20.66 | 28.25 | 25.24 | 8.50 | 4.79 | 2.08 | 1.60 | 1.77 | 3.17 | 23.02 | 19.50 | **12.35** |
| 1965 | 53.07 | 33.75 | 38.12 | 42.09 | 28.83 | 10.00 | 5.45 | 5.17 | 28.29 | 21.00 | 25.92 | 116.18 | **34.07** |
| 1966 | 69.33 | 63.78 | 34.95 | 44.87 | 23.59 | 11.16 | 12.00 | 7.70 | 10.05 | 6.50 | 13.84 | 100.05 | **33.08** |
| 1967 | 60.50 | 44.00 | 39.40 | 21.91 | 11.64 | 7.84 | 4.01 | 2.56 | 4.84 | 15.34 | 38.42 | 56.85 | **25.56** |
| 1968 | 107.18 | 42.43 | 31.31 | 17.08 | 27.89 | 8.68 | 6.44 | 17.35 | 32.35 | 27.23 | 14.63 | 20.82 | **29.53** |
| 1969 | 35.15 | 43.90 | 47.09 | 40.73 | 34.04 | 31.54 | 19.97 | 6.61 | 4.98 | 3.65 | 12.23 | 29.42 | **25.66** |
| 1970 | 30.69 | 116.41 | 66.58 | 58.36 | 51.19 | 21.51 | 18.80 | 8.23 | 8.35 | 12.52 | 20.27 | 27.72 | **36.23** |
| 1971 | 23.49 | 33.58 | 15.79 | 11.86 | 8.04 | 13.75 | 7.53 | 4.27 | 3.20 | 2.84 | 6.94 | 9.65 | **11.63** |
| 1972 | 8.62 | 28.49 | 12.27 | 25.08 | 13.45 | 10.74 | 17.56 | 49.33 | 11.31 | 5.22 | 29.78 | 20.20 | **19.32** |
| 1973 | 11.98 | 44.26 | 19.55 | 9.57 | 11.90 | 6.64 | 3.68 | 2.89 | 2.07 | 2.75 | 9.79 | 43.31 | **13.86** |
| 1974 | 27.47 | 35.16 | 35.70 | 16.72 | 6.78 | 4.45 | 3.18 | 2.28 | 2.09 | 36.11 | 46.18 | 80.19 | **24.70** |
| 1975 | 57.40 | 44.71 | 23.57 | 37.94 | 14.19 | 6.74 | 4.19 | 3.08 | 3.89 | 4.40 | 12.20 | 27.75 | **19.87** |
| 1976 | 26.39 | 39.08 | 15.08 | 8.55 | 4.74 | 2.47 | 1.62 | 1.29 | 1.31 | 1.69 | 4.12 | 32.65 | **11.52** |
| 1977 | 32.02 | 95.32 | 29.60 | 25.49 | 25.39 | 10.25 | 5.74 | 11.88 | 7.37 | 5.68 | 38.79 | 36.57 | **26.52** |
| 1978 | 49.45 | 68.68 | 75.33 | 43.80 | 34.25 | 17.20 | 20.56 | 9.20 | 5.53 | 3.79 | 3.83 | 11.96 | **28.47** |
| 1979 | 37.86 | 91.11 | 78.52 | 48.86 | 28.85 | 22.73 | 7.73 | 6.27 | 3.96 | 3.94 | 30.27 | 62.33 | **34.90** |
| 1980 | 52.43 | 72.91 | 26.34 | 25.69 | 11.09 | 10.69 | 62.06 | 15.37 | 6.64 | 8.07 | 17.69 | 49.94 | **29.87** |
| 1981 | 57.60 | 47.30 | 53.32 | 25.62 | 10.99 | 14.28 | 8.31 | 5.39 | 5.46 | 49.36 | 28.57 | 99.90 | **33.90** |
| 1982 | 90.63 | 41.38 | 34.69 | 20.59 | 8.97 | 8.62 | 8.21 | 6.69 | 5.74 | 33.99 | 31.75 | 97.03 | **32.48** |
| 1983 | 68.36 | 62.80 | 47.89 | 101.07 | 81.60 | 39.04 | 9.06 | 3.64 | 3.75 | 4.06 | 6.01 | 20.35 | **37.20** |
| 1984 | 71.68 | 84.39 | 28.01 | 36.86 | 13.23 | 11.62 | 5.76 | 3.04 | 4.65 | 34.46 | 44.60 | 33.40 | **30.79** |
| 1985 | 26.61 | 37.28 | 22.22 | 35.65 | 36.00 | 24.69 | 10.62 | 6.14 | 6.05 | 8.76 | 6.38 | 12.41 | **19.27** |
| 1986 | 69.45 | 26.35 | 35.26 | 68.22 | 27.03 | 13.83 | 6.23 | 4.21 | 9.38 | 18.82 | 33.08 | 56.92 | **30.80** |
| 1987 | 63.31 | 32.89 | 54.77 | 30.53 | 17.15 | 32.03 | 26.13 | 22.73 | 9.95 | 22.62 | 21.55 | 29.05 | **30.37** |
| 1988 | 70.31 | 85.62 | 68.88 | 37.77 | 16.70 | 18.76 | 10.86 | 4.22 | 4.63 | 13.02 | 11.53 | 67.72 | **34.11** |
| 1989 | 27.62 | 22.34 | 46.01 | 49.92 | 17.76 | 7.10 | 3.16 | 2.24 | 3.02 | 2.73 | 12.87 | 30.88 | **18.78** |
| 1990 | 30.83 | 67.66 | 36.30 | 12.98 | 8.70 | 5.62 | 9.54 | 2.69 | 4.05 | 8.81 | 31.55 | 45.34 | **21.74** |
| 1991 | 99.63 | 20.67 | 33.63 | 15.90 | 8.00 | 4.12 | 3.45 | 1.11 | 1.15 | 4.42 | 26.07 | 40.36 | **21.67** |
| 1992 | 19.04 | 32.93 | 41.80 | 33.57 | 14.02 | 8.01 | 3.82 | 2.53 | 3.10 | 8.12 | 63.49 | 53.55 | **23.60** |
| 1993 | 60.35 | 24.61 | 9.65 | 7.85 | 5.01 | 2.88 | 2.43 | 1.96 | 7.90 | 29.47 | 13.44 | 108.21 | **22.96** |
| 1994 | 104.02 | 54.00 | 52.43 | 54.51 | 17.42 | 16.68 | 5.86 | 6.57 | 17.97 | 11.06 | 20.25 | 37.00 | **33.09** |
| 1995 | 110.86 | 90.20 | 79.66 | 57.44 | 31.03 | 12.89 | 7.70 | 3.46 | 3.90 | 6.10 | 14.03 | 19.40 | **36.14** |
| 1996 | 19.58 | 25.31 | 22.00 | 13.54 | 6.03 | 7.63 | | | | | 45.12 | 54.48 | |
| 1997 | 22.58 | 49.19 | 46.98 | 9.14 | 9.79 | 12.10 | 17.75 | 4.93 | 4.15 | 3.83 | 13.41 | 49.88 | **20.19** |
| 1998 | 60.74 | 15.70 | 13.00 | 44.94 | 23.85 | 7.21 | 4.37 | 3.04 | 3.07 | 19.48 | 65.14 | 38.55 | **24.96** |
| 1999 | 52.15 | 81.53 | 79.04 | 39.31 | 16.38 | 7.64 | 5.21 | 3.36 | 6.54 | 17.97 | 16.19 | 101.81 | **35.44** |
| 2000 | 65.17 | 87.43 | 47.17 | 22.92 | | | | | | | | | |
| 2001 | | | | | | | | | | | | | |
| 2002 | | | | **Données non élaborées** | | | | | | | | | |
| 2003 | | | | | | | | | | | | | |
| 2004 | | | | | | | | | | | | | |
| 2005 | | | | | | | | | | | | | |
| **Statistiques sur la période 1957 - 1999 sauf 1996** | | | | | | | | | | | | | |
| **Maximum $m^3/s$** | 110.86 | 116.41 | 79.66 | 101.07 | 81.60 | 39.04 | 62.06 | 49.33 | 35.80 | 49.36 | 65.14 | 116.18 | 37.20 |
| **Minimum $m^3/s$** | 8.62 | 5.49 | 9.65 | 6.46 | 3.06 | 2.47 | 1.62 | 1.11 | 1.01 | 0.69 | 0.84 | 5.00 | 11.52 |
| **Moyenne $m^3/s$** | **50.79** | **51.24** | **38.44** | **31.68** | **19.74** | **12.26** | **9.30** | **7.30** | **7.39** | **12.70** | **23.13** | **45.20** | **25.67** |
| **Médiane $m^3/s$** | 52.29 | 44.13 | 35.11 | 25.66 | 14.11 | 10.13 | 6.05 | 4.25 | 4.91 | 8.44 | 18.97 | 37.78 | 25.26 |
| **Ecart type $m^3/s$** | 27.93 | 26.89 | 19.56 | 19.64 | 15.69 | 8.59 | 10.22 | 8.70 | 7.82 | 11.95 | 16.78 | 29.57 | 7.54 |
| **Variabilité %** | 0.53 | 0.61 | 0.56 | 0.77 | 1.11 | 0.85 | 1.69 | 2.05 | 1.59 | 1.42 | 0.88 | 0.78 | 0.30 |

**Débits moyens mensuels (en $m^3/s$) de la Saulx à Vitry-en-Perthois (données Banque HYDRO)**

| Année | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Module annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1974 | 30.6 | 42.34 | 46.06 | 26.86 | 7.37 | 5.06 | 15.13 | 19.34 | 16.7 | 65.39 | 73.85 | 99.77 | **37.42** |
| 1975 | 65.11 | 41.18 | 18.13 | 56.6 | 18.01 | 9.5 | 28.57 | 28.1 | 27.07 | 31.59 | 33.27 | 61.15 | **34.87** |
| 1976 | 31.32 | 86.63 | 18.55 | 10.1 | 7.2 | 8.76 | 8.31 | 9.22 | 12.94 | 14.27 | 18.82 | 23.08 | **20.52** |
| 1977 | 29.62 | 120.23 | 38.46 | 27.03 | 33.9 | 20.02 | 25.93 | 37.7 | 44.66 | 35.75 | 48.61 | 59 | **42.92** |
| 1978 | 61.13 | 97.91 | 92.22 | 69.14 | 57.31 | 26.64 | 32.86 | 37.7 | 31.88 | 30.09 | 13.61 | 11.22 | **46.59** |
| 1979 | 23.48 | 107.34 | 95.65 | 79.85 | 47.51 | 42.99 | 33.17 | 36 | 37.11 | 39.94 | 40.38 | 68.72 | **54.07** |
| 1980 | 57.61 | 91.31 | 47.59 | 39.43 | 12.36 | 36.41 | 62.82 | 64.03 | 44.54 | 18.64 | 19.19 | 59.36 | **46.08** |
| 1981 | 91.32 | 45.5 | 41.15 | 32.63 | 18.81 | 29.48 | 38.02 | 33.75 | 35.72 | 73.75 | 72.68 | 123.97 | **53.32** |
| 1982 | 140.14 | 65.2 | 45.62 | 26.18 | 18.92 | 13.13 | 25.58 | 31.12 | 36.01 | 68.15 | 46.54 | 115.56 | **52.86** |
| 1983 | 113.83 | 70.32 | 52.33 | 152.92 | 119.53 | 49.1 | 29.55 | 33.02 | 44.79 | 44.53 | 25.15 | 27.8 | **63.60** |
| 1984 | 68.97 | 91.16 | 32.52 | 32 | 15.36 | 20.17 | 28.46 | 30.15 | 42.6 | 71.28 | 69.96 | 57.01 | **46.51** |
| 1985 | 32.93 | 39.44 | 18.4 | 25.47 | 61.64 | 28.65 | 29.03 | 32.85 | 35.76 | 33.78 | 16.72 | 16.05 | **30.95** |
| 1986 | 77.96 | 19.78 | 29.96 | 105.35 | 62.19 | 55.87 | 47 | 29.78 | 25.24 | 16.75 | 39.12 | 68.03 | **48.38** |
| 1987 | 64.73 | 21.98 | 40.96 | 32.01 | 21.07 | 51.46 | 46.88 | 48.58 | 38.99 | 42.78 | 37.34 | 29.96 | **40.01** |
| 1988 | 62.97 | 94.36 | 90.12 | 62.62 | 22.82 | 30.28 | 33.59 | 33.91 | 33.66 | 43.83 | 24.62 | 83.57 | **51.36** |
| 1989 | 21.21 | 12.61 | 16.55 | 59.37 | 22.34 | 14.96 | 24.31 | 20.65 | 28.73 | 28.47 | 20.42 | 18.46 | **24.07** |
| 1990 | 11.82 | 50.66 | 40.66 | 4.57 | 4.72 | 8.73 | 28.03 | 23.79 | 28.71 | 43.65 | 74.65 | 58.14 | **31.40** |
| 1991 | 131.48 | 19.45 | 21.85 | 7.67 | 5.78 | 15.17 | 16.73 | 18.12 | 25.61 | 36.59 | 56.04 | 52.88 | **34.19** |
| 1992 | 19.9 | 13.74 | 46.01 | 39.93 | 11.5 | 21.11 | 24.91 | 28.57 | 35.28 | 50.49 | 110.95 | 76.29 | **39.96** |
| 1993 | 46.5 | 21.9 | 9.49 | 10.08 | 11.52 | 25.45 | 38.2 | 31.04 | 27.71 | 65.34 | 19.61 | 97.56 | **34.01** |
| 1994 | 152.13 | 70.44 | 64.05 | 72.43 | 22.56 | 25.97 | 28.25 | 34.55 | 47.77 | 49.13 | 37.9 | 34.05 | **53.28** |
| 1995 | 97.8 | 116.6 | 102.73 | 78.72 | 45.81 | 16.81 | 27.36 | 30.34 | 39.14 | 45.69 | 37.23 | 17.11 | **54.28** |
| 1996 | 11.56 | 13.06 | 10.98 | 6.69 | 7.78 | 18.4 | 21.33 | 24.1 | 26.98 | 29.87 | 97.7 | 84.2 | **29.44** |
| 1997 | 18.43 | 32.83 | 55.78 | 11.03 | 9.25 | 10.67 | 31.25 | 29.75 | 38.2 | 33.55 | 50.26 | 62.25 | **32.01** |
| 1998 | 61.21 | 12.07 | 8.71 | 63.11 | 35.85 | 10.42 | 21.95 | 23.78 | 32.9 | 50.63 | 103.77 | 49.63 | **39.61** |
| 1999 | 49.81 | 99.76 | 139.01 | 55.53 | 18.11 | 11.29 | | 31.74 | 36.30 | 54.93 | 29.61 | 122.77 | |
| 2000 | | | | | | | | | | | | | |
| 2001 | 56.35 | 41.64 | 111.13 | 127.00 | 63.36 | 11.79 | 33.23 | 31.91 | 42.24 | 61.86 | 47.47 | 62.69 | **57.73** |
| 2002 | 78.80 | 94.40 | 90.84 | 13.58 | 8.46 | 5.97 | 15.50 | 34.33 | 28.20 | 29.87 | 74.88 | 55.17 | **43.92** |
| 2003 | 84.70 | 61.79 | 19.94 | 12.63 | 22.51 | 26.22 | 28.32 | 16.28 | 10.19 | 4.54 | 15.49 | 14.83 | **26.35** |
| 2004 | 72.29 | 33.73 | 11.61 | 10.07 | 13.46 | 10.93 | 26.14 | 39.12 | 37.50 | 49.83 | 48.72 | 34.22 | **32.38** |
| 2005 | 39.10 | | | | | | | | | | | | |
| **Statistiques sur la période 1974 - 2004 sauf 1999 et 2000** | | | | | | | | | | | | | |
| **Maximum $m^3/s$** | 152.13 | 120.23 | 111.13 | 152.92 | 119.53 | 55.87 | 62.82 | 64.03 | 47.77 | 73.75 | 110.95 | 123.97 | 63.60 |
| **Minimum $m^3/s$** | 11.56 | 12.07 | 8.71 | 4.57 | 4.72 | 5.06 | 8.31 | 9.22 | 10.19 | 4.54 | 13.61 | 11.22 | 20.52 |
| **Moyenne $m^3/s$** | **62.62** | **56.19** | **45.45** | **44.66** | **27.89** | **22.42** | **29.32** | **30.74** | **32.99** | **41.72** | **47.41** | **55.92** | **41.45** |
| **Médiane en $m^3/s$** | 61.21 | 45.50 | 40.96 | 32.01 | 18.92 | 20.02 | 28.32 | 31.04 | 35.28 | 42.78 | 40.38 | 58.14 | 40.01 |
| **Ecart type $m^3/s$** | 38.31 | 34.62 | 30.82 | 37.77 | 25.50 | 13.88 | 10.63 | 10.17 | 9.33 | 17.54 | 27.40 | 30.47 | 11.00 |
| **Variabilité %** | 0.61 | 0.62 | 0.68 | 0.85 | 0.91 | 0.62 | 0.36 | 0.33 | 0.28 | 0.42 | 0.58 | 0.54 | 0.27 |

**Débits moyens mensuels (en m3/s) de la Marne à Frignicourt (d'après les données de la Banque HYDRO)**

| Année | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Module annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1979** | 63.35 | 231.41 | 193.89 | 157.72 | 86.96 | 87.28 | 49.53 | 49.18 | 48.64 | 50.39 | 74.56 | 141.36 | **102.16** |
| **1980** | 129.81 | 211.31 | 86.84 | 76.47 | 28.31 | 50.16 | 126.21 | 83.08 | 52.83 | 27.70 | 40.68 | 119.69 | **85.54** |
| **1981** | 231.32 | 120.29 | 124.47 | 83.24 | 38.40 | 54.05 | 57.23 | 51.69 | 52.36 | 136.27 | 116.02 | 244.32 | **109.58** |
| **1982** | 266.68 | 124.42 | 91.57 | 54.88 | 31.47 | 22.30 | 31.57 | 35.03 | 37.79 | 98.38 | 74.25 | 230.11 | **91.75** |
| **1983** | 210.94 | 152.70 | 110.60 | 287.90 | 221.39 | 102.76 | 35.74 | 31.02 | 38.68 | 37.29 | 20.33 | 39.24 | **107.24** |
| **1984** | 142.93 | 196.14 | 60.62 | 75.82 | 28.35 | 28.77 | 28.04 | 25.92 | 38.48 | 105.42 | 112.50 | 104.31 | **78.22** |
| **1985** | 61.58 | 91.00 | 44.59 | 68.64 | 113.16 | 53.19 | 36.83 | 35.12 | 35.05 | 32.87 | 17.62 | 18.75 | **50.70** |
| **1986** | 148.41 | 58.24 | 72.22 | 188.90 | 103.04 | 64.02 | 51.06 | 34.32 | 32.65 | 35.29 | 79.39 | 125.97 | **82.90** |
| **1987** | 150.86 | 58.18 | 107.85 | 80.37 | 40.01 | 90.22 | 84.41 | 77.03 | 48.13 | 69.25 | 63.51 | 81.86 | **79.82** |
| **1988** | 162.14 | 217.05 | 176.78 | 138.05 | 57.92 | 67.79 | 59.47 | 51.25 | 51.85 | 73.41 | 44.76 | 182.04 | **106.50** |
| **1989** | 66.83 | 48.84 | 92.15 | 147.48 | 61.69 | 25.70 | 30.13 | 18.40 | 38.74 | 44.01 | 38.71 | 56.64 | **55.81** |
| **1990** | 52.22 | 148.62 | 104.27 | 24.78 | 15.82 | 12.31 | 44.30 | 29.82 | 39.95 | 61.65 | 121.06 | 115.93 | **63.70** |
| **1991** | 266.97 | 58.50 | 87.49 | 39.67 | 17.54 | 25.39 | 24.40 | 17.75 | 26.64 | 46.94 | 89.80 | 99.75 | **67.11** |
| **1992** | 42.66 | 54.62 | 93.40 | 91.43 | 27.83 | 31.72 | 29.46 | 34.01 | 43.44 | 61.60 | 181.12 | 151.97 | **70.30** |
| **1993** | 117.79 | 64.93 | 21.58 | 17.20 | 14.55 | 30.65 | 46.52 | 34.17 | 41.34 | 107.14 | 45.88 | 210.34 | **63.06** |
| **1994** | 283.18 | 166.97 | 144.47 | 150.05 | 55.15 | 60.04 | 36.65 | 48.25 | 76.61 | 74.87 | 77.73 | 85.50 | **104.60** |
| **1995** | 237.06 | 252.29 | 218.35 | 171.12 | 111.93 | 44.01 | 45.08 | 37.95 | 50.69 | 62.38 | 60.09 | 40.55 | **110.24** |
| **1996** | 36.78 | 51.24 | 41.26 | 21.81 | 16.75 | 24.39 | 24.61 | 26.40 | 28.50 | 34.57 | 168.14 | 174.20 | **54.07** |
| **1997** | 52.35 | 86.76 | 151.47 | 31.64 | 23.91 | 23.83 | 58.90 | 38.83 | 47.27 | 42.85 | 71.97 | 134.47 | **63.85** |
| **1998** | 150.50 | 60.21 | 54.08 | 126.48 | 91.62 | 38.73 | 27.46 | 27.16 | 40.63 | 67.00 | 205.24 | 100.25 | **82.41** |
| **1999** | 104.18 | 206.62 | 268.42 | 120.01 | 44.20 | 20.49 | 33.14 | 36.24 | 38.68 | 70.93 | 46.66 | 249.02 | **102.88** |
| **2000** | 218.95 | 223.60 | 139.37 | 60.68 | 42.81 | 41.90 | 72.35 | 98.22 | 64.98 | 108.88 | 185.19 | 161.96 | **117.71** |
| **2001** | 164.75 | 137.42 | 233.90 | 267.37 | 151.61 | 35.89 | 53.45 | 49.57 | 91.77 | 117.10 | 98.45 | 148.27 | **129.12** |
| **2002** | 187.69 | 236.50 | 228.71 | 56.27 | 31.86 | 15.16 | 18.84 | 39.50 | 36.57 | 41.81 | 147.28 | 114.16 | **95.40** |
| **2003** | 207.13 | 141.59 | 56.93 | 29.58 | 33.67 | 36.91 | 32.70 | 15.74 | 8.94 | 3.17 | 14.35 | 22.47 | **49.82** |
| **2004** | 143.82 | 84.50 | 32.58 | 24.94 | 38.15 | 16.92 | 29.80 | 42.08 | 44.67 | 57.05 | 72.90 | 59.57 | **53.82** |
| **2005** | 89.72 | | | | | | | | | | | | |
| **Statistiques sur la période 1979 - 2004** | | | | | | | | | | | | | |
| **Maximum $m^3/s$** | 283.18 | 252.29 | 268.42 | 287.90 | 221.39 | 102.76 | 126.21 | 98.22 | 91.77 | 136.27 | 205.24 | 249.02 | 129.12 |
| **Minimum $m^3/s$** | 36.78 | 48.84 | 21.58 | 17.20 | 14.55 | 12.31 | 18.84 | 15.74 | 8.94 | 3.17 | 14.35 | 18.75 | 49.82 |
| **Moyenne $m^3/s$** | **150.03** | **134.00** | **116.84** | **99.71** | **58.77** | **42.48** | **44.92** | **41.07** | **44.46** | **64.16** | **87.24** | **123.57** | **83.78** |
| **Médiane en $m^3/s$** | 149.45 | 130.92 | 98.84 | 78.42 | 39.20 | 36.40 | 36.74 | 35.68 | 40.99 | 61.62 | 74.41 | 117.81 | 82.65 |
| **Ecart type $m^3/s$** | 75.38 | 69.39 | 67.88 | 72.89 | 48.89 | 24.19 | 22.88 | 19.55 | 15.88 | 31.86 | 53.58 | 65.46 | 23.26 |
| **Variabilité %** | 0.50 | 0.52 | 0.58 | 0.73 | 0.83 | 0.57 | 0.51 | 0.48 | 0.36 | 0.50 | 0.61 | 0.53 | 0.28 |

Données de la Banque HYDRO (H5201013) donne des débits de la Marne à Châlons (H5201011) et de la dérivation de Condé (H5201012)

Données de la Banque HYDRO (H5201010) depuis 2/1989 affectés d'un coefficient multiplicateur de 1,119

**NB : les données de 2/1989 à actuellement sont multipliées par un facteur correctif d'homogénéisation de 1,119**

**Débits moyens mensuels (en m3/s) de la Marne à Châlons-sur-Marne (données Banque HYDRO)**
**Données homogénéisées**

| Année | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Module annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1993 | 151.71 | | | | | 44.04 | 46.60 | 38.32 | 40.96 | 108.08 | 49.48 | | |
| 1994 | 340.19 | | | | | | | | | | | | |
| 1995 | 254.58 | 308.93 | 262.39 | | 149.13 | | | | 62.29 | 76.25 | 73.56 | 55.03 | |
| 1996 | 57.21 | 71.29 | 56.59 | 35.47 | 33.49 | 28.12 | 25.48 | 26.50 | 27.75 | 34.67 | 137.84 | 172.19 | **58.91** |
| 1997 | 64.76 | 90.80 | 150.79 | 42.46 | 38.32 | 31.64 | 62.79 | 40.77 | 45.67 | 43.15 | 72.29 | 136.29 | **68.44** |
| 1998 | 168.94 | 70.24 | 49.09 | 141.50 | 102.06 | 34.89 | 35.32 | 31.96 | 42.69 | 68.90 | 195.79 | | |
| 1999 | | 201.43 | 287.45 | 152.28 | 65.22 | 35.22 | 40.21 | 39.06 | 45.54 | 78.60 | 57.07 | | |
| 2000 | | 194.37 | | 90.58 | 62.19 | | | | | | 169.12 | 172.87 | |
| 2001 | 174.45 | 168.45 | 237.38 | 274.83 | 172.14 | 57.26 | 69.63 | 63.15 | 106.97 | 138.45 | 119.54 | 163.57 | **145.52** |
| 2002 | 203.52 | 256.75 | 267.13 | 88.62 | 52.10 | 31.67 | 27.85 | 42.77 | 40.48 | 46.85 | 153.65 | 123.49 | **110.49** |
| 2003 | 220.10 | 166.96 | 80.40 | 44.71 | 48.77 | 45.10 | 40.18 | 23.41 | 17.39 | 12.27 | 21.44 | 32.20 | **62.35** |
| 2004 | 150.18 | 113.04 | 49.72 | 40.46 | 55.72 | 26.50 | 34.99 | 47.29 | 48.79 | 64.17 | 77.44 | 67.86 | **64.67** |
| 2005 | 101.98 | 103.05 | 78.12 | 50.43 | | | | | | | | | |
| **Statistiques sur la période 1996 - 2004 sauf 1998 à 1999** | | | | | | | | | | | | | |
| **Maximum $m^3/s$** | 220.10 | 256.75 | 267.13 | 274.83 | 172.14 | 57.26 | 69.63 | 63.15 | 106.97 | 138.45 | 153.65 | 172.19 | 145.52 |
| **Minimum $m^3/s$** | 57.21 | 71.29 | 49.72 | 35.47 | 33.49 | 26.50 | 25.48 | 23.41 | 17.39 | 12.27 | 21.44 | 32.20 | 58.91 |
| **Moyenne $m^3/s$** | **145.04** | **144.55** | **140.34** | **87.76** | **66.76** | **36.72** | **43.49** | **40.65** | **47.84** | **56.59** | **97.03** | **115.93** | **85.06** |
| **Médiane en $m^3/s$** | 162.31 | 140.00 | 115.60 | 43.59 | 50.44 | 31.66 | 37.59 | 41.77 | 43.08 | 45.00 | 98.49 | 129.89 | 66.55 |
| **Ecart type $m^3/s$** | 69.43 | 67.69 | 94.26 | 93.67 | 52.31 | 12.01 | 18.48 | 14.51 | 31.26 | 43.54 | 49.17 | 55.19 | 35.20 |
| **Variabilité %** | 0.48 | 0.47 | 0.67 | 1.07 | 0.78 | 0.33 | 0.42 | 0.36 | 0.65 | 0.77 | 0.51 | 0.48 | 0.41 |

**Débits moyens mensuels (en $m^3/s$) de la Marne à La Ferté-sous-Jouare (d'après les données Banque HYDRO)**

| Année | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Module annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1974 | 122.73 | 130.71 | 134.89 | 92.39 | 44.63 | 31.15 | 31.56 | 31.86 | 31.27 | 115.89 | 162.37 | 228.11 | **96.46** |
| 1975 | 189.79 | 160.69 | 91.88 | 143.26 | 75.55 | 40.98 | 52.88 | 56.81 | 53.38 | 57.64 | 63.61 | 104.47 | **90.62** |
| 1976 | 71.44 | 119.27 | 63.63 | 38.58 | 26.62 | 18.24 | 14.22 | 14.16 | 19.67 | 25.11 | 36.91 | 79.33 | **43.86** |
| 1977 | 71.2 | 287.72 | 152.5 | 99.27 | 98.63 | 56.58 | 49.38 | 61.62 | 67.39 | 55.67 | 91 | 120.4 | **99.81** |
| 1978 | 153.26 | 281.3 | 277.67 | 246.53 | 131.58 | 85.61 | 78.8 | 67.26 | 51.7 | 49.56 | 32.14 | 41.5 | **123.92** |
| 1979 | 107.73 | 284.33 | 293.34 | 246.87 | 139.89 | 128.4 | 67.72 | 61.93 | 58 | 62.61 | 94.03 | 178.86 | **142.97** |
| 1980 | 180.52 | 282.44 | 161.75 | 124.27 | 62.42 | 75.95 | 179.36 | 115.03 | 78.48 | 47.66 | 62.7 | 155.69 | **127.35** |
| 1981 | 265.15 | 173.69 | 181.12 | 132.49 | 74.01 | 84.25 | 84.36 | 75.31 | 67.21 | 185.36 | 151.04 | 295.09 | **147.86** |
| 1982 | 410.56 | 210.82 | 152.7 | 116.13 | 69.17 | 53.63 | 49.68 | 52.34 | 55.29 | 124.76 | 117.56 | 293.43 | **142.38** |
| 1983 | 266.43 | 220.93 | 155.45 | 365.37 | 266.07 | 194.53 | 77.42 | 60.49 | 63.61 | 64.33 | 42.01 | 67.02 | **153.48** |
| 1984 | 185.62 | 287.15 | 116.49 | 128.45 | 73.92 | 82.06 | 59.11 | 56.34 | 69.77 | 135.87 | 141.12 | 158.2 | **124.39** |
| 1985 | 110.54 | 140.57 | 101.5 | 127.79 | 153.66 | 97.6 | 69.09 | 64.06 | 68.02 | 56.39 | 47.18 | 46.56 | **90.16** |
| 1986 | 157.64 | 98.59 | 99.15 | 249.41 | 154.12 | 99.7 | 81.45 | 57.43 | 63.23 | 57.97 | 106.23 | 161.35 | **115.78** |
| 1987 | | 116.18 | 171.12 | 138.08 | 79.84 | 117.17 | | | 95.63 | 133.57 | 124.76 | 133.5 | **92.32** |
| 1988 | 252.54 | 357.75 | 244.65 | 235.35 | 104.17 | 97.76 | 89.83 | 70.27 | 61.79 | 82.27 | 61.21 | 246.3 | **158.76** |
| 1989 | 99.21 | 73.53 | 141.34 | 189.59 | 86.43 | 43.18 | 49.48 | 37.78 | 47.95 | 48.52 | 51.96 | 73.33 | **78.63** |
| 1990 | 77.33 | 190.3 | 139.67 | 53.31 | 37.89 | 35.89 | 54.09 | 41.23 | 50.05 | 67.76 | 124.83 | 124.81 | **82.50** |
| 1991 | 340.54 | 88.03 | 106.36 | 60.99 | 38.76 | 40.79 | 38.05 | 35.09 | 40.28 | 53.79 | 91.5 | 103.97 | **86.92** |
| 1992 | 65.3 | 66.31 | 98.13 | 111.86 | 42.44 | 48.29 | 44.19 | 43.82 | 55.55 | 57.25 | 181.53 | 204.28 | **85.22** |
| 1993 | 160.16 | 93.48 | 48.43 | 43.74 | 37.67 | 45.81 | 55.41 | 45.13 | 50.64 | 120.6 | 54.61 | 236.48 | **83.09** |
| 1994 | 392.13 | 254.97 | 190.12 | 205.95 | 89.49 | 80.13 | 51.88 | 61.79 | 89.35 | 86.2 | 89.27 | 96.65 | **140.21** |
| 1995 | 290.23 | 367.41 | 298.77 | 236.99 | 166.73 | 72.34 | 61.38 | 51.55 | 65.18 | 75.44 | 70.05 | 55.8 | **149.85** |
| 1996 | 60.26 | 82.5 | 62.67 | 39.91 | 36.24 | 35.09 | 34.37 | 37.45 | 38.99 | 43.6 | 141.77 | 194.9 | **67.55** |
| 1997 | 70.36 | 115.11 | 180.15 | 51.05 | 52 | 43.5 | 75.13 | 53.2 | 54.22 | 48.46 | 82.11 | 165.39 | **82.68** |
| 1998 | 209.23 | 85.39 | 63.4 | 177.17 | 118.32 | 48.03 | 42.21 | 30.58 | 48.27 | 73.84 | 213.42 | 136.74 | **103.97** |
| 1999 | 161.97 | 222.18 | 328.52 | 181.12 | 79.57 | 47.58 | 51.15 | 45.43 | 54.39 | 89.98 | 69.2 | 263.09 | **132.74** |
| 2000 | 288.16 | 272.31 | 200.48 | 126.21 | 83.41 | 65.06 | 104.39 | 117.9 | 80.06 | 144.78 | 223.4 | 237.77 | **161.99** |
| 2001 | 247.1 | 226.93 | 338.35 | 400.63 | 241.1 | 81.77 | 99.95 | 85.56 | 131.33 | 178.16 | 151.99 | 219.97 | **200.34** |
| 2002 | 257.42 | 330 | 360.58 | 123.24 | 87.72 | 54.85 | 46.58 | 62.17 | 54.7 | 63.84 | 185.7 | 162.15 | **148.23** |
| 2003 | 274.71 | 216 | 114.38 | 64.58 | 69.97 | 60.38 | 57.65 | 33.72 | 27.56 | 22.31 | 32.59 | 46.91 | **84.58** |
| 2004 | 184.21 | 127.17 | 64.27 | 52.35 | 70.09 | 35.00 | 41.55 | 57.84 | 58.80 | 72.86 | 84.63 | 76.64 | **77.02** |
| 2005 | 108.58 | 114.67 | 85.39 | 66.41 | | | | | | | | | |
| **Statistiques sur la période 1974-2004 sauf 1987** | | | | | | | | | | | | | |
| **Maximum $m^3/s$** | 410.56 | 367.41 | 360.58 | 400.63 | 266.07 | 194.53 | 179.36 | 117.90 | 131.33 | 185.36 | 223.40 | 295.09 | 200.34 |
| **Minimum $m^3/s$** | 60.26 | 66.31 | 48.43 | 38.58 | 26.62 | 18.24 | 14.22 | 14.16 | 19.67 | 22.31 | 32.14 | 41.50 | 43.86 |
| **Moyenne $m^3/s$** | **190.78** | **194.92** | **165.41** | **148.83** | **93.74** | **66.14** | **63.08** | **56.17** | **58.54** | **78.95** | **101.92** | **152.51** | **114.11** |
| **Médiane en $m^3/s$** | 182.37 | 200.56 | 146.92 | 127.00 | 77.56 | 55.72 | 54.75 | 56.58 | 55.42 | 64.09 | 90.14 | 156.95 | 109.88 |
| **Ecart type $m^3/s$** | 98.30 | 90.93 | 89.96 | 92.93 | 57.65 | 34.99 | 30.07 | 22.24 | 20.35 | 41.16 | 54.50 | 76.55 | 35.61 |
| **Variabilité %** | 0.52 | 0.47 | 0.54 | 0.62 | 0.61 | 0.53 | 0.48 | 0.40 | 0.35 | 0.52 | 0.53 | 0.50 | 0.31 |

Débits reconstitués à la station de Gournay à partir de ceux de la station de Noisiel par la relation $QM_{gournay} = 1,0268 \times QM_{noisiel}$

Débits de la station de Gournay

**Série homogénéisée des débits moyens mensuels (en $m^3/s$) de la Marne à Gournay - Noisiel (d'après les données Banque HYDRO)**

| ANNEE | JANV | FÉVR | MARS | AVR | MAI | JUIN | JUIL | AOÛT | SEPT | OCT | NOV | DÉC | Module annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1973** | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.97 | |
| **1974** | 12.15 | 21.85 | 10.92 | 2.68 | 3.59 | 1.20 | 0.00 | 0.00 | 0.13 | 15.90 | 2.70 | 20.31 | **7.56** |
| **1975** | 21.84 | 16.55 | 12.79 | 10.56 | 4.54 | 2.05 | 0.21 | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 0.28 | 6.13 | **6.2** |
| **1976** | 16.34 | 12.44 | 6.52 | 1.41 | 0.14 | 0.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 20.81 | **4.84** |
| **1977** | 18.45 | 14.61 | 5.64 | 8.09 | 6.34 | 1.32 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 17.58 | 7.74 | **6.58** |
| **1978** | 21.63 | 15.93 | 28.08 | 0.00 | 4.33 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 5.53 | **6.28** |
| **1979** | 29.99 | 50.14 | 14.93 | 0.20 | 7.02 | 1.06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6.72 | 19.97 | **10.61** |
| **1980** | 12.36 | 43.98 | 7.66 | 8.07 | 3.71 | 1.04 | 10.25 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6.61 | 19.50 | **9.3** |
| **1981** | 20.66 | 14.33 | 17.15 | 8.36 | 6.97 | 3.93 | 1.01 | 0.00 | 1.11 | 14.96 | 0.00 | 34.57 | **10.21** |
| **1982** | 24.87 | 2.73 | 11.86 | 6.24 | 0.73 | 1.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.14 | 8.12 | 59.74 | **10.08** |
| **1983** | 1.73 | 20.34 | 12.04 | 28.89 | 18.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.17 | 1.51 | **6.79** |
| **1984** | 31.05 | 31.92 | 8.67 | 8.84 | 1.27 | 3.36 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.59 | 0.00 | **7.38** |
| **1985** | 13.70 | 18.16 | 15.78 | 30.26 | 3.91 | 1.37 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | **6.83** |
| **1986** | 17.26 | 12.09 | 34.72 | 16.68 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 8.93 | 6.85 | **8.03** |
| **1987** | 14.19 | 26.79 | 32.58 | 2.44 | 2.50 | 3.24 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 11.58 | 20.27 | **9.38** |
| **1988** | 16.07 | 18.33 | 35.23 | 4.92 | 5.61 | 4.09 | 0.23 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 11.06 | **7.97** |
| **1989** | 16.90 | 15.06 | 35.20 | 21.18 | 8.68 | 0.76 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 13.72 | **9.29** |
| **1990** | 20.74 | 38.33 | 7.56 | 11.68 | 7.72 | 3.91 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.20 | 20.45 | **9.03** |
| **1991** | 37.36 | 14.65 | 35.95 | 9.40 | 3.24 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 21.84 | **10.25** |
| **1992** | 13.97 | 42.44 | 19.42 | 15.94 | 6.56 | 0.37 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 8.23 | 22.19 | **10.64** |
| **1993** | 32.21 | 20.17 | 3.57 | 6.90 | 1.03 | 0.29 | 0.78 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 27.75 | **7.69** |
| **1994** | 34.27 | 38.86 | 30.30 | 27.71 | 11.20 | 11.99 | 0.00 | 0.00 | 2.44 | 0.00 | 0.00 | 17.78 | **14.19** |
| **1995** | 57.06 | 17.14 | 19.84 | 6.32 | 13.31 | 4.24 | 0.56 | 0.00 | 1.83 | 2.75 | 0.00 | 15.89 | **11.48** |
| **1996** | 18.52 | 40.02 | 13.41 | 2.98 | 5.85 | 6.73 | 0.07 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.31 | 26.99 | **9.65** |
| **1997** | 21.90 | 46.00 | 6.93 | 3.74 | 12.25 | 5.81 | 3.88 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 23.27 | **10.11** |
| **1998** | 45.33 | 12.88 | 16.28 | 32.42 | 14.77 | 2.29 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.70 | 4.98 | 26.57 | **13.22** |
| **1999** | 34.36 | 47.90 | 21.71 | 24.27 | 10.98 | 3.47 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 52.55 | **16.11** |
| **2000** | 12.48 | 43.89 | 19.89 | 12.70 | 9.72 | 8.52 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.66 | 24.55 | **11.24** |
| **2001** | 33.55 | 34.66 | 33.15 | 17.81 | 17.53 | 4.00 | 0.00 | 0.00 | 5.36 | 4.48 | 4.95 | 28.37 | **14.8** |
| **2002** | 10.36 | 51.74 | 12.67 | 8.52 | 7.11 | 1.72 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.45 | 14.76 | **8.66** |
| **2003** | 33.39 | 25.38 | 16.75 | 1.22 | 0.44 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 9.77 | **7.17** |
| **2004** | 40.18 | 23.97 | 11.07 | 10.17 | 19.54 | 2.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.34 | 19.12 | **10.55** |
| **2005** | 33.60 | 35.56 | 22.37 | 13.26 | | | | | | | | | |
| **Statistiques sur la période de 31 ans allant de 1974 à 2004** | | | | | | | | | | | | | |
| **Maximum $m^3/s$** | 57.06 | 51.74 | 35.95 | 32.42 | 19.54 | 11.99 | 10.25 | 0.00 | 5.36 | 15.90 | 17.58 | 59.74 | **16.11** |
| **Minimum $m^3/s$** | 1.73 | 2.73 | 3.57 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | **4.84** |
| **Moyenne $m^3/s$** | **23.71** | **26.88** | **18.01** | **11.31** | **7.06** | **2.59** | **0.55** | **0.00** | **0.35** | **1.45** | **3.01** | **19.34** | **9.42** |
| **Médiane en $m^3/s$** | 20.74 | 21.85 | 15.78 | 8.52 | 6.34 | 1.72 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.28 | 19.97 | **9.30** |
| **Ecart type $m^3/s$** | 11.89 | 13.81 | 10.16 | 9.37 | 5.46 | 2.76 | 1.94 | 0.00 | 1.09 | 3.93 | 4.36 | 13.22 | **2.63** |
| **Variabilité %** | 0.50 | 0.51 | 0.56 | 0.83 | 0.77 | 1.07 | 3.53 | | 3.11 | 2.71 | 1.45 | 0.68 | 0.28 |

**Débits moyens mensuels (en $m^3/s$) prélevés sur la Marne (Saint-Dizier l'Abbaye) en amont de la station hydrométrique de Saint-Dizier La Noue (données IIBRBS)**

| ANNEE | JANV | FÉVR | MARS | AVR | MAI | JUIN | JUIL | AOÛT | SEPT | OCT | NOV | DÉC | Module annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1973 | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.34 | |
| 1974 | 0.00 | 0.14 | 0.52 | 0.07 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.98 | 0.33 | 3.89 | **0.59** |
| 1975 | 1.35 | 0.09 | 2.01 | 0.25 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.72 | **0.46** |
| 1976 | 0.00 | 1.94 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.06 | **0.41** |
| 1977 | 3.40 | 12.35 | 1.43 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.20 | 0.50 | **1.58** |
| 1978 | 6.47 | 4.73 | 5.40 | 0.30 | 0.55 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.49 | **1.65** |
| 1979 | 4.67 | 8.33 | 4.16 | 0.05 | 1.16 | 0.00 | 0.26 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.18 | **1.70** |
| 1980 | 1.09 | 5.43 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 2.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.56 | **0.83** |
| 1981 | 4.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.17 | 0.32 | 0.00 | 0.04 | 4.48 | 0.20 | 6.25 | **1.39** |
| 1982 | 5.15 | 0.00 | 0.48 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.31 | 0.19 | 9.56 | **1.34** |
| 1983 | 0.00 | 1.74 | 1.93 | 7.36 | 7.71 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.13 | 0.00 | **1.57** |
| 1984 | 4.13 | 5.78 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.91 | 0.00 | **0.89** |
| 1985 | 0.73 | 0.77 | 1.98 | 5.48 | 3.56 | 0.15 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | **1.05** |
| 1986 | 4.33 | 2.23 | 6.21 | 2.42 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.04 | **1.52** |
| 1987 | 3.27 | 5.24 | 2.71 | 0.78 | 2.64 | 0.31 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.12 | **1.57** |
| 1988 | 2.78 | 5.41 | 7.42 | 0.21 | 0.70 | 0.40 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.80 | **1.64** |
| 1989 | 2.00 | 3.90 | 5.71 | 6.26 | 2.61 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.85 | **1.93** |
| 1990 | 3.04 | 6.46 | 1.70 | 0.93 | 0.08 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.16 | **1.16** |
| 1991 | 5.03 | 0.99 | 1.48 | 0.95 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 5.91 | **1.21** |
| 1992 | 1.29 | 7.64 | 5.06 | 1.52 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.98 | 0.50 | **1.39** |
| 1993 | 4.85 | 2.96 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 10.06 | **1.49** |
| 1994 | 9.34 | 5.14 | 0.19 | 2.09 | 0.00 | 0.53 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.02 | **1.68** |
| 1995 | 12.21 | 6.47 | 9.01 | 2.93 | 2.16 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.49 | **2.85** |
| 1996 | 1.55 | 5.14 | 1.72 | 0.00 | 1.11 | 0.82 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.49 | 4.41 | **1.42** |
| 1997 | 2.11 | 7.07 | 2.21 | 0.00 | 0.60 | 0.02 | 0.37 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.92 | **1.24** |
| 1998 | 5.42 | 1.15 | 1.34 | 5.01 | 1.25 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.02 | 1.97 | 4.63 | **1.92** |
| 1999 | 5.47 | 10.37 | 5.40 | 2.49 | 1.66 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 2.25 | 0.64 | 10.30 | **3.18** |
| 2000 | 2.63 | 10.20 | 3.50 | 0.47 | 0.03 | 0.10 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.20 | 2.72 | **1.79** |
| 2001 | 6.02 | 5.66 | 8.47 | 8.28 | 3.85 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.93 | 0.00 | 0.83 | 6.49 | **3.29** |
| 2002 | 1.67 | 9.31 | 3.47 | 0.75 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.48 | 1.08 | **1.34** |
| 2003 | 4.32 | 1.23 | 0.78 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.15 | **0.54** |
| 2004 | 5.86 | 2.11 | 0.01 | 0.42 | 2.87 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.55 | **1.07** |
| 2005 | 2.92 | 5.15 | 2.81 | 3.33 | | | | | | | | | |
| **Statistiques sur la période de 31 ans allant de 1974 à 2004** | | | | | | | | | | | | | |
| **Maximum $m^3/s$** | 12.21 | 12.35 | 9.01 | 8.28 | 7.71 | 1.17 | 2.05 | 0.00 | 0.93 | 4.48 | 2.49 | 10.30 | **3.29** |
| **Minimum $m^3/s$** | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | **0.41** |
| **Moyenne $m^3/s$** | **3.68** | **4.52** | **2.72** | **1.59** | **1.05** | **0.12** | **0.10** | **0.00** | **0.03** | **0.36** | **0.44** | **3.27** | **1.47** |
| **Médiane en $m^3/s$** | 3.40 | 5.14 | 1.93 | 0.42 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.80 | **1.42** |
| **Ecart type $m^3/s$** | 2.71 | 3.42 | 2.66 | 2.38 | 1.71 | 0.27 | 0.37 | 0.00 | 0.17 | 0.99 | 0.76 | 2.85 | **0.68** |
| **Variabilité %** | 0.74 | 0.76 | 0.98 | 1.50 | 1.63 | 2.25 | 3.70 | | 5.67 | 2.75 | 1.73 | 0.87 | 0.46 |

**Débits moyens mensuels (en $m^3/s$ de la prise en Blaise en aval de la station de Louvemont (données IIBRBS)**

| ANNEE | JANV | FÉVR | MARS | AVR | MAI | JUIN | JUIL | AOÛT | SEPT | OCT | NOV | DÉC | Module annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1973 | | | | | | | | | | | 15.78 | 78.45 | |
| 1974 | 23.55 | 35.22 | 40.47 | 20.01 | 5.43 | 5.70 | 7.21 | 5.14 | 4.75 | 55.33 | 65.27 | 101.24 | **30.42** |
| 1975 | 54.66 | 30.81 | 9.79 | 53.01 | 12.34 | 6.25 | 5.31 | 3.23 | 4.74 | 6.10 | 26.70 | 48.36 | **21.30** |
| 1976 | 20.91 | 53.28 | 9.75 | 5.56 | 5.05 | 3.83 | 1.24 | 0.54 | 0.70 | 2.45 | 11.07 | 23.97 | **11.20** |
| 1977 | 31.27 | 153.65 | 23.50 | 21.28 | 31.33 | 16.11 | 8.99 | 14.63 | 10.24 | 5.96 | 48.86 | 59.36 | **33.74** |
| 1978 | 65.85 | 105.62 | 98.50 | 51.90 | 43.84 | 20.58 | 14.49 | 6.72 | 4.26 | 3.01 | 3.00 | 7.49 | **34.68** |
| 1979 | 8.75 | 103.40 | 97.47 | 66.77 | 45.40 | 43.11 | 8.95 | 8.87 | 6.74 | 5.52 | 32.25 | 64.45 | **39.95** |
| 1980 | 53.12 | 81.70 | 38.25 | 31.12 | 5.68 | 14.07 | 53.73 | 15.39 | 6.96 | 13.77 | 12.96 | 59.72 | **31.40** |
| 1981 | 110.86 | 42.61 | 40.84 | 25.83 | 8.15 | 24.17 | 11.59 | 6.27 | 14.23 | 82.61 | 45.31 | 140.77 | **45.17** |
| 1982 | 118.84 | 42.64 | 30.57 | 10.08 | 6.35 | 5.56 | 5.52 | 3.66 | 1.52 | 38.80 | 29.34 | 109.92 | **33.61** |
| 1983 | 89.79 | 58.40 | 44.11 | 131.75 | 119.74 | 31.27 | 4.62 | 1.43 | 2.53 | 1.88 | 10.14 | 14.93 | **42.20** |
| 1984 | 62.10 | 82.10 | 16.13 | 15.84 | 4.91 | 11.94 | 3.61 | 1.64 | 5.52 | 28.14 | 50.19 | 39.69 | **25.97** |
| 1985 | 14.64 | 24.54 | 5.16 | 11.73 | 52.58 | 10.60 | 4.57 | 2.34 | 0.88 | 0.54 | 1.12 | 6.67 | **11.16** |
| 1986 | 75.66 | 5.41 | 19.42 | 115.01 | 53.74 | 16.57 | 3.03 | 1.84 | 5.88 | 14.71 | 23.46 | 69.98 | **33.40** |
| 1987 | 59.54 | 5.63 | 24.79 | 23.55 | 12.10 | 45.65 | 28.44 | 19.24 | 6.21 | 14.41 | 12.44 | 13.41 | **21.74** |
| 1988 | 66.56 | 89.27 | 77.66 | 32.05 | 13.32 | 21.22 | 8.90 | 8.12 | 3.63 | 8.12 | 5.53 | 79.35 | **34.18** |
| 1989 | 9.39 | 3.24 | 3.72 | 42.00 | 6.96 | 4.73 | 3.53 | 1.55 | 0.69 | 0.61 | 6.16 | 13.23 | **7.91** |
| 1990 | 6.32 | 44.75 | 31.76 | 3.47 | 4.01 | 6.05 | 13.12 | 5.23 | 7.39 | 14.49 | 54.45 | 48.60 | **19.18** |
| 1991 | 82.75 | 7.02 | 5.99 | 5.77 | 5.05 | 5.61 | 6.37 | 2.84 | 1.32 | 5.62 | 33.66 | 31.73 | **16.16** |
| 1992 | 5.23 | 5.38 | 29.75 | 19.73 | 7.12 | 11.53 | 6.82 | 4.74 | 4.63 | 17.71 | 72.50 | 34.78 | **17.97** |
| 1993 | 22.99 | 8.87 | 5.27 | 5.39 | 10.18 | 9.15 | 7.25 | 3.55 | 12.80 | 53.54 | 15.93 | 75.68 | **18.34** |
| 1994 | 98.50 | 33.89 | 26.82 | 33.74 | 8.62 | 14.74 | 8.14 | 10.06 | 25.77 | 11.88 | 19.60 | 27.78 | **24.48** |
| 1995 | 73.70 | 84.08 | 69.30 | 54.67 | 29.96 | 13.04 | 9.83 | 6.55 | 11.37 | 13.95 | 14.66 | 6.57 | **31.04** |
| 1996 | 5.90 | 4.68 | 4.74 | 5.09 | 7.12 | 5.31 | 5.55 | 4.90 | 3.74 | 3.97 | 63.85 | 42.67 | **12.83** |
| 1997 | 6.75 | 20.85 | 31.38 | 5.70 | 5.97 | 8.98 | 11.59 | 8.25 | 8.10 | 7.92 | 34.85 | 41.46 | **15.29** |
| 1998 | 31.76 | 7.22 | 6.33 | 38.54 | 20.11 | 11.39 | 6.74 | 3.59 | 4.05 | 23.28 | 51.37 | 20.00 | **18.38** |
| 1999 | 24.96 | 52.08 | 69.89 | 25.35 | 10.50 | 8.67 | 8.49 | 4.82 | 6.68 | 20.61 | 20.48 | 84.58 | **27.49** |
| 2000 | 53.78 | 58.10 | 32.22 | 9.04 | 10.48 | 14.02 | 34.29 | 17.61 | 12.05 | 25.69 | 79.71 | 31.17 | **30.49** |
| 2001 | 32.09 | 23.07 | 84.30 | 85.37 | 37.74 | 7.56 | 10.44 | 6.51 | 23.10 | 24.98 | 34.98 | 47.67 | **32.98** |
| 2002 | 65.40 | 68.10 | 64.11 | 8.19 | 5.84 | 5.16 | 5.08 | 4.75 | 5.04 | 9.28 | 68.71 | 45.16 | **28.92** |
| 2003 | 55.45 | 42.10 | 8.37 | 8.34 | 9.31 | 7.01 | 4.67 | 4.80 | 4.87 | 2.58 | 11.90 | 9.80 | **13.54** |
| 2004 | 59.85 | 17.65 | 6.76 | 6.09 | 10.16 | 8.49 | 4.82 | 7.98 | 5.32 | 18.31 | 31.63 | 18.65 | **15.90** |
| 2005 | 17.09 | 18.68 | 14.26 | 11.49 | | | | | | | | | |
| **Statistiques sur la période de 31 ans allant de 1974 à 2004** | | | | | | | | | | | | | |
| **Maximum $m^3/s$** | 118.84 | 153.65 | 98.50 | 131.75 | 119.74 | 45.65 | 53.73 | 19.24 | 25.77 | 82.61 | 79.71 | 140.77 | **45.17** |
| **Minimum $m^3/s$** | 5.23 | 3.24 | 3.72 | 3.47 | 4.01 | 3.83 | 1.24 | 0.54 | 0.69 | 0.54 | 1.12 | 6.57 | **7.91** |
| **Moyenne $m^3/s$** | **48.09** | **45.01** | **34.10** | **31.35** | **19.65** | **13.49** | **10.22** | **6.35** | **6.96** | **17.28** | **32.00** | **45.77** | **25.19** |
| **Médiane en $m^3/s$** | 53.78 | 42.10 | 29.75 | 21.28 | 10.16 | 10.60 | 7.21 | 4.90 | 5.32 | 13.77 | 29.34 | 41.46 | **25.97** |
| **Ecart type $m^3/s$** | 32.64 | 36.97 | 28.67 | 32.01 | 23.98 | 10.41 | 10.55 | 4.73 | 5.84 | 18.48 | 22.55 | 33.04 | **9.92** |
| **Variabilité %** | 0.68 | 0.82 | 0.84 | 1.02 | 1.22 | 0.77 | 1.03 | 0.74 | 0.84 | 1.07 | 0.70 | 0.72 | 0.39 |

**Débits moyens mensuels (en $m^3/s$) de la Marne à la station de Saint-Dizier La Noue située en aval de la prise d'eau du Lac-réservoir Marne (d'après les mesures IIBRBS faites chaque jour à 8 h)**

| ANNEE | JANV | FÉVR | MARS | AVR | MAI | JUIN | JUIL | AOÛT | SEPT | OCT | NOV | DÉC | Module annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1973 | | | | | | | | | | | 2.23 | 13.55 | |
| 1974 | 6.04 | 8.87 | 8.50 | 3.34 | 0.63 | 0.45 | 0.20 | 0.19 | 0.26 | 12.93 | 11.48 | 18.29 | **5.91** |
| 1975 | 11.53 | 7.21 | 5.50 | 10.66 | 3.03 | 1.50 | 1.25 | 1.26 | 1.41 | 1.96 | 5.80 | 8.51 | **4.83** |
| 1976 | 6.52 | 10.56 | 2.90 | 1.50 | 1.22 | 1.07 | 1.04 | 0.21 | 0.18 | 0.21 | 1.38 | 7.51 | **2.82** |
| 1977 | 7.29 | 23.16 | 3.74 | 3.15 | 6.10 | 2.07 | 2.57 | 2.96 | 2.10 | 1.92 | 9.32 | 8.86 | **5.81** |
| 1978 | 13.86 | 15.45 | 20.07 | 7.84 | 9.09 | 3.25 | 2.70 | 1.71 | 1.19 | 0.76 | 0.30 | 3.49 | **6.51** |
| 1979 | 6.37 | 22.75 | 16.56 | 11.04 | 7.23 | 5.92 | 1.49 | 1.28 | 1.09 | 1.05 | 5.73 | 13.65 | **7.66** |
| 1980 | 9.79 | 16.33 | 6.74 | 4.90 | 2.27 | 2.35 | 7.96 | 2.63 | 1.68 | 2.05 | 3.09 | 10.73 | **5.71** |
| 1981 | 18.97 | 8.40 | 9.05 | 4.78 | 2.90 | 4.04 | 2.96 | 1.83 | 1.69 | 9.62 | 5.68 | 22.71 | **7.61** |
| 1982 | 19.46 | 6.94 | 6.38 | 3.07 | 1.88 | 0.99 | 1.65 | 1.23 | 0.85 | 5.63 | 5.70 | 23.70 | **6.42** |
| 1983 | 12.23 | 11.45 | 10.46 | 22.59 | 17.62 | 6.02 | 2.10 | 1.09 | 0.32 | 0.32 | 1.70 | 3.57 | **7.39** |
| 1984 | 12.39 | 16.59 | 4.55 | 4.53 | 1.62 | 1.66 | 0.38 | 0.25 | 0.30 | 4.99 | 8.66 | 5.97 | **5.09** |
| 1985 | 5.41 | 6.05 | 3.93 | 8.15 | 10.70 | 3.34 | 1.61 | 0.54 | 0.30 | 0.20 | 0.18 | 1.75 | **3.47** |
| 1986 | 12.73 | 5.09 | 10.02 | 15.30 | 5.05 | 2.54 | 1.33 | 0.32 | 1.42 | 2.84 | 6.16 | 12.07 | **6.13** |
| 1987 | 13.99 | 9.36 | 9.68 | 5.37 | 5.14 | 9.26 | 6.25 | 5.00 | 1.88 | 2.78 | 4.86 | 7.69 | **6.61** |
| 1988 | 14.74 | 17.09 | 18.02 | 6.22 | 4.83 | 5.55 | 3.06 | 2.86 | 1.52 | 2.86 | 2.24 | 15.32 | **7.73** |
| 1989 | 6.01 | 4.69 | 7.48 | 13.20 | 4.77 | 0.81 | 0.47 | 0.49 | 0.20 | 0.22 | 0.26 | 4.24 | **3.54** |
| 1990 | 5.04 | 14.23 | 4.58 | 1.58 | 1.10 | 1.09 | 1.56 | 0.28 | 0.44 | 1.17 | 6.20 | 10.53 | **3.88** |
| 1991 | 16.44 | 3.23 | 5.87 | 2.76 | 0.73 | 0.55 | 0.44 | 0.23 | 0.32 | 0.31 | 6.17 | 10.15 | **3.93** |
| 1992 | 3.36 | 9.12 | 8.66 | 5.70 | 2.06 | 1.83 | 1.17 | 0.28 | 1.15 | 2.17 | 8.81 | 6.78 | **4.14** |
| 1993 | 9.73 | 5.07 | 1.66 | 1.92 | 1.35 | 0.79 | 0.50 | 0.50 | 1.96 | 9.22 | 2.99 | 17.94 | **4.33** |
| 1994 | 21.99 | 12.39 | 8.82 | 10.13 | 3.62 | 5.20 | 1.37 | 1.46 | 3.81 | 1.94 | 3.79 | 7.32 | **6.47** |
| 1995 | 19.78 | 16.31 | 17.25 | 12.39 | 7.33 | 2.38 | 1.36 | 0.61 | 0.84 | 1.53 | 3.39 | 5.31 | **7.26** |
| 1996 | 3.93 | 7.39 | 3.94 | 1.06 | 2.98 | 2.91 | 1.04 | 0.53 | 0.63 | 1.41 | 12.73 | 11.35 | **4.1** |
| 1997 | 4.52 | 11.24 | 8.01 | 1.91 | 2.48 | 2.74 | 3.21 | 0.61 | 0.33 | 0.88 | 3.82 | 10.91 | **4.16** |
| 1998 | 12.47 | 3.63 | 3.71 | 12.07 | 5.74 | 2.32 | 0.31 | 0.20 | 0.17 | 5.21 | 10.93 | 8.72 | **5.45** |
| 1999 | 9.77 | 18.45 | 16.69 | 8.03 | 4.37 | 2.56 | 1.22 | 0.61 | 0.47 | 3.22 | 3.80 | 22.15 | **7.53** |
| 2000 | 10.51 | 16.06 | 8.59 | 3.76 | 3.18 | 2.73 | 5.93 | 3.98 | 2.17 | 5.45 | 14.69 | 10.13 | **7.07** |
| 2001 | 11.15 | 10.39 | 17.19 | 19.37 | 10.45 | 1.41 | 1.47 | 0.66 | 6.42 | 4.42 | 6.98 | 13.69 | **8.09** |
| 2002 | 11.16 | 19.84 | 12.90 | 2.93 | 1.75 | 1.08 | 0.90 | 0.96 | 1.30 | 1.95 | 10.33 | 8.38 | **5.93** |
| 2003 | 13.31 | 9.40 | 3.56 | 1.35 | 1.23 | 0.73 | 0.47 | 0.38 | 0.30 | 0.38 | 0.60 | 1.96 | **2.75** |
| 2004 | 15.25 | 6.67 | 2.40 | 2.67 | 5.53 | 1.80 | 0.78 | 2.66 | 2.16 | 2.90 | 4.47 | 5.35 | **4.23** |
| 2005 | 7.33 | 9.05 | 6.61 | 3.17 | | | | | | | | | |
| **Statistiques sur la période de 31 ans allant de 1974 à 2004** | | | | | | | | | | | | | |
| **Maximum $m^3/s$** | 21.99 | 23.16 | 20.07 | 22.59 | 17.62 | 9.26 | 7.96 | 5.00 | 6.42 | 12.93 | 14.69 | 23.70 | **8.09** |
| **Minimum $m^3/s$** | 3.36 | 3.23 | 1.66 | 1.06 | 0.63 | 0.45 | 0.20 | 0.19 | 0.17 | 0.20 | 0.18 | 1.75 | **2.75** |
| **Moyenne $m^3/s$** | **11.15** | **11.40** | **8.63** | **6.88** | **4.45** | **2.61** | **1.90** | **1.22** | **1.25** | **2.98** | **5.56** | **10.28** | **5.57** |
| **Médiane en $m^3/s$** | 11.16 | 10.39 | 8.01 | 4.90 | 3.18 | 2.32 | 1.36 | 0.61 | 1.09 | 1.96 | 5.68 | 8.86 | **5.81** |
| **Ecart type $m^3/s$** | 5.01 | 5.57 | 5.22 | 5.50 | 3.69 | 1.99 | 1.82 | 1.21 | 1.28 | 3.04 | 3.83 | 5.88 | **1.59** |
| **Variabilité %** | 0.45 | 0.49 | 0.60 | 0.80 | 0.83 | 0.76 | 0.96 | 0.99 | 1.02 | 1.02 | 0.69 | 0.57 | 0.29 |

**Débits moyens mensuels (en $m^3/s$) de la Blaise à Louvemont en amont de la prise d'eau (données IIBRBS)**

| ANNEE | JANV | FÉVR | MARS | AVR | MAI | JUIN | JUIL | AOÛT | SEPT | OCT | NOV | DÉC | Module annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1973 | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | |
| 1974 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 10.71 | 15.06 | 12.02 | 2.64 | 3.70 | 0.71 | **2.78** |
| 1975 | 1.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 25.26 | 27.93 | 25.87 | 24.65 | 2.27 | 0.00 | **6.88** |
| 1976 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.50 | 5.27 | 8.13 | 12.00 | 9.94 | 8.67 | 0.26 | **2.91** |
| 1977 | 0.00 | 4.21 | 7.16 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 12.13 | 18.18 | 31.50 | 30.08 | 0.83 | 0.00 | **6.13** |
| 1978 | 0.00 | 0.00 | 7.10 | 6.47 | 0.00 | 0.00 | 14.08 | 27.97 | 26.55 | 25.58 | 7.43 | 0.00 | **7.49** |
| 1979 | 0.00 | 4.64 | 2.13 | 2.10 | 0.00 | 0.00 | 24.40 | 28.08 | 29.93 | 35.27 | 5.70 | 2.81 | **8.87** |
| 1980 | 0.61 | 16.38 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 21.23 | 9.06 | 43.45 | 32.37 | 3.68 | 0.00 | 0.00 | **7.85** |
| 1981 | 0.00 | 0.54 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 24.23 | 26.76 | 22.75 | 5.03 | 29.50 | 0.48 | **7.26** |
| 1982 | 19.10 | 13.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 14.84 | 21.11 | 28.87 | 31.56 | 11.60 | 2.42 | **9.52** |
| 1983 | 25.39 | 0.00 | 0.00 | 24.13 | 8.23 | 0.00 | 15.13 | 22.77 | 32.25 | 34.61 | 8.87 | 0.00 | **11.73** |
| 1984 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 15.61 | 17.71 | 29.77 | 32.00 | 12.00 | 4.71 | **6.92** |
| 1985 | 0.00 | 0.00 | 0.00* | 0.00 | 1.35 | 0.60 | 14.06 | 22.94 | 29.77 | 30.81 | 8.47 | 0.00 | **6.62** |
| 1986 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.66 | 0.00 | 35.81 | 24.81 | 15.57 | 0.48 | 12.20 | 6.06 | **6.93** |
| 1987 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.24 | 15.28 | 26.87 | 28.37 | 25.77 | 20.47 | 4.84 | **8.13** |
| 1988 | 0.00 | 0.00 | 7.12 | 16.83 | 0.00 | 0.00 | 16.13 | 26.69 | 26.37 | 34.85 | 14.19 | 8.18 | **10.42** |
| 1989 | 0.70 | 0.00 | 0.00 | 12.17 | 3.86 | 3.99 | 16.12 | 11.69 | 22.76 | 23.45 | 10.02 | 3.17 | **7.16** |
| 1990 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.81 | 15.40 | 21.41 | 24.38 | 31.79 | 12.48 | 0.04 | **7.00** |
| 1991 | 24.97 | 1.87 | 12.69 | 0.18 | 0.00 | 4.45 | 9.40 | 15.61 | 22.61 | 27.94 | 11.59 | 11.49 | **10.15** |
| 1992 | 1.09 | 0.00 | 6.48 | 6.77 | 0.79 | 5.56 | 13.54 | 20.16 | 26.02 | 28.14 | 12.95 | 14.30 | **9.25** |
| 1993 | 8.32 | 3.35 | 0.00 | 0.00 | 0.63 | 15.70 | 29.33 | 25.60 | 14.17 | 0.00 | 0.00 | 3.92 | **7.31** |
| 1994 | 27.15 | 14.97 | 20.33 | 17.70 | 4.36 | 6.98 | 14.57 | 22.41 | 19.99 | 37.13 | 21.49 | 4.15 | **15.99** |
| 1995 | 14.09 | 13.28 | 14.95 | 6.32 | 6.30 | 0.65 | 15.14 | 21.26 | 29.12 | 32.27 | 18.43 | 2.78 | **12.18** |
| 1996 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 8.58 | 12.97 | 16.32 | 20.28 | 22.42 | 14.53 | 18.30 | **7.85** |
| 1997 | 4.25 | 2.80 | 6.98 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 21.92 | 20.40 | 28.26 | 26.51 | 15.38 | 8.90 | **9.03** |
| 1998 | 18.46 | 1.82 | 0.00 | 14.82 | 10.84 | 0.50 | 15.26 | 18.29 | 27.97 | 24.48 | 22.67 | 18.94 | **12.29** |
| 1999 | 14.13 | 18.54 | 28.10 | 15.60 | 1.68 | 0.83 | 17.53 | 23.52 | 29.37 | 36.26 | 10.40 | 12.32 | **14.97** |
| 2000 | 23.16 | 22.14 | 11.13 | 1.77 | 1.76 | 5.10 | 8.45 | 38.87 | 32.20 | 34.06 | 6.02 | 17.08 | **14.24** |
| 2001 | 14.52 | 8.29 | 17.55 | 27.43 | 16.64 | 0.00 | 21.23 | 24.67 | 23.23 | 40.37 | 9.75 | 10.32 | **16.03** |
| 2002 | 9.50 | 10.86 | 22.42 | 0.17 | 0.00 | 0.00 | 6.36 | 25.41 | 20.73 | 22.45 | 3.76 | 0.00 | **8.47** |
| 2003 | 14.97 | 8.93 | 0.00 | 0.00 | 6.56 | 18.98 | 23.19 | 11.84 | 8.27 | 0.17 | 0.00 | 0.00 | **7.06** |
| 2004 | 2.31 | 4.96 | 0.00 | 0.00 | 1.30 | 1.17 | 18.19 | 23.69 | 26.07 | 24.71 | 9.00 | 4.69 | **7.59** |
| 2005 | 10.44 | 5.36 | 7.58 | 1.00 | | | | | | | | | |
| **Statistiques sur la période de 31 ans allant de 1974 à 2004** | | | | | | | | | | | | | |
| **Maximum $m^3/s$** | 27.15 | 22.14 | 28.10 | 27.43 | 16.64 | 21.23 | 35.81 | 43.45 | 32.37 | 40.37 | 29.50 | 18.94 | **16.03** |
| **Minimum $m^3/s$** | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 5.27 | 8.13 | 8.27 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | **2.78** |
| **Moyenne $m^3/s$** | **7.22** | **4.86** | **5.29** | **4.92** | **2.16** | **3.29** | **16.47** | **22.57** | **24.50** | **23.84** | **10.46** | **5.19** | **8.94** |
| **Médiane en $m^3/s$** | 1.02 | 1.82 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.60 | 15.26 | 22.77 | 26.07 | 26.51 | 10.02 | 3.17 | **7.85** |
| **Ecart type $m^3/s$** | 9.40 | 6.58 | 7.96 | 8.02 | 3.88 | 5.66 | 6.68 | 7.15 | 6.48 | 12.32 | 7.10 | 5.95 | **3.27** |
| **Variabilité %** | 1.30 | 1.35 | 1.50 | 1.63 | 1.80 | 1.72 | 0.41 | 0.32 | 0.26 | 0.52 | 0.68 | 1.15 | 0.37 |

**Débits moyens mensuels (en $m^3/s$) restitués en Marne à Arrigny (données IIBRBS)**

| ANNEE | JANV | FÉVR | MARS | AVR | MAI | JUIN | JUIL | AOÛT | SEPT | OCT | NOV | DÉC | Module annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1973 | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | |
| 1974 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | **0.00** |
| 1975 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.45 | 1.00 | 0.53 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | **0.12** |
| 1976 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.12 | 0.07 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | **0.01** |
| 1977 | 0.00 | 0.08 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.07 | 0.35 | 0.00 | 0.00 | **0.04** |
| 1978 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.35 | 1.00 | 1.00 | 0.32 | 0.00 | 0.00 | **0.14** |
| 1979 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 1.00 | 0.84 | 0.00 | 0.00 | **0.16** |
| 1980 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.90 | 0.93 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | **0.33** |
| 1981 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.29 | 1.00 | 0.93 | 0.16 | 0.23 | 0.00 | **0.14** |
| 1982 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.69 | 1.00 | 0.26 | 0.00 | 0.00 | **0.08** |
| 1983 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.99 | 0.00 | 0.00 | 1.16 | 1.00 | 1.00 | 0.58 | 0.00 | 0.00 | **0.31** |
| 1984 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.06 | 3.94 | 0.42 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | **0.42** |
| 1985 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | **0.00** |
| 1986 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 26.95 | 1.10 | 2.48 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | **2.52** |
| 1987 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.32 | 1.77 | 2.93 | 1.03 | 0.00 | 0.16 | **0.28** |
| 1988 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.38 | 0.00 | 0.00 | 0.58 | 2.00 | 1.68 | 0.21 | 0.00 | 0.00 | **0.35** |
| 1989 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.10 | 1.00 | 1.00 | 4.87 | 4.00 | 1.77 | 0.00 | **0.66** |
| 1990 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.19 | 0.17 | 0.07 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | **0.03** |
| 1991 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.70 | 0.38 | 0.50 | 0.82 | 0.92 | 0.10 | 0.00 | **0.47** |
| 1992 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.60 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.44 | 0.00 | **0.34** |
| 1993 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.27 | 0.76 | 1.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | **0.17** |
| 1994 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.65 | 0.77 | 0.00 | 0.65 | 0.53 | 0.00 | **0.22** |
| 1995 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.68 | 1.32 | 1.20 | 2.07 | 0.68 | 0.00 | **0.40** |
| 1996 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.29 | 0.40 | 0.65 | 0.82 | 1.43 | 1.47 | 0.00 | 0.00 | **0.31** |
| 1997 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.87 | 1.50 | 0.52 | 0.00 | 0.00 | **0.12** |
| 1998 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.61 | 2.00 | 2.00 | 0.13 | 0.00 | 0.00 | **0.32** |
| 1999 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.50 | 0.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | **0.04** |
| 2000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.24 | 0.50 | 0.29 | 0.00 | 0.00 | **0.05** |
| 2001 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.84 | 1.00 | 0.67 | 1.06 | 0.00 | 0.00 | **0.25** |
| 2002 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.37 | 2.00 | 2.00 | 0.90 | 0.00 | 0.00 | **0.36** |
| 2003 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.67 | 2.00 | 0.39 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | **0.26** |
| 2004 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.48 | 2.00 | 2.00 | 1.71 | 0.00 | 0.00 | **0.44** |
| 2005 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | |
| **Statistiques sur la période de 31 ans allant de 1974 à 2004** | | | | | | | | | | | | | |
| **Maximum $m^3/s$** | 0.00 | 0.08 | 0.00 | 1.38 | 0.29 | 26.95 | 2.00 | 3.94 | 4.87 | 4.00 | 1.77 | 0.16 | **2.52** |
| **Minimum $m^3/s$** | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | **0.00** |
| **Moyenne $m^3/s$** | **0.00** | **0.00** | **0.00** | **0.08** | **0.01** | **1.06** | **0.58** | **1.15** | **0.98** | **0.60** | **0.12** | **0.01** | **0.30** |
| **Médiane en $m^3/s$** | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.45 | 1.00 | 0.93 | 0.29 | 0.00 | 0.00 | **0.25** |
| **Ecart type $m^3/s$** | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.30 | 0.05 | 4.85 | 0.57 | 0.99 | 1.04 | 0.84 | 0.35 | 0.03 | **0.44** |
| **Variabilité %** | | | | 3.75 | 5.00 | 4.58 | 0.98 | 0.86 | 1.06 | 1.40 | 2.92 | 3.00 | **1.47** |

**Débits moyens mensuels (en $m^3/s$) de la restitution en Blaise (données IIBRBS)**

| ANNEE | JANV | FÉVR | MARS | AVR | MAI | JUIN | JUIL | AOÛT | SEPT | OCT | NOV | DÉC | Module annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1973 | | | | | | | | | | | 0.20 | 0.20 | |
| 1974 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | **0.18** |
| 1975 | 0.21 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | **0.18** |
| 1976 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.19 | 0.20 | **0.18** |
| 1977 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | **0.18** |
| 1978 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | **0.18** |
| 1979 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | **0.18** |
| 1980 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | **0.18** |
| 1981 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | **0.18** |
| 1982 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | **0.18** |
| 1983 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | **0.18** |
| 1984 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | **0.18** |
| 1985 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | **0.14** |
| 1986 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.63 | 0.15 | 0.15 | 0.63 | 0.15 | 0.63 | **0.26** |
| 1987 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | **0.14** |
| 1988 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | **0.14** |
| 1989 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | **0.14** |
| 1990 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.00 | 0.06 | **0.12** |
| 1991 | 0.15 | 0.06 | 0.06 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.16 | 0.18 | 0.13 | 0.15 | 0.15 | **0.12** |
| 1992 | 0.15 | 0.13 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.11 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | **0.12** |
| 1993 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.14 | 0.10 | 0.10 | **0.13** |
| 1994 | 0.10 | 0.10 | 0.12 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 1.24 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | **0.22** |
| 1995 | 0.15 | 0.16 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | **0.14** |
| 1996 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.16 | **0.14** |
| 1997 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | **0.14** |
| 1998 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | **0.14** |
| 1999 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.09 | 0.05 | **0.12** |
| 2000 | 0.09 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | **0.13** |
| 2001 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.20 | 0.20 | **0.15** |
| 2002 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.15 | 0.15 | **0.18** |
| 2003 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | **0.14** |
| 2004 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | **0.14** |
| 2005 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | | | | | | | | | |

**Statistiques sur la période de 31 ans allant de 1974 à 2004**

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Maximum $m^3/s$** | 0.21 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.63 | 1.24 | 0.20 | 0.63 | 0.20 | 0.63 | **0.26** |
| **Minimum $m^3/s$** | 0.09 | 0.06 | 0.06 | 0.10 | 0.10 | 0.11 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.13 | 0.00 | 0.05 | **0.12** |
| **Moyenne $m^3/s$** | **0.17** | **0.16** | **0.16** | **0.17** | **0.17** | **0.17** | **0.18** | **0.20** | **0.17** | **0.18** | **0.16** | **0.18** | **0.16** |
| **Médiane en $m^3/s$** | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | **0.14** |
| **Ecart type $m^3/s$** | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.09 | 0.19 | 0.02 | 0.09 | 0.04 | 0.09 | **0.03** |
| **Variabilité %** | 0.18 | 0.19 | 0.19 | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.50 | 0.95 | 0.12 | 0.50 | 0.25 | 0.50 | 0.19 |

**Débits moyens mensuels (en $m^3/s$) de la restitution en Droyes (données IIBRBS)**

# Annexe 2

# Données pluviométriques

| Année | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1965** | 91.3 | 12.0 | 67.1 | 60.2 | 65.4 | 43.0 | 73.1 | 64.1 | 115.0 | 17.8 | 126.0 | 126.5 | **861.5** |
| **1966** | 48.5 | 57.8 | 39.4 | 79.3 | 44.8 | 64.2 | 85.3 | 46.9 | 20.6 | 142.0 | 79.4 | 130.1 | **838.3** |
| **1967** | 39.9 | 53.9 | 38.3 | 11.9 | 40.4 | 31.0 | 37.7 | 35.5 | 90.0 | 103.5 | 69.0 | 59.9 | **611.0** |
| **1968** | 78.6 | 49.1 | 45.1 | 26.8 | 47.0 | 47.9 | 51.2 | 65.3 | 60.1 | 32.4 | 18.6 | 34.0 | **556.1** |
| **1969** | 35.6 | 23.8 | 43.5 | 58.5 | 93.9 | 90.5 | 60.5 | 84.6 | 18.2 | 0.0 | 111.8 | 56.2 | **677.1** |
| **1970** | 47.7 | 130.6 | 68.5 | 52.4 | 41.1 | 88.9 | 35.3 | 41.3 | 38.7 | 24.5 | 54.7 | 30.9 | **654.6** |
| **1971** | 48.6 | 28.1 | 26.8 | 19.1 | 118.5 | 93.7 | 32.6 | 50.8 | 8.5 | 20.6 | 83.5 | 5.7 | **536.5** |
| **1972** | 51.5 | 30.0 | 29.9 | 53.3 | 69.8 | 51.3 | 118.1 | 66.7 | 33.2 | 23.7 | 80.2 | 18.1 | **625.8** |
| **1973** | 31.2 | 53.8 | 9.0 | 37.8 | 74.6 | 36.4 | 61.3 | 12.1 | 100.6 | 48.9 | 77.5 | 52.8 | **596.0** |
| **1974** | 49.6 | 31.3 | 66.1 | 11.2 | 46.1 | 67.7 | 55.6 | 55.3 | 96.2 | 119.3 | 65.8 | 47.0 | **711.2** |
| **1975** | 65.5 | 13.5 | 74.2 | 43.1 | 78.9 | 44.6 | 41.6 | 52.1 | 61.9 | 25.2 | 70.6 | 21.3 | **592.5** |
| **1976** | 24.9 | 31.3 | 41.5 | 24.4 | 18.8 | 15.1 | 40.2 | 5.7 | 27.0 | 76.0 | 62.1 | 56.2 | **423.2** |
| **1977** | 63.8 | 86.2 | 60.4 | 59.5 | 81.2 | 67.7 | 53.3 | 28.8 | 13.8 | 44.2 | 87.9 | 47.7 | **694.5** |
| **1978** | 73.9 | 66.1 | 117.8 | 43.7 | 60.4 | 57.3 | 74.8 | 21.0 | 60.8 | 13.0 | 14.0 | 108.4 | **711.2** |
| **1979** | 36.5 | 52.9 | 127.2 | 63.1 | 76.9 | 71.4 | 21.1 | 82.8 | 37.7 | 60.2 | 60.7 | 123.0 | **813.5** |
| **1980** | 45.0 | 54.1 | 59.1 | 20.1 | 74.0 | 102.1 | 89.1 | 55.9 | 26.9 | 69.0 | 41.5 | 82.4 | **719.2** |
| **1981** | 59.7 | 36.3 | 84.5 | 27.1 | 85.1 | 78.8 | 54.6 | 56.4 | 73.7 | 151.6 | 29.4 | 92.6 | **829.8** |
| **1982** | 81.0 | 14.4 | 106.7 | 11.4 | 68.5 | 104.5 | 25.4 | 33.1 | 41.0 | 91.0 | 62.0 | 98.9 | **737.9** |
| **1983** | 78.6 | 63.7 | 71.7 | 102.0 | 104.8 | 79.2 | 52.6 | 20.3 | 44.5 | 30.5 | 45.8 | 40.7 | **734.4** |
| **1984** | 107.5 | 53.8 | 58.3 | 32.6 | 88.2 | 28.8 | 49.2 | 60.6 | 76.8 | 86.3 | 69.1 | 33.3 | **744.5** |
| **1985** | 50.0 | 18.0 | 56.5 | 69.2 | 57.6 | 68.9 | 54.9 | 43.0 | 40.3 | 13.1 | 45.9 | 26.0 | **543.4** |
| **1986** | 80.1 | 6.6 | 79.2 | 89.6 | 42.9 | 35.3 | 18.9 | 57.8 | 61.7 | 89.5 | 34.9 | 90.3 | **686.8** |
| **1987** | 37.9 | 63.2 | 66.0 | 19.7 | 55.2 | 107.5 | 135.2 | 100.1 | 87.2 | 116.1 | 85.6 | 35.0 | **908.7** |
| **1988** | 123.6 | 74.1 | 120.0 | 18.9 | 82.4 | 29.5 | 97.9 | 27.1 | 77.2 | 92.6 | 36.8 | 79.0 | **859.1** |
| **1989** | 29.5 | 60.8 | 61.2 | 113.9 | 16.0 | 66.8 | 137.3 | 58.5 | 40.9 | 38.1 | 18.5 | 88.0 | **729.5** |
| **1990** | 101.9 | 87.8 | 20.9 | 30.3 | 24.9 | 99.8 | 24.3 | 46.6 | 79.1 | 78.4 | 45.8 | 79.7 | **719.5** |
| **1991** | 68.4 | 16.6 | 52.1 | 34.9 | 10.6 | 60.0 | 47.1 | 5.5 | 41.4 | 31.4 | 80.5 | 62.5 | **511.0** |
| **1992** | 11.0 | 35.2 | 69.5 | 44.9 | 49.5 | 118.5 | 49.6 | 61.2 | 47.0 | 50.7 | 83.3 | 60.8 | **681.2** |
| **1993** | 84.3 | 19.5 | 9.7 | 51.4 | 67.1 | 28.2 | 58.3 | 10.9 | 118.4 | 97.0 | 29.9 | 158.5 | **733.2** |
| **1994** | 86.9 | 46.7 | 56.2 | 71.8 | 75.2 | 31.2 | 30.6 | 48.3 | 68.8 | 54.2 | 40.5 | 86.3 | **696.7** |
| **1995** | 189.7 | 74.3 | 99.4 | 48.1 | 53.0 | 37.6 | 48.6 | 64.2 | 46.1 | 43.9 | 31.3 | 30.7 | **766.9** |
| **1996** | 37.1 | 51.4 | 13.3 | 11.6 | 53.2 | 22.7 | 36.5 | 98.3 | 23.5 | 50.3 | 116.0 | 44.2 | **558.1** |
| **1997** | 6.1 | 96.7 | 14.0 | 34.0 | 118.6 | 130.5 | 36.2 | 76.9 | 27.9 | 44.1 | 102.3 | 80.6 | **767.9** |
| **1998** | 69.4 | 9.8 | 43.3 | 142.3 | 21.5 | 43.8 | 52.8 | 20.9 | 47.7 | 137.5 | 36.2 | 62.2 | **687.4** |
| **1999** | 68.4 | 64.4 | 39.6 | 63.3 | 19.7 | 57.7 | 44.0 | 17.4 | 83.8 | 51.3 | 65.4 | 196.6 | **771.6** |
| **2000** | 36.5 | 75.7 | 60.4 | 56.2 | 69.5 | 18.5 | 201.9 | 65.0 | 55.3 | 97.9 | 89.6 | 54.2 | **880.7** |
| **2001** | 90.4 | 55.7 | 160.3 | 125.7 | 21.7 | 49.5 | 96.3 | 58.9 | 125.3 | 58.1 | 86.1 | 53.9 | **981.9** |
| **2002** | 29.8 | 127.0 | 27.2 | 27.2 | 45.1 | 53.4 | 45.4 | 112.1 | 24.7 | 87.6 | 89.1 | 57.3 | **725.9** |
| **2003** | 55.5 | 16.4 | 21.2 | 57.6 | 93.4 | 52.5 | 100.9 | 98.8 | 11.5 | 60.2 | 50.1 | 66.9 | **685.0** |
| **2004** | 90.2 | 17.5 | 29.9 | 32.7 | 52.1 | 34.8 | 28.7 | 99.8 | 15.9 | 66.0 | 20.5 | 69.0 | **557.1** |
| **2005** | 36.6 | 43.2 | 21.4 | 62.7* | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| **Statistiques sur la période 1971 - 2000** | | | | | | | | | | | | | |
| **Moyenne** | 63.3 | 47.2 | 59.8 | 48.3 | 62.1 | 61.8 | 61.5 | 46.8 | 55.0 | 64.9 | 59.8 | 68.8 | **699.1** |
| **Maximum** | 189.7 | 96.7 | 127.2 | 142.3 | 118.6 | 130.5 | 201.9 | 100.1 | 118.4 | 151.6 | 116.0 | 196.6 | **908.7** |
| **Minimum** | 6.1 | 6.6 | 9.0 | 11.2 | 10.6 | 15.1 | 18.9 | 5.5 | 8.5 | 13.0 | 14.0 | 5.7 | **423.2** |
| **Ecart type** | 36.5 | 25.4 | 32.6 | 31.6 | 28.7 | 31.8 | 40.6 | 25.9 | 26.9 | 36.8 | 25.8 | 41.4 | **112.2** |
| **Coef. Variation** | 0.58 | 0.54 | 0.55 | 0.65 | 0.46 | 0.51 | 0.66 | 0.55 | 0.49 | 0.57 | 0.43 | 0.60 | **0.16** |

62.7 * Pluie mensuelle calculée à partir des pluies pentadaires de Chatillon reconstituées par corrélation multiple à partir de celles de Reims-Courcy et de Melun

**Précipitations mensuelles et annuelles à CHATILLON (n° 51136001)**

| Année | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1965** | 97.9 | 16.7 | 112.6 | 83.9 | 116.1 | 72.9 | 70.8 | 88.0 | 224.0 | 6.0 | 116.1 | 173.8 | **1178.8** |
| **1966** | 89.1 | 67.9 | 53.4 | 123.0 | 110.5 | 99.5 | 62.9 | 97.9 | 20.3 | 54.8 | 67.4 | 143.1 | **989.8** |
| **1967** | 41.1 | 65.7 | 45.4 | 29.2 | 141.0 | 29.5 | 27.1 | 60.0 | 112.2 | 80.6 | 98.5 | 61.2 | **791.5** |
| **1968** | 124.8 | 77.5 | 39.2 | 56.1 | 83.8 | 42.0 | 70.1 | 175.9 | 179.7 | 35.2 | 89.6 | 91.7 | **1065.6** |
| **1969** | 48.7 | 74.1 | 77.1 | 96.0 | 86.3 | 76.2 | 19.7 | 54.4 | 52.7 | 8.5 | 96.9 | 57.6 | **748.2** |
| **1970** | 78.4 | 172.6 | 93.6 | 97.1 | 47.2 | 132.0 | 60.0 | 65.4 | 51.1 | 88.7 | 47.2 | 38.8 | **972.1** |
| **1971** | 57.8 | 28.8 | 48.8 | 18.1 | 73.5 | 92.7 | 22.9 | 75.8 | 25.6 | 22.4 | 83.0 | 12.2 | **561.6** |
| **1972** | 40.8 | 66.0 | 40.2 | 61.6 | 53.4 | 93.0 | 62.8 | 114.4 | 32.2 | 20.6 | 132.1 | 38.9 | **756.0** |
| **1973** | 47.7 | 49.6 | 16.6 | 52.4 | 59.4 | 25.6 | 92.3 | 48.5 | 62.1 | 43.1 | 72.5 | 85.4 | **655.2** |
| **1974** | 43.9 | 67.8 | 128.6 | 13.2 | 67.2 | 66.2 | 57.5 | 31.7 | 133.2 | 163.2 | 83.4 | 77.9 | **933.8** |
| **1975** | 97.0 | 13.8 | 61.4 | 48.9 | 81.3 | 47.8 | 44.9 | 99.2 | 94.8 | 51.6 | 129.4 | 32.4 | **802.5** |
| **1976** | 38.8 | 59.9 | 10.7 | 26.5 | 28.5 | 5.2 | 26.5 | 30.1 | 127.4 | 68.4 | 90.9 | 66.3 | **579.2** |
| **1977** | 109.7 | 145.3 | 52.5 | 53.6 | 52.4 | 115.8 | 76.6 | 139.3 | 8.0 | 85.4 | 115.5 | 92.5 | **1046.6** |
| **1978** | 76.9 | 105.5 | 146.0 | 58.4 | 63.2 | 44.7 | 60.5 | 32.0 | 50.6 | 11.0 | 14.5 | 136.7 | **800.0** |
| **1979** | 60.3 | 119.4 | 133.7 | 54.2 | 104.8 | 61.7 | 22.9 | 136.0 | 23.4 | 76.6 | 82.2 | 141.2 | **1016.4** |
| **1980** | 97.5 | 111.8 | 101.5 | 24.3 | 77.3 | 100.3 | 94.3 | 39.7 | 70.7 | 81.0 | 53.2 | 87.3 | **938.9** |
| **1981** | 111.9 | 48.2 | 83.5 | 16.3 | 90.5 | 124.0 | 67.2 | 51.2 | 140.0 | 219.4 | 62.6 | 189.3 | **1204.1** |
| **1982** | 114.3 | 8.2 | 99.7 | 13.9 | 63.6 | 128.7 | 82.5 | 65.1 | 76.3 | 111.4 | 84.6 | 148.2 | **996.5** |
| **1983** | 91.3 | 71.3 | 51.9 | 184.8 | 200.6 | 27.3 | 29.1 | 55.1 | 72.9 | 57.4 | 70.2 | 38.0 | **949.9** |
| **1984** | 158.7 | 78.4 | 49.2 | 14.7 | 70.9 | 72.2 | 67.5 | 46.8 | 135.5 | 77.4 | 124.5 | 41.8 | **937.6** |
| **1985** | 79.5 | 28.0 | 48.9 | 65.4 | 86.0 | 78.4 | 18.8 | 51.2 | 16.9 | 31.0 | 73.6 | 59.0 | **636.7** |
| **1986** | 128.2 | 58.0 | 88.7 | 138.2 | 125.7 | 50.8 | 33.2 | 87.9 | 112.8 | 91.0 | 65.0 | 102.4 | **1081.9** |
| **1987** | 46.7 | 83.6 | 52.8 | 25.8 | 91.7 | 125.2 | 101.9 | 58.2 | 49.4 | 120.0 | 71.9 | 44.4 | **871.6** |
| **1988** | 139.0 | 106.7 | 138.1 | 25.2 | 141.4 | 80.0 | 71.5 | 39.4 | 70.0 | 84.8 | 40.4 | 88.9 | **1025.4** |
| **1989** | 24.8 | 51.5 | 51.8 | 103.8 | 64.6 | 38.8 | 44.4 | 51.2 | 39.8 | 39.6 | 45.8 | 89.0 | **645.1** |
| **1990** | 50.0 | 125.6 | 12.2 | 55.0 | 54.4 | 114.7 | 41.2 | 81.4 | 49.8 | 107.2 | 95.8 | 128.0 | **915.3** |
| **1991** | 67.2 | 43.1 | 72.8 | 33.8 | 13.0 | 56.0 | 69.2 | 39.0 | 124.8 | 48.6 | 85.4 | 75.0 | **727.9** |
| **1992** | 19.8 | 60.0 | 94.2 | 44.2 | 45.2 | 83.4 | 160.8 | 109.4 | 38.4 | 149.8 | 194.0 | 69.6 | **1068.8** |
| **1993** | 75.6 | 11.0 | 11.4 | 72.6 | 78.4 | 120.6 | 93.0 | 29.6 | 155.2 | 177.6 | 28.6 | 208.0 | **1061.6** |
| **1994** | 149.8 | 91.4 | 65.2 | 80.4 | 97.0 | 67.0 | 80.0 | 48.8 | 103.4 | 50.2 | 45.8 | 96.4 | **975.4** |
| **1995** | 187.6 | 106.6 | 108.4 | 73.0 | 119.8 | 31.2 | 75.2 | 45.4 | 99.8 | 47.4 | 33.8 | 64.6 | **992.8** |
| **1996** | 44.4 | 66.8 | 2.2 | 22.6 | 123.8 | 33.6 | 58.2 | 90.2 | 21.0 | 52.4 | 260.4 | 39.4 | **815.0** |
| **1997** | 22.2 | 99.8 | 16.4 | 29.6 | 94.4 | 90.6 | 107.0 | 96.2 | 35.8 | 41.2 | 120.4 | 92.6 | **846.2** |
| **1998** | 93.0 | 20.0 | 29.0 | 158.6 | 33.4 | 49.2 | 28.6 | 38.4 | 113.0 | 130.8 | 49.2 | 32.6 | **775.8** |
| **1999** | 91.8 | 88.4 | 100.6 | 54.2 | 64.2 | 56.2 | 32.8 | 29.8 | 137.2 | 58.8 | 41.0 | 198.4 | **953.4** |
| **2000** | 36.0 | 95.0 | 41.0 | 65.0 | 117.0 | 57.0 | 158.0 | 77.4 | 70.6 | 78.4 | 152.4 | 69.0 | **1016.8** |
| **2001** | 94.4 | 52.2 | 175.4 | 144.6 | 90.4 | 59.8 | 99.6 | 52.4 | 85.8 | 88.6 | 77.4 | 91.2 | **1111.8** |
| **2002** | 51.0 | 122.6 | 47.0 | 21.6 | 57.4 | 41.0 | 69.4 | 47.0 | 21.6 | 79.2 | 167.6 | 94.4 | **819.8** |
| **2003** | 91.6 | 27.8 | 40.4 | 37.8 | 38.6 | 46.8 | 45.6 | 27.6 | 33.2 | 101.4 | 43.8 | 44.0 | **578.6** |
| **2004** | 128.0 | 13.2 | 16.0 | 21.8 | 66.8 | 39.6 | 99.4 | 115.4 | 33.2 | 158.4 | 70.6 | 73.8 | **836.2** |
| **2005** | 46.6 | 48.8 | 43.4 | 63.0 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| **Statistiques sur la période 1971 - 2000** | | | | | | | | | | | | | |
| **Moyenne** | 80.1 | 70.3 | 65.3 | 56.3 | 81.2 | 71.3 | 66.0 | 64.6 | 76.4 | 79.9 | 86.7 | 88.2 | **886.3** |
| **Maximum** | 187.6 | 145.3 | 146.0 | 184.8 | 200.6 | 128.7 | 160.8 | 139.3 | 155.2 | 219.4 | 260.4 | 208.0 | **1204.1** |
| **Minimum** | 19.8 | 8.2 | 2.2 | 13.2 | 13.0 | 5.2 | 18.8 | 29.6 | 8.0 | 11.0 | 14.5 | 12.2 | **561.6** |
| **Ecart type** | 43.3 | 36.3 | 41.3 | 42.4 | 37.6 | 33.8 | 36.0 | 31.8 | 43.7 | 49.5 | 51.5 | 50.4 | **164.0** |
| **Coef. Variation** | 0.54 | 0.52 | 0.63 | 0.75 | 0.46 | 0.47 | 0.55 | 0.49 | 0.57 | 0.62 | 0.59 | 0.57 | **0.19** |

**Précipitations mensuelles et annuelles à LANGRES (n° 52269001)**

| Année | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1965** | 127.6 | 13.3 | 102.4 | 92.3 | 76.3 | 74.4 | 77.2 | 80.6 | 150.4 | 21.4 | 92.7 | 143.9 | **1052.5** |
| **1966** | 71.3 | 92.3 | 49.5 | 77.9 | 87.6 | 99.5 | 114.2 | 62.6 | 48.8 | 59.6 | 52.6 | 148.6 | **964.5** |
| **1967** | 50.8 | 57 | 37.9 | 40.2 | 95.1 | 34.1 | 31.7 | 84.9 | 155.5 | 122.7 | 61.7 | 110.5 | **882.1** |
| **1968** | 120 | 52.1 | 40 | 49.6 | 83.6 | 67.6 | 102.8 | 141.7 | 108.7 | 41.2 | 36.9 | 49 | **893.2** |
| **1969** | 38.6 | 50.7 | 58.3 | 67.2 | 103 | 136.3 | 24.1 | 70.1 | 17.4 | 1.8 | 116.9 | 80.6 | **765.0** |
| **1970** | 76.9 | 159.4 | 72.1 | 87 | 80.8 | 137.2 | 64.2 | 78.7 | 63.8 | 64.8 | 60.6 | 39.3 | **984.8** |
| **1971** | 53.5 | 28.1 | 46.8 | 20.5 | 46.1 | 114.6 | 40.9 | 50.1 | 14.2 | 19.3 | 86.5 | 8.8 | **529.4** |
| **1972** | 47.8 | 52.8 | 36.7 | 59 | 72.5 | 50.6 | 139 | 153.2 | 28.6 | 23.1 | 112.6 | 23 | **798.9** |
| **1973** | 56.9 | 73.3 | 11.1 | 39.6 | 107.4 | 24.1 | 95.2 | 49.5 | 69.5 | 37.2 | 63.6 | 121 | **748.4** |
| **1974** | 41 | 54.5 | 93.4 | 20.8 | 38.3 | 96.8 | 59.1 | 50.8 | 104.8 | 188.6 | 100.1 | 96.1 | **944.3** |
| **1975** | 91.8 | 14.9 | 65.1 | 62.8 | 54.7 | 45.1 | 55.5 | 63.8 | 119.9 | 39.3 | 87.4 | 44.3 | **744.6** |
| **1976** | 44.9 | 61.6 | 27.1 | 31.2 | 11.2 | 9.3 | 79.9 | 8.2 | 92.5 | 75.4 | 94.1 | 67.4 | **602.8** |
| **1977** | 92.6 | 153.6 | 49.7 | 53.1 | 66.5 | 90.8 | 135.6 | 79.4 | 15.8 | 45.8 | 127.6 | 69.9 | **980.4** |
| **1978** | 102.4 | 75 | 153.3 | 44.2 | 126.6 | 60.6 | 107.9 | 39.7 | 50.3 | 29.7 | 19.3 | 144.4 | **953.4** |
| **1979** | 40.8 | 121.5 | 134.6 | 90.6 | 100.1 | 46.7 | 14 | 116.4 | 37.2 | 87.2 | 82 | 123.5 | **994.6** |
| **1980** | 77.3 | 77.4 | 85.3 | 29.5 | 78.1 | 111.9 | 121.7 | 42.9 | 36.4 | 79.9 | 60.9 | 93.2 | **894.5** |
| **1981** | 92.1 | 52.1 | 113.7 | 26.3 | 83.3 | 126.5 | 80.7 | 44.7 | 77 | 132.8 | 62.9 | 140.1 | **1032.2** |
| **1982** | 115.6 | 17.3 | 97.6 | 14.6 | 49.8 | 89.4 | 45.9 | 133.9 | 72.4 | 108.5 | 77 | 163.9 | **985.9** |
| **1983** | 94.7 | 74.2 | 71.6 | 163.1 | 164.3 | 50 | 21.4 | 34.9 | 89.2 | 53.6 | 55.6 | 40.7 | **913.3** |
| **1984** | 166.1 | 76.5 | 40.6 | 40.3 | 75.2 | 81.1 | 51.8 | 34.7 | 141.1 | 140.8 | 93.4 | 51.2 | **992.8** |
| **1985** | 53.4 | 17.3 | 79.5 | 70.4 | 117.1 | 121.2 | 37.8 | 88 | 31.2 | 19.2 | 66.1 | 66.9 | **768.1** |
| **1986** | 114.7 | 15.9 | 72.2 | 95.5 | 74.5 | 37.4 | 73.9 | 119.8 | 76.9 | 93 | 57.7 | 118.5 | **950.0** |
| **1987** | 38.1 | 70.7 | 82.4 | 28.7 | 91.5 | 167.3 | 125.3 | 82.9 | 33.3 | 93.7 | 58.1 | 46.8 | **918.8** |
| **1988** | 136.3 | 91.2 | 110 | 25.4 | 182.3 | 55.6 | 101.3 | 50.3 | 66.5 | 86.5 | 67.8 | 103 | **1076.2** |
| **1989** | 29.4 | 51.4 | 61.5 | 144.7 | 44.9 | 66.2 | 34.4 | 70.6 | 52.5 | 73.8 | 31.5 | 120.9 | **781.8** |
| **1990** | 69.6 | 108.2 | 8.9 | 63.8 | 53.6 | 82.4 | 62.8 | 91.8 | 41.7 | 90.8 | 82.7 | 136.1 | **892.4** |
| **1991** | 95.9 | 24.1 | 77.9 | 39.6 | 10.4 | 69.2 | 47.8 | 15.2 | 106.6 | 48.9 | 92.4 | 87.4 | **715.4** |
| **1992** | 20 | 56.1 | 110.2 | 61.9 | 35.6 | 88.5 | 60.4 | 83.6 | 30 | 100.2 | 131.4 | 43.4 | **821.3** |
| **1993** | 95.4 | 12.8 | 7.5 | 59 | 45.5 | 77 | 108.4 | 25.8 | 145.7 | 101 | 15.7 | 184.4 | **878.2** |
| **1994** | 106.2 | 87.7 | 75 | 90.9 | 74.8 | 61.6 | 93.3 | 88 | 140.9 | 59.9 | 28.1 | 105.9 | **1012.3** |
| **1995** | 132.1 | 103.4 | 141.2 | 106.5 | 53.8 | 37.9 | 82.4 | 52.1 | 98.4 | 57.9 | 40 | 50.9 | **956.6** |
| **1996** | 23.6 | 70.5 | 18.5 | 9.3 | 120.6 | 31.1 | 45.7 | 107.2 | 33.5 | 65 | 182 | 53.4 | **760.4** |
| **1997** | 26.9 | 116.7 | 22.2 | 26.4 | 68.3 | 205.3 | 50.6 | 48.3 | 29.5 | 50.3 | 110.9 | 102.3 | **857.7** |
| **1998** | 74.4 | 14.1 | 30.2 | 157.3 | 30.7 | 40.9 | 44.8 | 38.8 | 103.6 | 215.4 | 45.7 | 81.1 | **877.0** |
| **1999** | 74 | 114.1 | 96.6 | 88.3 | 57 | 83 | 29.4 | 97.9 | 151.6 | 62.1 | 55.2 | 226 | **1135.2** |
| **2000** | 40.8 | 117.2 | 55.2 | 64.9 | 115.8 | 23 | 168.4 | 43.9 | 109.9 | 119 | 127.9 | 81.6 | **1067.6** |
| **2001** | 93.5 | 52.6 | 146.2 | 181.7 | 59.3 | 40.9 | 111.7 | 61.3 | 164.1 | 74.7 | 121.6 | 75.4 | **1183.0** |
| **2002** | 60 | 152.9 | 73.8 | 36.5 | 68 | 23.4 | 54.6 | 86.1 | 29.6 | 99.2 | 129 | 114.5 | **927.6** |
| **2003** | 98.7 | 29.8 | 40.4 | 66.4 | 81.1 | 16.2 | 65.2 | 58.1 | 16.5 | 103 | 47 | 46.4 | **668.8** |
| **2004** | 163.9 | 36.7 | 29.8 | 57.5 | 81.3 | 55.1 | 149.8 | 148 | 36.7 | 97.8 | 59.9 | 73.5 | **990.0** |
| **2005** | 63.1 | 61.8 | 29.9 | 81.6 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| **Statistiques sur la période 1971 - 2000** | | | | | | | | | | | | | |
| **Moyenne** | 74.9 | 66.8 | 69.2 | 60.9 | 75.0 | 74.8 | 73.8 | 66.9 | 73.4 | 79.9 | 77.2 | 93.2 | **886.2** |
| **Maximum** | 166.1 | 153.6 | 153.3 | 163.1 | 182.3 | 205.3 | 168.4 | 153.2 | 151.6 | 215.4 | 182.0 | 226.0 | **1135.2** |
| **Minimum** | 20.0 | 12.8 | 7.5 | 9.3 | 10.4 | 9.3 | 14.0 | 8.2 | 14.2 | 19.2 | 15.7 | 8.8 | **529.4** |
| **Ecart type** | 37.3 | 38.2 | 40.1 | 41.1 | 40.6 | 43.1 | 38.6 | 35.6 | 41.8 | 46.3 | 36.9 | 49.2 | **138.7** |
| **Coef. Variation** | 0.50 | 0.57 | 0.58 | 0.67 | 0.54 | 0.58 | 0.52 | 0.53 | 0.57 | 0.58 | 0.48 | 0.53 | **0.16** |

**Précipitations mensuelles et annuelles à LOUVEMONT (n° 52294001)**

| Année | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1965** | 94.4 | 5.5 | 63.3 | 68.2 | 66.5 | 46.7 | 51.5 | 77.5 | 113.3 | 20.9 | 105.6 | 79.7 | **793.1** |
| **1966** | 57.8 | 59.3 | 32.3 | 104.0 | 44.8 | 49.4 | 93.7 | 35.3 | 39.7 | 123.9 | 74.0 | 91.6 | **805.8** |
| **1967** | 34.6 | 32.4 | 37.8 | 29.4 | 65.4 | 46.9 | 34.6 | 30.1 | 83.6 | 87.3 | 58.0 | 61.1 | **601.2** |
| **1968** | 77.1 | 58.7 | 45.9 | 42.0 | 61.9 | 58.1 | 45.9 | 72.8 | 108.8 | 34.6 | 29.1 | 38.9 | **673.8** |
| **1969** | 50.0 | 29.6 | 50.3 | 46.6 | 99.0 | 58.7 | 35.3 | 50.1 | 27.7 | 7.4 | 96.6 | 62.5 | **613.8** |
| **1970** | 73.3 | 113.5 | 66.8 | 84.7 | 33.7 | 83.6 | 59.7 | 48.0 | 36.9 | 25.7 | 57.2 | 31.1 | **714.2** |
| **1971** | 56.3 | 30.9 | 31.5 | 23.1 | 101.8 | 74.5 | 43.4 | 52.4 | 7.9 | 12.0 | 64.6 | 4.0 | **502.4** |
| **1972** | 77.8 | 40.1 | 32.2 | 34.9 | 45.9 | 55.5 | 77.3 | 94.1 | 42.2 | 24.9 | 103.9 | 23.2 | **652.0** |
| **1973** | 27.7 | 45.6 | 6.7 | 35.4 | 101.6 | 26.3 | 41.7 | 60.5 | 72.8 | 73.2 | 77.3 | 49.6 | **618.4** |
| **1974** | 61.4 | 49.9 | 66.6 | 14.7 | 48.4 | 49.6 | 38.4 | 34.7 | 109.8 | 106.7 | 61.7 | 49.4 | **691.3** |
| **1975** | 60.7 | 14.6 | 67.4 | 36.3 | 62.8 | 58.2 | 54.3 | 60.7 | 126.4 | 31.6 | 77.4 | 15.0 | **665.4** |
| **1976** | 13.8 | 30.4 | 30.3 | 13.1 | 15.5 | 1.4 | 71.6 | 10.6 | 45.4 | 49.7 | 56.3 | 56.0 | **394.1** |
| **1977** | 50.0 | 92.6 | 59.6 | 50.4 | 86.3 | 77.7 | 72.9 | 36.9 | 9.8 | 68.9 | 59.3 | 55.9 | **720.3** |
| **1978** | 97.7 | 82.8 | 135.4 | 56.5 | 41.8 | 57.7 | 61.0 | 26.5 | 40.9 | 16.7 | 17.9 | 109.8 | **744.7** |
| **1979** | 37.7 | 72.6 | 119.5 | 74.8 | 62.7 | 22.6 | 10.9 | 71.5 | 21.1 | 82.2 | 63.9 | 94.6 | **734.1** |
| **1980** | 44.1 | 56.4 | 109.3 | 9.2 | 30.1 | 100.1 | 101.5 | 23.4 | 18.2 | 54.9 | 58.4 | 82.3 | **687.9** |
| **1981** | 60.6 | 45.5 | 86.1 | 49.9 | 91.7 | 68.0 | 35.6 | 73.9 | 48.1 | 128.2 | 36.5 | 92.1 | **816.2** |
| **1982** | 60.9 | 22.1 | 53.2 | 9.1 | 60.3 | 94.6 | 77.9 | 18.2 | 60.8 | 99.4 | 65.5 | 110.1 | **732.1** |
| **1983** | 50.5 | 64.0 | 38.9 | 122.5 | 76.0 | 32.6 | 82.7 | 31.3 | 76.0 | 22.4 | 30.4 | 31.3 | **658.6** |
| **1984** | 112.5 | 40.3 | 37.8 | 24.3 | 111.3 | 58.1 | 35.6 | 41.0 | 126.6 | 79.2 | 62.8 | 44.4 | **773.9** |
| **1985** | 31.8 | 10.4 | 76.3 | 55.4 | 84.0 | 65.6 | 45.1 | 31.8 | 36.4 | 9.1 | 48.0 | 34.5 | **528.4** |
| **1986** | 78.5 | 20.7 | 70.9 | 93.0 | 54.6 | 66.3 | 26.3 | 62.8 | 53.5 | 73.5 | 43.8 | 82.3 | **726.2** |
| **1987** | 30.0 | 41.4 | 62.8 | 27.3 | 56.4 | 94.5 | 104.0 | 117.1 | 26.6 | 109.7 | 59.3 | 43.5 | **772.6** |
| **1988** | 120.7 | 74.3 | 74.3 | 22.1 | 183.3 | 13.7 | 98.9 | 40.4 | 46.2 | 79.1 | 34.0 | 49.6 | **836.6** |
| **1989** | 27.7 | 49.8 | 60.1 | 79.2 | 8.1 | 56.1 | 59.1 | 22.6 | 33.4 | 26.8 | 37.8 | 71.9 | **532.6** |
| **1990** | 25.6 | 81.3 | 12.3 | 47.0 | 16.9 | 73.4 | 25.6 | 18.2 | 46.6 | 66.6 | 40.8 | 51.6 | **505.9** |
| **1991** | 47.2 | 18.0 | 71.7 | 44.2 | 19.6 | 100.6 | 50.4 | 52.0 | 68.2 | 41.4 | 61.5 | 34.4 | **609.2** |
| **1992** | 5.4 | 26.8 | 55.6 | 33.4 | 40.6 | 49.0 | 28.0 | 43.0 | 54.4 | 61.0 | 90.2 | 47.4 | **534.8** |
| **1993** | 68.2 | 20.4 | 9.8 | 101.0 | 68.2 | 53.2 | 86.8 | 11.6 | 106.6 | 89.8 | 27.2 | 99.2 | **742.0** |
| **1994** | 68.4 | 67.2 | 54.0 | 77.4 | 85.3 | 47.4 | 55.0 | 50.6 | 102.4 | 59.6 | 73.6 | 51.8 | **792.7** |
| **1995** | 104.3 | 92.2 | 88.6 | 74.2 | 62.0 | 26.8 | 52.0 | 41.6 | 67.4 | 37.2 | 22.0 | 34.0 | **702.3** |
| **1996** | 56.6 | 48.6 | 12.6 | 10.2 | 59.2 | 14.6 | 51.6 | 91.0 | 33.6 | 35.6 | 92.8 | 45.8 | **552.2** |
| **1997** | 7.2 | 93.2 | 13.6 | 16.2 | 106.6 | 122.2 | 33.2 | 75.4 | 10.8 | 65.4 | 87.4 | 83.8 | **715.0** |
| **1998** | 70.6 | 9.6 | 19.8 | 122.4 | 20.8 | 31.4 | 31.6 | 28.2 | 93.6 | 138.6 | 36.4 | 46.8 | **649.8** |
| **1999** | 72.0 | 58.2 | 60.2 | 104.4 | 40.8 | 85.2 | 42.0 | 53.0 | 108.6 | 43.6 | 48.0 | 163.4 | **879.4** |
| **2000** | 27.8 | 65.4 | 32.8 | 94.4 | 94.8 | 15.2 | 160.2 | 39.8 | 51.6 | 108.2 | 101.8 | 71.6 | **863.6** |
| **2001** | 69.2 | 34.8 | 107.8 | 79.8 | 32.4 | 45.8 | 131.0 | 55.0 | 113.6 | 90.0 | 60.6 | 51.6 | **871.6** |
| **2002** | 29.8 | 96.6 | 59.4 | 11.6 | 54.8 | 58.6 | 31.2 | 90.6 | 14.8 | 65.4 | 100.0 | 67.6 | **680.4** |
| **2003** | 80.8 | 29.0 | 13.6 | 34.0 | 85.6 | 23.0 | 74.2 | 23.2 | 19.4 | 65.2 | 49.0 | 48.0 | **545.0** |
| **2004** | 102.6 | 4.8 | 34.6 | 62.6 | 61.4 | 31.8 | 32.6 | 82.0 | 10.8 | 66.8 | 18.8 | 58.6 | **567.4** |
| **2005** | 51.0 | 35.2 | 46.2 | 45.4 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| **Statistiques sur la période 1971 - 2000** | | | | | | | | | | | | | |
| **Moyenne** | 55.1 | 48.8 | 55.0 | 51.9 | 64.6 | 56.4 | 58.5 | 47.2 | 58.2 | 63.2 | 58.0 | 61.0 | **677.8** |
| **Maximum** | 120.7 | 93.2 | 135.4 | 122.5 | 183.3 | 122.2 | 160.2 | 117.1 | 126.6 | 138.6 | 103.9 | 163.4 | **879.4** |
| **Minimum** | 5.4 | 9.6 | 6.7 | 9.1 | 8.1 | 1.4 | 10.9 | 10.6 | 7.9 | 9.1 | 17.9 | 4.0 | **394.1** |
| **Ecart type** | 29.5 | 25.6 | 32.8 | 34.7 | 36.8 | 29.9 | 30.9 | 25.6 | 34.6 | 34.7 | 23.2 | 33.3 | **117.8** |
| **Coef. Variation** | 0.54 | 0.52 | 0.60 | 0.67 | 0.57 | 0.53 | 0.53 | 0.54 | 0.59 | 0.55 | 0.40 | 0.55 | **0.17** |

**Précipitations mensuelles et annuelles à MELUN (n° 77306001)**

| Année | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1965** | 77.8 | 8.1 | 59.1 | 62.0 | 59.0 | 69.5 | 55.7 | 80.4 | 89.0 | 16.6 | 89.1 | 113.6 | **779.9** |
| **1966** | 40.2 | 62.3 | 24.8 | 78.2 | 47.7 | 66.8 | 78.9 | 45.1 | 13.8 | 90.8 | 59.5 | 101.8 | **709.9** |
| **1967** | 28.3 | 29.3 | 34.6 | 19.5 | 57.1 | 41.5 | 23.9 | 43.9 | 103.7 | 68.9 | 57.7 | 60.4 | **568.8** |
| **1968** | 77.8 | 51.1 | 34.3 | 45.7 | 46.0 | 60.1 | 90.2 | 77.1 | 61.5 | 26.5 | 22.2 | 27.6 | **620.1** |
| **1969** | 25.4 | 23.1 | 42.9 | 53.0 | 85.3 | 84.7 | 35.0 | 96.3 | 11.7 | 1.2 | 99.2 | 41.6 | **599.4** |
| **1970** | 47.2 | 124.0 | 60.4 | 64.3 | 47.3 | 49.7 | 47.1 | 30.8 | 33.7 | 23.2 | 39.0 | 27.3 | **594.0** |
| **1971** | 32.6 | 24.9 | 18.6 | 17.2 | 53.5 | 90.8 | 37.5 | 79.6 | 18.9 | 20.0 | 72.1 | 6.6 | **472.3** |
| **1972** | 42.2 | 31.3 | 29.8 | 39.2 | 65.9 | 60.6 | 92.2 | 79.4 | 32.7 | 23.2 | 91.1 | 13.3 | **600.9** |
| **1973** | 16.4 | 45.7 | 11.5 | 34.3 | 57.1 | 27.8 | 61.7 | 27.1 | 84.3 | 59.4 | 73.5 | 40.9 | **539.7** |
| **1974** | 38.1 | 39.1 | 68.1 | 10.9 | 41.1 | 53.6 | 42.7 | 34.4 | 98.7 | 124.6 | 51.7 | 43.2 | **646.2** |
| **1975** | 40.0 | 17.3 | 60.2 | 38.9 | 75.6 | 57.8 | 38.3 | 78.9 | 74.4 | 23.9 | 60.2 | 13.0 | **578.5** |
| **1976** | 20.4 | 23.8 | 22.8 | 16.0 | 10.4 | 7.3 | 54.1 | 4.8 | 32.6 | 82.1 | 36.7 | 43.1 | **354.1** |
| **1977** | 43.1 | 61.2 | 66.4 | 53.7 | 80.2 | 71.1 | 65.7 | 11.8 | 8.5 | 39.8 | 75.6 | 46.1 | **623.2** |
| **1978** | 46.1 | 55.8 | 92.6 | 39.4 | 92.4 | 59.5 | 56.0 | 44.9 | 68.3 | 3.3 | 11.0 | 85.7 | **655.0** |
| **1979** | 27.8 | 53.3 | 95.4 | 73.8 | 51.3 | 43.8 | 33.7 | 54.4 | 39.1 | 58.9 | 56.7 | 111.2 | **699.4** |
| **1980** | 32.8 | 53.2 | 61.1 | 22.5 | 77.6 | 75.2 | 74.0 | 46.0 | 17.2 | 60.9 | 44.9 | 58.4 | **623.8** |
| **1981** | 57.6 | 41.4 | 75.3 | 25.2 | 72.5 | 114.3 | 53.0 | 84.8 | 55.7 | 116.6 | 35.2 | 83.3 | **814.9** |
| **1982** | 67.5 | 13.5 | 79.6 | 13.8 | 80.6 | 72.3 | 55.7 | 16.9 | 70.2 | 69.2 | 48.8 | 87.7 | **675.8** |
| **1983** | 54.5 | 52.4 | 52.5 | 88.5 | 85.4 | 91.8 | 23.5 | 51.5 | 41.0 | 17.1 | 38.9 | 27.7 | **624.8** |
| **1984** | 79.4 | 47.4 | 34.9 | 41.2 | 90.6 | 25.6 | 31.0 | 34.2 | 78.1 | 71.9 | 52.6 | 27.4 | **614.3** |
| **1985** | 33.6 | 18.1 | 46.1 | 49.9 | 92.9 | 84.4 | 52.5 | 45.1 | 37.7 | 8.0 | 56.4 | 19.4 | **544.1** |
| **1986** | 48.9 | 6.2 | 72.9 | 71.4 | 39.5 | 41.7 | 14.5 | 69.3 | 53.5 | 61.1 | 28.9 | 60.6 | **568.5** |
| **1987** | 27.4 | 58.1 | 57.3 | 19.4 | 46.8 | 92.3 | 140.2 | 52.0 | 67.2 | 102.3 | 53.2 | 22.3 | **738.5** |
| **1988** | 76.1 | 49.6 | 90.5 | 11.4 | 108.8 | 19.7 | 122.4 | 37.9 | 58.0 | 80.5 | 45.8 | 65.4 | **766.1** |
| **1989** | 16.5 | 39.8 | 55.4 | 109.1 | 18.4 | 56.2 | 37.0 | 37.3 | 48.6 | 31.9 | 22.0 | 71.7 | **543.9** |
| **1990** | 36.9 | 93.5 | 15.7 | 57.9 | 35.7 | 78.8 | 15.6 | 49.8 | 35.9 | 64.4 | 41.9 | 55.5 | **581.6** |
| **1991** | 48.5 | 9.4 | 46.9 | 31.6 | 9.0 | 62.5 | 34.1 | 52.6 | 24.8 | 24.2 | 66.4 | 55.0 | **465.0** |
| **1992** | 5.0 | 23.9 | 65.4 | 32.6 | 66.1 | 134.0 | 36.9 | 66.4 | 31.0 | 40.7 | 93.7 | 48.4 | **644.1** |
| **1993** | 62.5 | 16.9 | 6.9 | 77.2 | 42.4 | 24.0 | 50.0 | 4.8 | 111.0 | 71.0 | 18.8 | 142.6 | **628.1** |
| **1994** | 67.6 | 33.6 | 60.5 | 68.0 | 53.8 | 19.7 | 69.3 | 49.3 | 79.9 | 32.2 | 23.4 | 56.2 | **613.5** |
| **1995** | 126.6 | 52.3 | 77.2 | 45.2 | 69.0 | 47.0 | 63.5 | 51.1 | 76.1 | 39.4 | 13.0 | 49.0 | **709.4** |
| **1996** | 27.3 | 45.4 | 16.8 | 5.4 | 78.2 | 10.0 | 32.5 | 105.5 | 28.6 | 42.0 | 104.3 | 38.7 | **534.7** |
| **1997** | 5.5 | 57.7 | 18.6 | 19.3 | 74.4 | 117.6 | 68.1 | 54.0 | 19.6 | 49.1 | 98.6 | 59.2 | **641.7** |
| **1998** | 55.2 | 6.4 | 26.4 | 125.2 | 26.6 | 51.2 | 44.2 | 15.0 | 79.0 | 100.6 | 25.2 | 48.5 | **603.5** |
| **1999** | 55.5 | 47.3 | 28.8 | 52.2 | 14.6 | 38.0 | 41.2 | 70.4 | 75.2 | 47.8 | 43.6 | 162.2 | **676.8** |
| **2000** | 30.6 | 66.8 | 60.4 | 72.8 | 54.2 | 16.4 | 149.6 | 44.8 | 49.2 | 80.2 | 75.6 | 52.6 | **753.2** |
| **2001** | 76.0 | 43.8 | 158.2 | 104.8 | 14.2 | 47.0 | 106.6 | 57.2 | 76.4 | 39.0 | 65.4 | 45.4 | **834.0** |
| **2002** | 22.4 | 95.2 | 46.4 | 25.2 | 47.8 | 52.8 | 48.4 | 69.8 | 19.2 | 56.6 | 69.6 | 63.8 | **617.2** |
| **2003** | 53.4 | 8.2 | 17.2 | 36.0 | 75.4 | 56.8 | 42.8 | 70.0 | 10.0 | 43.6 | 31.2 | 49.2 | **493.8** |
| **2004** | 72.4 | 16.8 | 30.8 | 32.2 | 46.6 | 27.8 | 54.4 | 83.2 | 13.8 | 53.0 | 12.2 | 33.6 | **476.8** |
| **2005** | 26.6 | 36.2 | 21.6 | 63.8 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| **Statistiques sur la période 1971 - 2000** | | | | | | | | | | | | | |
| **Moyenne** | 44.1 | 39.5 | 50.5 | 45.4 | 58.8 | 58.2 | 56.4 | 48.5 | 53.2 | 54.9 | 52.0 | 56.5 | **617.9** |
| **Maximum** | 126.6 | 93.5 | 95.4 | 125.2 | 108.8 | 134.0 | 149.6 | 105.5 | 111.0 | 124.6 | 104.3 | 162.2 | **814.9** |
| **Minimum** | 5.0 | 6.2 | 6.9 | 5.4 | 9.0 | 7.3 | 14.5 | 4.8 | 8.5 | 3.3 | 11.0 | 6.6 | **354.1** |
| **Ecart type** | 24.7 | 20.5 | 26.0 | 29.8 | 26.5 | 32.9 | 32.7 | 24.3 | 26.2 | 31.3 | 25.4 | 35.3 | **95.2** |
| **Coef. Variation** | 0.56 | 0.52 | 0.51 | 0.66 | 0.45 | 0.57 | 0.58 | 0.50 | 0.49 | 0.57 | 0.49 | 0.62 | **0.15** |

**Précipitations mensuelles et annuelles à REIMS (n° 51183001)**

| Année | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1949** | 52.2 | 40.0 | 34.0 | 43.4 | 73.7 | 20.0 | 24.6 | 118.6 | 66.9 | 79.1 | 134.5 | 114.5 | **801.5** |
| **1950** | 92.8 | 193.4 | 22.1 | 152.2 | 109.4 | 81.5 | 27.7 | 126.0 | 100.1 | 21.2 | 152.4 | 117.1 | **1195.9** |
| **1951** | 106.9 | 69.4 | 111.6 | 47.6 | 90.8 | 130.8 | 63.4 | 72.6 | 72.9 | 30.8 | 182.9 | 59.7 | **1039.4** |
| **1952** | 177.2 | 71.4 | 134.4 | 35.8 | 81.8 | 42.7 | 16.1 | 68.0 | 124.7 | 166.2 | 184.4 | 131.1 | **1233.8** |
| **1953** | 22.3 | 60.5 | 2.7 | 51.4 | 29.3 | 167.3 | 75.7 | 20.0 | 58.7 | 38.2 | 24.7 | 39.9 | **590.7** |
| **1954** | 72.5 | 58.2 | 50.7 | 30.6 | 74.7 | 69.3 | 93.5 | 188.3 | 127.6 | 67.5 | 53.7 | 137.0 | **1023.6** |
| **1955** | 181.3 | 136.2 | 37.7 | 16.1 | 88.6 | 94.7 | 65.3 | 40.0 | 59.8 | 64.7 | 40.8 | 150.1 | **975.3** |
| **1956** | 109.3 | 28.1 | 38.7 | 45.4 | 61.5 | 93.7 | 51.1 | 120.3 | 91.7 | 77.9 | 68.1 | 42.0 | **827.8** |
| **1957** | 56.9 | 146.7 | 69.7 | 24.3 | 39.7 | 101.3 | 112.5 | 94.7 | 86.0 | 50.2 | 34.3 | 73.8 | **890.1** |
| **1958** | 128.5 | 208.5 | 56.4 | 63.1 | 153.4 | 53.4 | 67.1 | 120.7 | 52.0 | 83.5 | 74.9 | 143.7 | **1205.2** |
| **1959** | 205.7 | 4.6 | 72.5 | 72.0 | 36.8 | 110.7 | 16.4 | 40.6 | 0.8 | 55.1 | 52.7 | 120.1 | **788.0** |
| **1960** | 92.0 | 63.2 | 25.4 | 9.9 | 27.4 | 39.1 | 112.2 | 188.3 | 94.3 | 114.3 | 102.1 | 72.6 | **940.8** |
| **1961** | 105.0 | 75.8 | 8.9 | 31.3 | 45.0 | 60.9 | 90.0 | 33.9 | 32.2 | 79.0 | 60.0 | 80.0 | **702.0** |
| **1962** | 53.2 | 65.0 | 84.3 | 82.7 | 111.2 | 3.2 | 99.7 | 56.3 | 67.2 | 23.4 | 47.6 | 98.8 | **792.6** |
| **1963** | 41.2 | 35.2 | 60.0 | 54.4 | 55.0 | 169.4 | 47.4 | 186.0 | 50.6 | 63.2 | 121.8 | 13.1 | **897.3** |
| **1964** | 42.3 | 43.1 | 78.1 | 51.5 | 31.8 | 18.7 | 14.5 | 63.9 | 108.9 | 76.0 | 117.7 | 66.2 | **712.7** |
| **1965** | 142.9 | 16.2 | 145.4 | 106.4 | 84.2 | 73.5 | 74.7 | 55.5 | 185.7 | 12.0 | 129.4 | 198.0 | **1223.9** |
| **1966** | 92.7 | 102.6 | 76.4 | 83.7 | 83.0 | 114.9 | 112.3 | 102.4 | 58.4 | 67.0 | 87.1 | 223.8 | **1204.3** |
| **1967** | 77.4 | 72.2 | 57.0 | 46.6 | 98.0 | 61.2 | 14.0 | 73.4 | 130.7 | 116.7 | 81.6 | 136.5 | **965.3** |
| **1968** | 161.6 | 64.2 | 56.8 | 57.2 | 76.6 | 58.2 | 128.1 | 230.0 | 123.8 | 33.7 | 59.8 | 82.9 | **1132.9** |
| **1969** | 56.9 | 85.7 | 79.2 | 103.3 | 106.2 | 130.9 | 37.8 | 80.1 | 14.8 | 0.3 | 140.1 | 91.5 | **926.8** |
| **1970** | 100.5 | 233.9 | 111.3 | 131.8 | 76.7 | 150.5 | 92.6 | 41.1 | 47.2 | 97.5 | 93.6 | 56.2 | **1232.9** |
| **1971** | 61.9 | 31.2 | 55.5 | 21.0 | 138.6 | 136.1 | 43.6 | 87.3 | 13.3 | 18.2 | 114.4 | 13.8 | **734.9** |
| **1972** | 51.5 | 53.9 | 51.4 | 65.5 | 77.5 | 120.5 | 115.0 | 158.0 | 30.1 | 32.0 | 153.4 | 21.8 | **930.6** |
| **1973** | 58.1 | 88.5 | 15.9 | 52.3 | 82.2 | 8.2 | 92.7 | 49.8 | 69.3 | 50.8 | 99.2 | 126.3 | **793.3** |
| **1974** | 55.4 | 71.6 | 87.6 | 9.0 | 50.9 | 66.0 | 96.1 | 54.6 | 125.0 | 253.6 | 130.7 | 145.4 | **1145.9** |
| **1975** | 111.1 | 12.5 | 87.4 | 74.8 | 56.5 | 54.3 | 54.2 | 67.5 | 109.0 | 42.2 | 117.0 | 69.3 | **855.8** |
| **1976** | 84.5 | 69.1 | 23.1 | 27.8 | 19.4 | 14.7 | 80.8 | 14.0 | 107.4 | 70.9 | 95.0 | 71.9 | **678.6** |
| **1977** | 107.1 | 181.8 | 41.3 | 70.2 | 78.2 | 114.1 | 72.6 | 92.3 | 17.5 | 59.2 | 142.9 | 99.5 | **1076.7** |
| **1978** | 141.7 | 88.8 | 210.9 | 67.5 | 106.6 | 85.0 | 128.8 | 36.3 | 48.6 | 30.5 | 27.8 | 147.6 | **1120.1** |
| **1979** | 65.1 | 170.5 | 211.8 | 114.7 | 130.7 | 63.0 | 22.4 | 158.4 | 47.3 | 73.6 | 104.5 | 178.8 | **1340.8** |
| **1980** | 103.8 | 101.6 | 123.2 | 44.6 | 87.1 | 139.8 | 151.9 | 42.2 | 43.3 | 94.4 | 91.9 | 149.3 | **1173.1** |
| **1981** | 140.0 | 65.7 | 133.6 | 53.8 | 84.8 | 134.1 | 93.2 | 50.3 | 115.9 | 208.2 | 88.5 | 205.4 | **1373.5** |
| **1982** | 151.7 | 23.1 | 118.4 | 16.0 | 55.3 | 171.5 | 44.8 | 97.3 | 98.2 | 147.2 | 106.6 | 230.5 | **1260.6** |
| **1983** | 167.1 | 105.2 | 105.8 | 213.2 | 207.9 | 37.6 | 52.5 | 27.0 | 108.9 | 70.4 | 100.7 | 54.9 | **1251.2** |
| **1984** | 220.3 | 121.1 | 65.9 | 28.6 | 79.5 | 63.1 | 40.5 | 26.6 | 141.1 | 120.1 | 112.7 | 68.4 | **1087.9** |
| **1985** | 65.0 | 39.9 | 69.4 | 106.3 | 110.4 | 110.3 | 59.7 | 85.2 | 37.4 | 17.2 | 97.5 | 80.9 | **879.2** |
| **1986** | 194.2 | 27.2 | 110.9 | 128.7 | 88.7 | 57.3 | 51.3 | 109.1 | 116.8 | 115.3 | 84.1 | 170.4 | **1254.0** |
| **1987** | 63.4 | 98.2 | 97.7 | 38.8 | 108.3 | 162.7 | 144.0 | 90.2 | 30.5 | 117.0 | 89.8 | 74.9 | **1115.5** |
| **1988** | 153.7 | 134.3 | 204.3 | 24.8 | 132.3 | 87.4 | 117.7 | 63.9 | 85.1 | 112.3 | 58.8 | 136.8 | **1311.4** |
| **1989** | 61.3 | 72.4 | 72.7 | 149.3 | 64.5 | 88.9 | 67.9 | 71.2 | 74.5 | 79.9 | 37.9 | 129.7 | **970.2** |
| **1990** | 90.3 | 200.3 | 23.4 | 76.8 | 64.6 | 142.0 | 82.7 | 104.5 | 59.7 | 89.8 | 105.6 | 167.1 | **1206.8** |
| **1991** | 113.2 | 41.7 | 40.5 | 42.3 | 17.5 | 83.0 | 133.0 | 8.3 | 121.4 | 74.2 | 138.1 | 135.9 | **949.1** |
| **1992** | 22.5 | 87.1 | 117.4 | 68.4 | 43.1 | 34.8 | 90.4 | 118.3 | 49.9 | 126.9 | 206.9 | 75.2 | **1040.9** |
| **1993** | 109.2 | 10.9 | 10.9 | 79.4 | 70.4 | 88.7 | 127.7 | 43.0 | 163.3 | 108.2 | 41.9 | 252.3 | **1105.9** |
| **1994** | 162.0 | 80.8 | 91.6 | 111.2 | 93.7 | 124.3 | 150.6 | 96.6 | 128.2 | 61.9 | 41.2 | 150.5 | **1292.6** |
| **1995** | 187.3 | 135.9 | 176.4 | 101.9 | 83.9 | 43.3 | 74.8 | 74.9 | 120.0 | 77.3 | 54.9 | 55.6 | **1186.2** |
| **1996** | 20.9 | 82.7 | 17.8 | 10.5 | 125.3 | 39.9 | 41.7 | 114.7 | 35.1 | 77.1 | 284.0 | 58.9 | **908.6** |
| **1997** | 31.0 | 154.3 | 36.6 | 32.0 | 117.3 | 238.0 | 76.6 | 63.6 | 28.0 | 85.5 | 121.0 | 126.7 | **1110.6** |
| **1998** | 120.8 | 20.8 | 47.4 | 187.2 | 39.0 | 68.1 | 56.9 | 43.9 | 127.1 | 265.3 | 79.6 | 81.3 | **1137.4** |
| **1999** | 95.9 | 159.2 | 163.1 | 89.4 | 66.4 | 69.8 | 72.7 | 100.3 | 127.5 | 74.7 | 51.9 | 250.2 | **1321.1** |
| **2000** | 56.6 | 135.0 | 53.2 | 63.4 | 144.1 | 53.3 | 212.1 | 72.7 | 111.1 | 136.9 | 172.0 | 88.9 | **1299.3** |
| **2001** | 113.2 | 76.4 | 185.7 | 192.0 | 58.7 | 55.8 | 125.4 | 84.8 | 184.8 | 95.4 | 166.8 | 94.5 | **1433.5** |
| **2002** | 86.4 | 187.1 | 90.2 | 50.1 | 92.5 | 23.1 | 62.9 | 95.1 | 68.9 | 91.7 | 193.6 | 132.4 | **1174.0** |
| **2003** | 138.2 | 49.7 | 51.2 | 74.6 | 82.1 | 36.7 | 83.0 | 54.5 | 24.5 | 132.2 | 65.1 | 67.4 | **859.2** |
| **2004** | 218.0 | 33.7 | 32.6 | 63.0 | 84.4 | 48.4 | 111.6 | 154.7 | 45.5 | 87.4 | 78.9 | 85.9 | **1044.1** |
| **2005** | 77.1 | 108.5 | 46.0 | 83.2 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| **Statistiques sur la période 1971 - 2000** | | | | | | | | | | | | | |
| **Moyenne** | 102.2 | 88.8 | 88.8 | 72.3 | 87.5 | 90.0 | 88.3 | 74.1 | 83.0 | 96.4 | 105.0 | 120.6 | **1097.1** |
| **Maximum** | 220.3 | 200.3 | 211.8 | 213.2 | 207.9 | 238.0 | 212.1 | 158.4 | 163.3 | 265.3 | 284.0 | 252.3 | **1373.5** |
| **Minimum** | 20.9 | 10.9 | 10.9 | 9.0 | 17.5 | 8.2 | 22.4 | 8.3 | 13.3 | 17.2 | 27.8 | 13.8 | **678.6** |
| **Ecart type** | 52.9 | 52.6 | 59.1 | 50.2 | 40.3 | 51.1 | 42.7 | 37.6 | 43.0 | 60.2 | 52.8 | 63.0 | **188.1** |

| Année | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1954** | -2.0 | -2.0 | -2.0 | -2.0 | 54.2 | 53.5 | 67.2 | 93.5 | 85.2 | 50.3 | 41.0 | 84.4 | |
| **1955** | 138.3 | 84.7 | 18.4 | 7.7 | 48.9 | 54.1 | 51.8 | 29.3 | 42.3 | 36.4 | 29.3 | 70.9 | **612.1** |
| **1956** | 44.0 | 16.7 | 17.1 | 31.2 | 41.2 | 82.5 | 57.1 | 71.8 | 41.1 | 73.0 | 43.9 | 28.6 | **548.2** |
| **1957** | 34.5 | 110.3 | 61.6 | 32.4 | 31.4 | 85.0 | 95.6 | 102.5 | 84.4 | 48.7 | 25.7 | 61.9 | **774.0** |
| **1958** | 82.1 | 168.0 | 27.5 | 36.3 | 169.0 | 70.9 | 75.7 | 110.9 | 39.6 | 89.8 | 51.0 | 127.8 | **1048.6** |
| **1959** | 118.7 | 1.1 | 51.4 | 68.0 | 72.6 | 118.3 | 15.1 | 42.7 | 2.7 | 61.8 | 61.8 | 90.7 | **704.9** |
| **1960** | 60.3 | 51.2 | 42.4 | 22.4 | 44.0 | 74.1 | 122.4 | 126.5 | 84.0 | 101.3 | 88.5 | 66.5 | **883.6** |
| **1961** | 84.4 | 69.8 | 13.3 | 58.4 | 79.0 | 50.5 | 92.2 | 24.7 | 44.6 | 74.4 | 75.0 | 85.0 | **751.3** |
| **1962** | 79.9 | 55.1 | 73.4 | 44.2 | 75.3 | 2.1 | 74.8 | 36.7 | 50.6 | 26.2 | 39.8 | 59.1 | **617.2** |
| **1963** | 31.3 | 19.2 | 44.8 | 33.9 | 79.9 | 109.5 | 61.3 | 147.8 | 29.0 | 38.9 | 129.4 | 9.4 | **734.4** |
| **1964** | 24.1 | 32.3 | 58.2 | 60.8 | 60.0 | 26.2 | 24.0 | 43.8 | 77.4 | 63.6 | 64.4 | 33.2 | **568.0** |
| **1965** | 107.2 | 15.7 | 78.3 | 65.4 | 56.6 | 65.0 | 59.0 | 85.3 | 121.7 | 13.9 | 100.7 | 138.7 | **907.5** |
| **1966** | 75.2 | 89.4 | 53.6 | 79.8 | 59.7 | 99.2 | 75.7 | 54.7 | 36.9 | 66.0 | 64.4 | 128.1 | **882.7** |
| **1967** | 52.6 | 51.8 | 60.3 | 35.7 | 55.5 | 35.8 | 28.7 | 44.8 | 129.7 | 99.3 | 60.0 | 94.2 | **748.4** |
| **1968** | 115.8 | 59.6 | 38.2 | 49.4 | 77.5 | 57.1 | 119.2 | 155.6 | 84.6 | 40.1 | 33.5 | 50.1 | **880.7** |
| **1969** | 33.6 | 56.3 | 59.5 | 78.5 | 99.0 | 128.2 | 41.2 | 92.9 | 9.2 | 2.7 | 105.6 | 63.5 | **770.2** |
| **1970** | 81.3 | 145.9 | 77.3 | 95.4 | 70.0 | 117.5 | 86.8 | 72.2 | 62.6 | 58.4 | 56.2 | 34.3 | **957.9** |
| **1971** | 62.8 | 28.2 | 44.3 | 20.7 | 79.2 | 109.5 | 19.8 | 59.5 | 18.7 | 16.1 | 76.2 | 13.7 | **548.7** |
| **1972** | 48.4 | 55.9 | 38.7 | 57.5 | 70.5 | 41.4 | 146.3 | 136.1 | 41.5 | 27.0 | 110.9 | 32.1 | **806.3** |
| **1973** | 52.7 | 63.9 | 11.2 | 41.0 | 88.4 | 25.1 | 98.8 | 24.1 | 46.9 | 40.3 | 75.1 | 115.4 | **682.9** |
| **1974** | 43.0 | 51.6 | 82.4 | 23.9 | 35.2 | 123.6 | 55.8 | 46.8 | 108.2 | 183.5 | 92.6 | 82.2 | **928.8** |
| **1975** | 77.0 | 12.8 | 62.8 | 53.6 | 52.5 | 41.7 | 60.7 | 91.3 | 113.4 | 34.5 | 83.9 | 37.8 | **722.0** |
| **1976** | 48.0 | 54.9 | 21.3 | 30.1 | 13.8 | 13.5 | 44.5 | 11.8 | 93.4 | 87.1 | 89.6 | 62.6 | **570.6** |
| **1977** | 84.8 | 147.9 | 56.4 | 54.3 | 66.1 | 89.2 | 108.2 | 126.6 | 20.1 | 64.1 | 112.8 | 67.5 | **998.0** |
| **1978** | 97.5 | 73.1 | 152.8 | 35.3 | 117.1 | 61.7 | 85.0 | 24.7 | 64.7 | 22.1 | 19.8 | 142.4 | **896.2** |
| **1979** | 38.8 | 117.0 | 129.9 | 79.0 | 105.1 | 44.4 | 16.0 | 117.9 | 47.6 | 85.4 | 83.4 | 123.1 | **987.6** |
| **1980** | 74.6 | 76.3 | 75.7 | 29.6 | 84.1 | 99.5 | 135.0 | 47.0 | 30.6 | 84.8 | 71.9 | 85.1 | **894.2** |
| **1981** | 97.5 | 54.4 | 113.8 | 27.5 | 75.3 | 137.5 | 82.8 | 62.0 | 82.4 | 129.8 | 52.1 | 145.2 | **1060.3** |
| **1982** | 106.5 | 15.4 | 93.3 | 16.5 | 67.3 | 110.6 | 42.8 | 88.7 | 64.4 | 130.8 | 81.0 | 154.3 | **971.6** |
| **1983** | 96.8 | 62.9 | 78.1 | 154.6 | 146.0 | 26.7 | 15.9 | 38.9 | 81.7 | 47.7 | 48.2 | 42.4 | **839.9** |
| **1984** | 166.7 | 66.7 | 42.1 | 41.6 | 72.3 | 68.3 | 40.3 | 32.8 | 142.2 | 148.3 | 88.0 | 49.6 | **958.9** |
| **1985** | 72.3 | 16.4 | 63.2 | 74.5 | 119.9 | 104.2 | 26.0 | 83.9 | 23.9 | 15.0 | 61.3 | 70.5 | **731.1** |
| **1986** | 125.0 | 19.5 | 85.6 | 91.0 | 62.9 | 42.2 | 38.2 | 121.5 | 72.7 | 98.4 | 56.1 | 115.0 | **928.1** |
| **1987** | 32.6 | 83.9 | 64.0 | 25.4 | 83.9 | 153.6 | 119.8 | 73.7 | 39.8 | 101.4 | 60.5 | 49.0 | **887.6** |
| **1988** | 128.2 | 83.5 | 116.0 | 26.8 | 152.5 | 52.0 | 108.1 | 35.0 | 60.1 | 73.2 | 52.3 | 92.5 | **980.2** |
| **1989** | 31.1 | 59.9 | 62.1 | 111.2 | 27.2 | 69.4 | 22.3 | 45.4 | 61.0 | 79.1 | 47.6 | 108.2 | **724.5** |
| **1990** | 72.3 | 94.7 | 15.1 | 61.7 | 42.7 | 78.6 | 69.9 | 76.8 | 67.2 | 85.0 | 78.6 | 115.1 | **857.7** |
| **1991** | 94.1 | 22.2 | 79.6 | 36.4 | 9.6 | 92.2 | 50.3 | 11.6 | 90.9 | 47.0 | 92.3 | 75.8 | **702.0** |
| **1992** | 18.3 | 53.3 | 104.6 | 52.5 | 60.8 | 56.5 | 62.4 | 115.1 | 41.1 | 87.6 | 140.3 | 60.3 | **852.8** |
| **1993** | 78.6 | 12.8 | 6.6 | 48.5 | 59.5 | 68.2 | 117.4 | 20.6 | 143.0 | 102.2 | 20.2 | 158.9 | **836.5** |
| **1994** | 114.5 | 84.6 | 82.7 | 82.3 | 76.1 | 75.1 | 136.0 | 91.4 | 123.8 | 71.4 | 29.6 | 105.0 | **1072.5** |
| **1995** | 137.3 | 83.2 | 121.6 | 97.4 | 50.0 | 82.0 | 90.4 | 37.2 | 109.0 | 46.4 | 46.6 | 45.2 | **946.3** |
| **1996** | 17.8 | 63.2 | 20.0 | 12.1 | 91.4 | 27.8 | 49.8 | 101.7 | 31.4 | 63.6 | 168.6 | 54.8 | **702.2** |
| **1997** | 26.2 | 104.1 | 15.6 | 29.7 | 72.7 | 135.9 | 48.8 | 42.4 | 24.0 | 40.2 | 91.0 | 75.7 | **706.3** |
| **1998** | 74.6 | 11.8 | 32.6 | 150.4 | 25.8 | 56.6 | 51.0 | 31.6 | 94.2 | 191.2 | 40.2 | 71.9 | **831.9** |
| **1999** | 66.4 | 98.0 | 88.8 | 83.1 | 48.0 | 65.8 | 40.4 | 57.6 | 145.6 | 50.0 | 48.8 | 191.2 | **983.7** |
| **2000** | 34.2 | 93.0 | 48.4 | 57.2 | 116.4 | 31.0 | 182.6 | 72.0 | 142.6 | 113.8 | 118.4 | 84.8 | **1094.4** |
| **2001** | 90.8 | 48.6 | 132.4 | 151.4 | 58.2 | 40.0 | 84.2 | 68.4 | 153.6 | 68.2 | 98.6 | 68.6 | **1063.0** |
| **2002** | 48.0 | 132.0 | 65.2 | 30.2 | 54.2 | 19.2 | 37.8 | 68.2 | 24.0 | 93.4 | 110.4 | 60.2 | **742.8** |
| **2003** | 66.4 | 24.4 | 39.4 | 60.0 | 62.0 | 15.2 | 63.8 | 53.2 | 9.6 | 89.6 | 41.4 | 36.6 | **561.6** |
| **2004** | 106.6 | 31.8 | 16.4 | 50.6 | 70.2 | 46.2 | 80.7 | 101.4 | 21.2 | 74.8 | 35.6 | 67.0 | **702.5** |
| **2005** | 35.2 | 53.8 | 27.8 | 44.8 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| **Statistiques sur la période 1971 - 2000** | | | | | | | | | | | | | |
| **Moyenne** | 74.0 | 62.2 | 67.0 | 56.8 | 72.4 | 72.8 | 72.2 | 64.2 | 74.2 | 78.9 | 74.6 | 87.6 | **856.8** |
| **Maximum** | 166.7 | 147.9 | 152.8 | 154.6 | 152.5 | 153.6 | 182.6 | 136.1 | 145.6 | 191.2 | 168.6 | 191.2 | **1094.4** |
| **Minimum** | 17.8 | 11.8 | 6.6 | 12.1 | 9.6 | 13.5 | 15.9 | 11.6 | 18.7 | 15.0 | 19.8 | 13.7 | **548.7** |
| **Ecart type** | 37.5 | 34.4 | 38.4 | 36.5 | 35.2 | 36.7 | 43.5 | 36.4 | 40.2 | 45.4 | 33.8 | 42.5 | **142.8** |
| **Coef. Variation** | 0.51 | 0.55 | 0.57 | 0.64 | 0.49 | 0.50 | 0.60 | 0.57 | 0.54 | 0.58 | 0.45 | 0.49 | **0.17** |

**Précipiations mensuelles et annuelles à SAINT-DIZIER (n° 53448001)**

# Annexe 3

# Données d'évapotranspiration potentielle

| Année | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1962** | 14.0 | 22.1 | 39.7 | 75.9 | 88.7 | 130.5 | 115.6 | - | 66.0 | 32.2 | 12.6 | 12.6 | **609.9** |
| **1963** | 12.2 | 11.9 | 48.6 | 70.8 | 100.9 | 109.2 | 133.4 | 92.5 | 55.0 | 24.1 | 16.8 | 7.6 | **683.0** |
| **1964** | 6.9 | 19.8 | 39.4 | 76.0 | 109.9 | 134.2 | 145.3 | 106.4 | 74.1 | 30.7 | 14.1 | 11.3 | **768.1** |
| **1965** | 11.4 | 15.0 | 53.7 | 61.5 | 101.5 | 120.0 | 112.5 | 93.0 | 54.2 | 37.3 | 15.8 | 15.0 | **690.9** |
| **1966** | 14.1 | 27.2 | 43.1 | 71.9 | 108.6 | 126.1 | 111.6 | 98.9 | 64.4 | 34.4 | 13.0 | 8.3 | **721.6** |
| **1967** | 7.6 | 25.3 | 53.2 | 76.0 | 112.7 | 118.1 | 152.0 | 110.6 | 60.4 | 36.2 | 11.8 | 5.1 | **769.0** |
| **1968** | 5.8 | 18.7 | 52.2 | 82.4 | 90.1 | 113.2 | 117.4 | 88.4 | 54.0 | 28.7 | 14.4 | 6.8 | **672.1** |
| **1969** | 11.6 | 13.4 | 39.6 | 64.6 | 99.6 | 112.0 | 122.8 | 103.1 | 59.5 | 29.8 | 16.1 | 6.6 | **678.7** |
| **1970** | 7.6 | 16.6 | 35.7 | 56.9 | 97.8 | 119.8 | 115.9 | 97.7 | 62.9 | 29.0 | 22.1 | 7.0 | **669.0** |
| **1971** | 15.0 | 15.4 | 38.6 | 85.2 | 103.0 | 98.5 | 144.2 | 107.1 | 64.2 | 28.5 | 8.3 | 6.5 | **714.5** |
| **1972** | 6.9 | 18.8 | 54.2 | 63.5 | 90.6 | 111.9 | 105.6 | 85.3 | 53.1 | 30.8 | 8.6 | 12.9 | **642.2** |
| **1973** | 5.3 | 12.7 | 42.8 | 60.1 | 102.2 | 130.5 | 121.6 | 117.9 | 73.8 | 27.7 | 10.4 | 6.6 | **711.6** |
| **1974** | 16.2 | 19.1 | 36.3 | 75.7 | 108.9 | 121.3 | 124.4 | 117.3 | 64.3 | 24.4 | 18.0 | 9.9 | **735.8** |
| **1975** | 16.0 | 22.8 | 34.0 | 72.5 | 106.5 | 123.1 | 142.8 | 123.2 | 58.7 | 26.6 | 11.5 | 10.5 | **748.2** |
| **1976** | 5.4 | 18.0 | 51.7 | 92.1 | 128.0 | 163.4 | 159.9 | 131.1 | 65.1 | 37.8 | 15.6 | 13.4 | **881.5** |
| **1977** | 12.3 | 20.8 | 46.3 | 66.7 | 110.3 | 110.6 | 117.5 | 88.2 | 59.7 | 37.6 | 21.8 | 16.6 | **708.4** |
| **1978** | 16.8 | 23.8 | 47.4 | 69.9 | 91.3 | 114.4 | 111.1 | 103.6 | 60.5 | 30.7 | 11.5 | 17.4 | **698.4** |
| **1979** | 11.9 | 18.5 | 37.3 | 65.9 | 100.0 | 117.9 | 126.4 | 97.1 | 61.9 | 33.0 | 10.0 | 13.4 | **693.3** |
| **1980** | 7.6 | 20.9 | 39.4 | 73.6 | 105.4 | 106.3 | 101.9 | 98.6 | 68.0 | 27.7 | 11.5 | 5.9 | **666.8** |
| **1981** | 9.4 | 16.3 | 46.7 | 70.7 | 98.0 | 104.8 | 106.9 | 96.2 | 62.3 | 28.6 | 7.4 | 6.1 | **653.4** |
| **1982** | 10.3 | 19.3 | 52.3 | 89.0 | 118.2 | 127.3 | 148.6 | 103.6 | 77.2 | 30.1 | 14.4 | 5.1 | **795.4** |
| **1983** | 8.0 | 20.3 | 39.4 | 71.9 | 86.2 | 129.0 | 170.8 | 121.8 | 64.3 | 31.9 | 12.4 | 9.1 | **765.1** |
| **1984** | 11.7 | 20.4 | 46.8 | 90.2 | 73.1 | 116.2 | 135.4 | 100.5 | 48.0 | 23.8 | 16.7 | 4.7 | **687.5** |
| **1985** | 2.5 | 19.6 | 36.8 | 79.1 | 90.3 | 112.1 | 143.8 | 99.1 | 67.7 | 36.1 | 11.3 | 6.8 | **705.2** |
| **1986** | 7.9 | 15.9 | 42.5 | 59.9 | 106.2 | 131.0 | 130.7 | 105.3 | 57.7 | 33.7 | 15.5 | 12.9 | **719.2** |
| **1987** | 11.1 | 15.7 | 48.5 | 83.6 | 100.7 | 101.3 | 126.7 | 106.0 | 66.5 | 36.7 | 11.5 | 9.3 | **717.6** |
| **1988** | 18.9 | 25.2 | 38.2 | 85.8 | 103.3 | 121.3 | 129.9 | 123.5 | 61.6 | 36.8 | 10.4 | 9.1 | **764.0** |
| **1989** | 10.4 | 23.4 | 63.6 | 64.6 | 147.2 | 132.9 | 142.0 | 127.9 | 71.3 | 40.1 | 19.7 | 17.5 | **860.6** |
| **1990** | 14.8 | 33.6 | 50.1 | 73.1 | 134.4 | 114.2 | 148.3 | 127.1 | 66.5 | 41.9 | 12.3 | 7.8 | **824.1** |
| **1991** | 17.7 | 16.3 | 53.9 | 84.3 | 112.5 | 102.8 | 138.6 | 134.6 | 75.6 | 31.7 | 17.4 | 14.3 | **799.7** |
| **1992** | 13.9 | 16.1 | 46.3 | 81.0 | 129.6 | 113.8 | 126.6 | 112.6 | 61.2 | 27.3 | 10.6 | 9.1 | **748.1** |
| **1993** | 10.4 | 15.0 | 53.0 | 79.6 | 108.7 | 126.2 | 116.9 | 118.4 | 57.4 | 32.5 | 15.7 | 12.2 | **746.0** |
| **1994** | 10.9 | 18.4 | 47.1 | 66.6 | 101.8 | 125.1 | 149.6 | 110.9 | 54.2 | 36.6 | 14.5 | 11.5 | **747.2** |
| **1995** | 16.3 | 22.4 | 49.9 | 57.2 | 110.6 | 120.6 | 150.6 | 123.7 | 54.1 | 33.9 | 13.5 | 7.7 | **760.5** |
| **1996** | 13.9 | 17.5 | 46.2 | 88.4 | 91.6 | 134.3 | 138.9 | 107.7 | 67.1 | 32.0 | 15.6 | 8.7 | **761.9** |
| **1997** | 9.6 | 24.7 | 45.0 | 85.2 | 120.2 | 116.9 | 128.7 | 122.9 | 70.6 | 38.1 | 16.0 | 10.4 | **788.3** |
| **1998** | 21.5 | 16.7 | 57.7 | 67.6 | 123.0 | 130.9 | 121.9 | 121.1 | 66.3 | 32.3 | 11.2 | 11.4 | **781.6** |
| **1999** | 15.0 | 14.6 | 46.5 | 72.2 | 110.0 | 122.3 | 148.5 | 119.7 | 78.0 | 33.8 | 8.6 | 10.9 | **780.1** |
| **2000** | 9.0 | 20.0 | 47.3 | 79.1 | 110.1 | 141.9 | 112.4 | 119.2 | 64.3 | 35.6 | 19.0 | 17.6 | **775.5** |
| **2001** | 17.0 | 21.9 | 45.1 | 65.7 | 120.4 | 125.1 | 139.4 | 115.6 | 47.6 | 37.8 | 9.8 | 12.3 | **757.7** |
| **2002** | 16.9 | 30.9 | 53.6 | 88.4 | 102.9 | 138.1 | 129.0 | 102.9 | 71.0 | 40.2 | 15.1 | 13.2 | **802.2** |
| **2003** | 7.0 | 24.4 | 67.0 | 101.7 | 110.0 | 152.0 | 149.5 | 148.5 | 81.1 | 36.0 | 16.8 | 13.3 | **907.3** |
| **2004** | 10.3 | 21.7 | 51.9 | 78.4 | 111.5 | 124.7 | 130.6 | 107.7 | 78.2 | 34.4 | 8.8 | 6.3 | **764.5** |
| **2005** | 11.4 | 14.5 | 45.6 | 74.5 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| **Statistiques sur la période 1971 - 2000** | | | | | | | | | | | | | |
| **Moyenne** | 11.9 | 19.4 | 46.2 | 75.1 | 107.4 | 120.8 | 132.4 | 112.4 | 64.0 | 32.6 | 13.4 | 10.5 | **746.1** |
| **Maximum** | 21.5 | 33.6 | 63.6 | 92.1 | 147.2 | 163.4 | 170.8 | 134.6 | 78.0 | 41.9 | 21.8 | 17.6 | **881.5** |
| **Minimum** | 2.5 | 12.7 | 34.0 | 57.2 | 73.1 | 98.5 | 101.9 | 85.3 | 48.0 | 23.8 | 7.4 | 4.7 | **642.2** |
| **Ecart type** | 4.4 | 4.2 | 6.9 | 9.9 | 15.3 | 13.3 | 16.8 | 12.8 | 7.2 | 4.6 | 3.7 | 3.7 | **55.8** |
| **Coef. Variation** | 0.37 | 0.22 | 0.15 | 0.13 | 0.14 | 0.11 | 0.13 | 0.11 | 0.11 | 0.14 | 0.28 | 0.35 | **0.07** |

**Evapotranspiration potentielle PENMAN calculé d'après les valeurs décadaires de la Climathèque de Météo France à la Station de Saint-Dizier (n° 52448001)**

| Année | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1956** | 12.2 | 9.4 | 54.1 | 71.4 | 120.9 | 94.5 | 116.6 | 97.7 | 69.4 | 27.0 | 10.0 | 6.7 | **689.9** |
| **1957** | 9.4 | 26.4 | 63.6 | 81.3 | 108.7 | 128.0 | 131.0 | 105.4 | 60.7 | 35.1 | 15.7 | 9.8 | **775.1** |
| **1958** | 13.7 | 17.0 | 41.2 | 72.7 | 115.5 | 119.4 | 127.7 | 106.5 | 73.2 | 32.4 | 7.6 | 14.6 | **741.5** |
| **1959** | 14.6 | 21.9 | 53.9 | 92.5 | 123.9 | 132.6 | 169.1 | 123.1 | 98.6 | 50.4 | 14.9 | 10.4 | **905.9** |
| **1960** | 8.5 | 23.5 | 49.7 | 80.4 | 116.4 | 122.0 | 109.8 | 91.8 | 53.7 | 36.2 | 17.1 | 6.8 | **715.9** |
| **1961** | 8.9 | 24.2 | 57.8 | 83.6 | 94.1 | 115.7 | 126.7 | 108.4 | 83.8 | 28.0 | 10.6 | 3.7 | **745.5** |
| **1962** | 11.3 | 16.8 | 37.8 | 77.1 | 90.9 | 138.9 | 135.3 | 135.6 | 73.8 | 34.8 | 13.1 | 7.4 | **772.8** |
| **1963** | 8.6 | 10.9 | 47.9 | 68.1 | 97.0 | 104.3 | 130.3 | 92.2 | 56.3 | 24.2 | 18.0 | 6.6 | **664.4** |
| **1964** | 4.5 | 18.9 | 31.9 | 81.2 | 114.1 | 150.9 | 169.2 | 116.2 | 76.7 | 28.8 | 11.7 | 7.0 | **811.1** |
| **1965** | 9.4 | 12.6 | 51.1 | 63.1 | 98.0 | 114.9 | 113.2 | 99.6 | 56.5 | 36.4 | 14.6 | 12.5 | **681.9** |
| **1966** | 13.9 | 24.8 | 46.6 | 73.5 | 113.8 | 123.1 | 110.6 | 95.2 | 68.3 | 33.5 | 11.6 | 4.7 | **719.6** |
| **1967** | 7.3 | 23.9 | 54.4 | 86.2 | 114.0 | 129.4 | 162.5 | 113.6 | 62.8 | 37.2 | 11.5 | 4.0 | **806.8** |
| **1968** | 4.2 | 15.1 | 55.5 | 88.7 | 90.0 | - | 125.2 | 90.3 | - | 27.6 | 11.2 | 2.9 | - |
| **1969** | 8.8 | 13.4 | 37.7 | 65.6 | 103.0 | 103.0 | 132.4 | - | 58.4 | 31.9 | 16.5 | 4.2 | **574.9** |
| **1970** | 6.3 | 16.8 | 33.2 | 59.5 | 97.7 | 114.8 | 116.1 | 102.1 | 75.0 | 26.3 | 21.8 | 5.5 | **675.1** |
| **1971** | 14.3 | 14.3 | 39.3 | 94.5 | 109.1 | 100.4 | 151.8 | 109.6 | 74.6 | 36.1 | 8.1 | 4.3 | **756.4** |
| **1972** | 5.0 | 18.8 | 59.8 | 67.2 | 92.5 | 107.3 | 114.5 | 91.6 | 57.6 | 40.0 | 11.5 | 11.3 | **677.1** |
| **1973** | 4.6 | 13.5 | 49.5 | 66.1 | 108.7 | 128.0 | 118.7 | 117.1 | 80.7 | 27.8 | 11.5 | 8.8 | **735.0** |
| **1974** | 11.0 | 19.5 | 40.5 | 84.7 | 102.1 | 120.3 | 129.2 | 116.1 | 62.9 | 21.4 | 17.6 | 7.2 | **732.5** |
| **1975** | 15.2 | 22.7 | 34.2 | 74.1 | 96.9 | 115.0 | 139.9 | 117.6 | 60.4 | 24.8 | 10.1 | 5.6 | **716.5** |
| **1976** | 5.6 | 16.3 | 47.9 | 89.9 | 127.6 | 174.9 | 154.9 | 133.3 | 67.3 | 34.1 | 12.2 | 7.0 | **871.0** |
| **1977** | 9.5 | 19.2 | 48.5 | 65.2 | 97.7 | 105.1 | 115.3 | 91.1 | 70.0 | 41.1 | 15.2 | 12.7 | **690.6** |
| **1978** | 12.2 | 19.3 | 48.8 | 69.5 | 99.1 | 121.0 | 120.5 | 109.4 | 75.2 | 36.2 | 8.0 | 13.1 | **732.3** |
| **1979** | 7.5 | 13.6 | 41.8 | 73.5 | 112.3 | 122.5 | 137.3 | 99.3 | 69.8 | 33.4 | 10.5 | 13.1 | **734.6** |
| **1980** | 8.5 | 21.8 | 37.9 | 73.0 | 101.6 | 106.1 | 108.0 | 108.7 | 70.3 | 26.4 | 7.6 | 6.3 | **676.2** |
| **1981** | 8.9 | 15.3 | 49.2 | 69.5 | 95.9 | 109.7 | 111.7 | 109.5 | 59.9 | 29.6 | 7.0 | 6.5 | **672.7** |
| **1982** | 12.1 | 18.2 | 50.8 | 90.4 | 117.7 | 122.4 | 144.0 | 99.4 | 79.4 | 24.9 | 14.8 | 4.4 | **778.5** |
| **1983** | 9.4 | 17.2 | 40.2 | 64.7 | 79.8 | 134.3 | 179.6 | 124.0 | 70.2 | 33.2 | 10.5 | 11.1 | **774.2** |
| **1984** | - | 17.3 | 48.8 | 91.9 | 73.6 | 125.2 | 146.8 | 111.4 | 53.2 | 29.1 | 22.3 | 5.5 | - |
| **1985** | 3.3 | 21.5 | 38.7 | 90.9 | 89.6 | 115.6 | 154.7 | 117.1 | 90.8 | 44.0 | 11.2 | 9.5 | **786.9** |
| **1986** | 10.5 | 11.9 | 42.5 | 51.9 | 99.1 | 131.9 | 145.5 | 115.0 | 65.2 | 33.6 | 14.1 | 4.6 | **725.8** |
| **1987** | 4.5 | - | 38.5 | 85.5 | 91.8 | 91.8 | - | 104.2 | 70.5 | 33.3 | 8.2 | 3.7 | - |
| **1988** | 11.9 | 19.7 | 37.0 | 80.4 | 91.6 | 114.8 | 128.0 | 124.4 | 61.7 | 32.8 | 5.0 | 2.0 | **709.3** |
| **1989** | 4.6 | 15.5 | 67.1 | 53.2 | 143.1 | 139.7 | 147.5 | 132.8 | 78.2 | 43.8 | 14.2 | 11.9 | **851.6** |
| **1990** | 13.4 | 47.6 | 68.3 | 74.3 | 137.3 | 116.0 | 146.3 | 138.2 | 66.2 | 32.0 | 6.1 | 1.5 | **847.2** |
| **1991** | 3.2 | 12.4 | 46.4 | 76.2 | 99.1 | 104.2 | 136.2 | 132.6 | 72.7 | 25.8 | 9.1 | 6.2 | **724.1** |
| **1992** | 6.2 | 13.8 | 40.7 | 72.4 | 115.2 | 107.0 | 124.6 | 127.8 | 62.3 | 23.3 | 8.1 | 4.4 | **705.8** |
| **1993** | 5.9 | 13.2 | 55.0 | 76.7 | 98.1 | 112.8 | 118.5 | 116.6 | 55.6 | 24.8 | 8.7 | 7.5 | **693.4** |
| **1994** | 8.0 | 15.8 | 47.4 | 60.8 | 95.9 | 119.7 | 149.5 | 109.7 | 51.2 | 32.2 | 11.4 | 5.5 | **707.1** |
| **1995** | 10.5 | 21.4 | 48.8 | 57.2 | 102.8 | 106.0 | 141.0 | 113.7 | 52.2 | 31.3 | 12.3 | 2.2 | **699.4** |
| **1996** | 2.9 | 13.3 | 42.7 | 84.0 | 77.8 | 123.8 | 127.6 | 100.7 | 60.6 | 26.6 | 7.1 | 2.5 | **669.6** |
| **1997** | 4.0 | 20.6 | 46.8 | 83.9 | 110.5 | 103.3 | 113.6 | 115.1 | 69.4 | 31.6 | 11.5 | 4.6 | **714.9** |
| **1998** | 13.1 | 16.6 | 52.4 | 61.7 | 115.9 | 124.3 | 124.9 | 123.8 | 55.7 | 25.3 | 9.0 | 8.1 | **730.8** |
| **1999** | 6.4 | 10.9 | 39.0 | 61.6 | 97.6 | 108.0 | 127.8 | 111.3 | 77.1 | 31.4 | 8.8 | 6.9 | **686.8** |
| **2000** | 6.7 | 19.3 | 46.8 | 72.3 | 103.2 | 137.0 | 107.9 | 112.0 | 62.2 | 29.9 | 13.0 | 10.9 | **721.2** |
| **2001** | 8.7 | 17.9 | 38.2 | 57.7 | 111.0 | 116.7 | 130.6 | 115.3 | 47.3 | 33.9 | 7.1 | 4.5 | **688.9** |
| **2002** | 9.6 | 20.9 | 51.5 | 79.5 | 91.1 | 131.0 | 123.9 | 94.1 | 63.4 | 35.1 | 10.9 | 6.7 | **717.7** |
| **2003** | 2.9 | 20.1 | 61.7 | 87.3 | 99.1 | 150.3 | 141.2 | 151.5 | 79.0 | 27.9 | 11.7 | 8.7 | **841.4** |
| **2004** | 8.4 | 19.9 | 48.8 | 74.1 | 105.6 | 123.4 | 119.0 | 106.2 | 71.6 | 31.0 | 8.1 | 3.2 | **719.3** |
| **2005** | 6.3 | 11.4 | 42.4 | 66.5 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| **Statistiques sur la période 1971 - 2000 sauf 1984 et 1987** | | | | | | | | | | | | | |
| **Moyenne** | 8.4 | 18.0 | 46.7 | 72.9 | 104.2 | 119.0 | 132.8 | 114.9 | 67.1 | 31.3 | 10.5 | 7.1 | 732.9 |
| **Maximum** | 13.4 | 47.6 | 68.3 | 90.9 | 143.1 | 139.7 | 179.6 | 138.2 | 90.8 | 44.0 | 14.8 | 13.1 | 851.6 |
| **Minimum** | 2.9 | 10.9 | 37.0 | 51.9 | 77.8 | 103.3 | 107.9 | 99.3 | 51.2 | 23.3 | 5.0 | 1.5 | 669.6 |
| **Ecart type** | 3.6 | 6.7 | 8.3 | 11.5 | 14.8 | 15.3 | 17.3 | 12.1 | 9.4 | 6.0 | 3.0 | 3.5 | 53.4 |
| **Coef. Variation** | 0.43 | 0.37 | 0.18 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.13 | 0.11 | 0.14 | 0.19 | 0.29 | 0.49 | **0.07** |

**Evapotranspiration potentielle PENMAN calculé d'après les valeurs décadaires de la Climathèque de Météo France à la Station de Langres**

| Année | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1978** | - | - | - | - | - | - | - | - | 63.0 | 31.1 | 7.7 | 8.6 | **-** |
| **1979** | 6.0 | 15.8 | 38.3 | 67.4 | 97.5 | 109.1 | 123.0 | 105.0 | 61.5 | 30.1 | 11.5 | 13.2 | **678.4** |
| **1980** | 7.7 | 21.4 | 36.9 | 73.0 | 101.4 | 112.3 | 105.3 | 109.0 | 68.2 | 32.6 | 14.0 | 8.6 | **690.4** |
| **1981** | 11.7 | 17.8 | 51.1 | 70.6 | 87.9 | 104.9 | 110.2 | 103.1 | 65.6 | 32.3 | 10.1 | 10.4 | **675.7** |
| **1982** | 11.3 | 16.4 | 52.5 | 83.7 | 102.1 | 119.0 | 133.4 | 101.6 | 73.6 | 28.3 | 13.6 | 7.3 | **742.8** |
| **1983** | 11.4 | 19.2 | 43.9 | 64.5 | 89.4 | 126.6 | 152.3 | 120.2 | 73.9 | 37.0 | 13.8 | 9.6 | **761.8** |
| **1984** | 15.9 | 22.9 | 50.7 | 90.5 | 76.5 | 118.3 | 130.7 | 102.7 | 56.2 | 29.3 | 16.1 | 7.4 | **717.2** |
| **1985** | 7.7 | 23.3 | 43.4 | 89.0 | 100.6 | 117.4 | 139.1 | 107.7 | 78.5 | 41.4 | 14.9 | 12.0 | **775.0** |
| **1986** | 16.0 | 17.5 | 47.0 | 68.1 | 105.4 | 135.9 | 135.8 | 111.7 | 59.4 | 37.7 | 15.2 | 11.0 | **760.7** |
| **1987** | 11.3 | 12.9 | 45.4 | 87.4 | 101.9 | 100.2 | 122.9 | 111.7 | 66.7 | 37.1 | 13.0 | 7.4 | **717.9** |
| **1988** | 17.5 | 28.0 | 45.4 | 81.5 | 97.6 | 119.0 | 123.6 | 119.3 | 61.9 | 39.0 | 11.0 | 9.5 | **753.3** |
| **1989** | 5.4 | 16.5 | 52.5 | 60.8 | 136.2 | 122.6 | 137.6 | 123.4 | 76.0 | 50.5 | 16.8 | 13.7 | **812.0** |
| **1990** | 12.2 | 30.9 | 49.9 | 74.4 | 127.1 | 105.3 | 158.1 | 144.6 | 78.2 | 44.0 | 10.9 | 8.2 | **843.8** |
| **1991** | 13.9 | 13.1 | 49.4 | 84.6 | 104.7 | 99.5 | 128.8 | 125.2 | 72.3 | 36.0 | 16.4 | 10.2 | **754.1** |
| **1992** | 10.8 | 17.6 | 51.8 | 78.8 | 127.1 | 110.7 | 130.3 | 122.0 | 66.3 | 34.3 | 17.0 | 9.5 | **776.2** |
| **1993** | 15.0 | 15.6 | 50.3 | 74.1 | 102.4 | 125.6 | 122.6 | 122.2 | 64.6 | 36.1 | 12.6 | 12.5 | **753.6** |
| **1994** | 11.3 | 14.8 | 50.9 | 74.0 | 112.1 | 133.5 | 151.8 | 116.5 | 57.5 | 35.6 | 12.4 | 8.2 | **778.6** |
| **1995** | 15.1 | 23.9 | 50.4 | 58.9 | 107.1 | 118.4 | 148.4 | 130.4 | 61.4 | 35.2 | 9.2 | 2.5 | **760.9** |
| **1996** | 6.4 | 16.4 | 44.4 | 86.4 | 90.0 | 134.2 | 142.9 | 115.2 | 72.2 | 32.6 | 14.3 | 6.7 | **761.7** |
| **1997** | 6.7 | 26.3 | 46.9 | 90.4 | 115.4 | 111.9 | 131.6 | 126.9 | 74.8 | 37.9 | 13.0 | 7.7 | **789.5** |
| **1998** | 18.9 | 16.1 | 53.0 | 64.6 | 119.6 | 129.5 | 123.3 | 124.3 | 69.4 | 33.7 | 10.9 | 7.7 | **771.0** |
| **1999** | 12.5 | 16.8 | 45.7 | 71.0 | 114.4 | 120.3 | 146.3 | 122.8 | 78.7 | 37.2 | 9.9 | 9.1 | **784.7** |
| **2000** | 7.1 | 19.7 | 46.8 | 68.6 | 107.0 | 129.0 | 111.8 | 119.5 | 66.1 | 34.5 | 16.4 | 11.8 | **738.3** |
| **2001** | 10.7 | 17.1 | 40.7 | 63.9 | 113.5 | 131.5 | 134.0 | 122.1 | 56.0 | 40.1 | 9.7 | 11.4 | **750.7** |
| **2002** | 13.6 | 32.2 | 52.1 | 94.7 | 104.9 | 130.6 | 128.2 | 102.4 | 71.1 | 37.0 | 11.4 | 8.5 | **786.7** |
| **2003** | 4.2 | 18.2 | 62.9 | 96.0 | 105.2 | 142.0 | 147.6 | 148.6 | 80.2 | 31.8 | 10.3 | 5.9 | **852.9** |
| **2004** | 8.0 | 21.9 | 49.5 | 75.9 | 111.0 | 128.7 | 131.6 | 116.9 | 86.0 | 39.6 | 11.1 | 6.2 | **786.4** |
| **2005** | 10.5 | 19.0 | 43.8 | 76.5 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| **Statistiques sur la période 1979 - 2004** | | | | | | | | | | | | | |
| **Moyenne** | 11.1 | 19.7 | 48.1 | 76.6 | 106.1 | 120.6 | 132.7 | 118.3 | 69.1 | 36.2 | 12.9 | 9.1 | 760.6 |
| **Maximum** | 18.9 | 32.2 | 62.9 | 96.0 | 136.2 | 142.0 | 158.1 | 148.6 | 86.0 | 50.5 | 17.0 | 13.7 | 852.9 |
| **Minimum** | 4.2 | 12.9 | 36.9 | 58.9 | 76.5 | 99.5 | 105.3 | 101.6 | 56.0 | 28.3 | 9.2 | 2.5 | 675.7 |
| **Ecart type** | 4.0 | 5.2 | 5.3 | 10.8 | 13.0 | 11.5 | 13.3 | 11.8 | 8.0 | 4.7 | 2.4 | 2.5 | 42.6 |
| **Coef. Variation** | 0.36 | 0.26 | 0.11 | 0.14 | 0.12 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.12 | 0.13 | 0.19 | 0.27 | **0.06** |

**Evapotranspiration potentielle PENMAN calculé d'après les valeurs décadaires de la Climathèque de Météo France à la Station de Melun**

| Année | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1976** | 11.3 | 17.8 | 44.0 | 84.5 | 123.7 | 159.5 | 156.3 | 129.6 | 68.1 | 35.2 | 14.8 | 7.5 | **852.3** |
| **1977** | 8.2 | 16.9 | 46.0 | 68.9 | 108.9 | 100.6 | 125.0 | 104.2 | 64.8 | 36.7 | 20.6 | 8.8 | **709.6** |
| **1978** | 9.7 | 20.4 | 45.2 | 63.6 | 82.9 | 101.8 | 102.7 | 93.3 | 61.8 | 27.6 | 7.0 | 10.1 | **626.1** |
| **1979** | 4.3 | 11.6 | 33.0 | 64.9 | 91.9 | 102.4 | 106.0 | 89.7 | 60.0 | 27.9 | 7.9 | 17.3 | **616.9** |
| **1980** | 7.7 | 17.9 | 30.5 | 74.1 | 100.1 | 107.6 | 97.6 | 100.6 | 66.0 | 29.8 | 13.7 | 8.8 | **654.4** |
| **1981** | 11.4 | 12.8 | 44.1 | 57.3 | 81.8 | 99.3 | 97.6 | 79.1 | 63.4 | 25.5 | 8.1 | 7.5 | **587.9** |
| **1982** | 7.4 | 16.8 | 47.6 | 70.6 | 95.0 | 116.9 | 139.1 | 100.4 | 72.2 | 26.0 | 13.2 | 10.4 | **715.6** |
| **1983** | 13.7 | 17.5 | 40.9 | 62.1 | 77.7 | 126.4 | 158.0 | 112.7 | 67.1 | 34.4 | 7.7 | 7.9 | **726.1** |
| **1984** | 11.0 | 13.4 | 33.8 | 69.1 | 65.5 | 116.7 | 125.5 | 97.9 | 52.7 | 26.3 | 16.1 | 7.3 | **635.3** |
| **1985** | 6.5 | 17.8 | 38.5 | 74.7 | 92.9 | 110.5 | 143.7 | 104.3 | 73.9 | 39.3 | 12.1 | 13.4 | **727.6** |
| **1986** | 16.7 | 18.3 | 45.7 | 69.7 | 112.5 | 124.9 | 133.2 | 108.2 | 63.4 | 39.8 | 14.6 | 11.8 | **758.8** |
| **1987** | 9.9 | 13.2 | 41.4 | 76.8 | 89.4 | 89.8 | 115.0 | 95.1 | 60.3 | 32.2 | 9.4 | 6.5 | **639.0** |
| **1988** | 14.4 | 20.4 | 38.2 | 76.7 | 90.7 | 110.8 | 108.8 | 100.7 | 52.7 | 25.7 | 3.3 | 7.6 | **650.0** |
| **1989** | 5.3 | 16.9 | 50.9 | 53.4 | 122.7 | 112.7 | 130.4 | 107.4 | 66.5 | 36.5 | 13.4 | 14.7 | **730.8** |
| **1990** | 13.3 | 34.7 | 49.0 | 69.9 | 115.2 | 97.4 | 148.2 | 115.7 | 62.8 | 34.4 | 8.4 | 4.7 | **753.7** |
| **1991** | 11.1 | 12.3 | 45.3 | 72.5 | 101.6 | 99.1 | 129.9 | 120.1 | 71.0 | 30.3 | 11.4 | 9.7 | **714.3** |
| **1992** | 12.3 | 15.1 | 45.4 | 73.9 | 125.8 | 104.7 | 125.2 | 112.4 | 63.9 | 29.6 | 12.9 | 7.9 | **729.1** |
| **1993** | 11.6 | 12.0 | 47.7 | 76.8 | 105.9 | 126.9 | 117.7 | 114.6 | 59.7 | 31.6 | 10.1 | 10.8 | **725.4** |
| **1994** | 11.2 | 15.8 | 45.1 | 73.9 | 107.1 | 131.0 | 150.6 | 109.6 | 62.1 | 33.9 | 12.3 | 4.8 | **757.4** |
| **1995** | 13.1 | 23.8 | 50.8 | 58.4 | 105.2 | 116.8 | 139.4 | 118.1 | 68.1 | 32.8 | 13.5 | 5.1 | **745.1** |
| **1996** | 8.3 | 19.1 | 42.9 | 86.0 | 92.4 | 127.1 | 133.3 | 106.4 | 62.6 | 29.1 | 12.5 | 6.0 | **725.7** |
| **1997** | 4.1 | 27.7 | 43.8 | 79.0 | 112.8 | 114.7 | 122.7 | 117.2 | 66.1 | 34.4 | 9.8 | 7.7 | **740.0** |
| **1998** | 16.9 | 13.8 | 52.9 | 60.8 | 110.4 | 129.5 | 117.2 | 113.4 | 69.6 | 34.0 | 11.3 | 9.5 | **739.3** |
| **1999** | 12.6 | 17.0 | 45.1 | 70.6 | 122.1 | 124.8 | 145.9 | 117.1 | 76.7 | 35.5 | 11.4 | 14.0 | **792.8** |
| **2000** | 8.3 | 24.0 | 47.0 | 71.4 | 110.9 | 132.7 | 109.7 | 113.8 | 67.1 | 39.5 | 20.5 | 16.1 | **761.0** |
| **2001** | 13.2 | 18.9 | 41.9 | 65.6 | 114.8 | 125.5 | 134.2 | 119.7 | 55.0 | 37.8 | 5.6 | 7.7 | **739.9** |
| **2002** | 12.6 | 29.5 | 45.6 | 82.8 | 103.4 | 131.2 | 129.7 | 97.9 | 72.6 | 40.6 | 12.0 | 8.0 | **765.9** |
| **2003** | 4.4 | 21.6 | 57.1 | 94.5 | 113.0 | 137.4 | 149.0 | 135.5 | 73.1 | 30.4 | 11.2 | 9.4 | **836.6** |
| **2004** | 11.2 | 23.5 | 44 | 70 | 98.2 | 116.1 | 117.8 | 99.2 | 66.2 | 31.1 | 8.5 | 6.4 | **692.2** |
| **2005** | 11.6 | 14.4 | 35.9 | 63 | - | - | - | - | - | - | - | - | **-** |
| **Statistiques sur la période 1976 - 2004** | | | | | | | | | | | | | |
| **Moyenne** | 10.4 | 18.6 | 44.3 | 71.5 | 102.6 | 117.1 | 127.9 | 108.1 | 65.2 | 32.7 | 11.5 | 9.2 | 718.9 |
| **Maximum** | 16.9 | 34.7 | 57.1 | 94.5 | 125.8 | 159.5 | 158.0 | 135.5 | 76.7 | 40.6 | 20.6 | 17.3 | 852.3 |
| **Minimum** | 4.1 | 11.6 | 30.5 | 53.4 | 65.5 | 89.8 | 97.6 | 79.1 | 52.7 | 25.5 | 3.3 | 4.7 | 587.9 |
| **Ecart type** | 3.5 | 5.5 | 5.7 | 9.0 | 14.8 | 15.0 | 17.1 | 12.0 | 6.0 | 4.5 | 3.8 | 3.3 | 61.9 |
| **Coef. Variation** | 0.34 | 0.30 | 0.13 | 0.13 | 0.14 | 0.13 | 0.13 | 0.11 | 0.09 | 0.14 | 0.33 | 0.36 | 0.09 |

**Evapotranspiration potentielle PENMAN calculé d'après les valeurs décadaires de la Climathèque de Météo France à la Station de Reims Courcy (d'après les données mensuelles)**

| Année | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Total mm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1973** | 3.7 | 14.7 | 47.1 | 62.8 | 114.3 | 151.2 | 131.0 | 134.8 | 82.9 | 33.0 | 9.0 | 6.3 | **790.8** |
| **1974** | 13.9 | 20.0 | 36.2 | 87.1 | 120.6 | 135.5 | 143.9 | 129.8 | 67.7 | 23.2 | 16.6 | 9.2 | **803.7** |
| **1975** | 12.7 | 23.7 | 35.0 | 77.5 | 121.3 | 139.9 | 168.7 | 136.4 | 66.4 | 29.6 | 11.2 | 7.5 | **829.9** |
| **1976** | 8.2 | 17.7 | 56.2 | 101.6 | 142.4 | 188.9 | 175.5 | 149.1 | 71.4 | 38.7 | 14.9 | 11.8 | **976.4** |
| **1977** | 11.8 | 22.9 | 50.9 | 73.0 | 118.0 | 113.3 | 128.3 | 95.3 | 70.9 | 40.0 | 20.2 | 14.3 | **758.9** |
| **1978** | 14.2 | 23.6 | 50.5 | 74.4 | 97.6 | 124.1 | 123.5 | 117.7 | 69.9 | 32.8 | 8.6 | 17.1 | **754.0** |
| **1979** | 12.4 | 18.9 | 38.5 | 69.7 | 111.0 | 133.7 | 141.0 | 104.9 | 73.1 | 34.0 | 9.4 | 10.9 | **757.5** |
| **1980** | 6.9 | 22.6 | 38.9 | 79.5 | 115.4 | 113.8 | 106.2 | 106.9 | 80.5 | 31.1 | 12.7 | 6.3 | **720.8** |
| **1981** | 7.5 | 19.2 | 45.1 | 78.5 | 108.7 | 115.3 | 113.8 | 112.3 | 71.7 | 30.0 | 10.2 | 7.7 | **720.0** |
| **1982** | 8.6 | 21.7 | 54.2 | 95.4 | 130.7 | 139.6 | 167.0 | 113.1 | 87.0 | 31.5 | 13.1 | 5.2 | **867.1** |
| **1983** | 9.7 | 22.8 | 40.6 | 75.4 | 89.1 | 145.4 | 198.7 | 136.0 | 72.8 | 36.1 | 11.1 | 8.6 | **846.3** |
| **1984** | 12.0 | 22.5 | 48.6 | 92.6 | 78.6 | 131.6 | 153.9 | 116.8 | 51.5 | 27.3 | 14.4 | 3.3 | **753.1** |
| **1985** | 5.9 | 22.6 | 36.5 | 83.6 | 97.6 | 124.7 | 168.3 | 112.7 | 83.2 | 40.4 | 11.0 | 6.4 | **792.9** |
| **1986** | 9.3 | 19.4 | 43.7 | 61.0 | 121.6 | 148.0 | 146.4 | 114.1 | 70.0 | 37.6 | 15.0 | 11.5 | **797.6** |
| **1987** | 11.9 | 16.6 | 51.9 | 90.7 | 111.5 | 105.4 | 141.1 | 121.3 | 76.8 | 37.7 | 10.5 | 9.7 | **785.1** |
| **1988** | 17.6 | 24.8 | 35.9 | 93.2 | 111.9 | 133.8 | 145.3 | 141.3 | 63.5 | 39.2 | 9.1 | 9.4 | **825.0** |
| **1989** | 7.3 | 22.9 | 66.0 | 67.6 | 170.5 | 147.6 | 160.9 | 141.8 | 81.6 | 42.4 | 12.3 | 13.0 | **933.9** |
| **1990** | 10.7 | 33.8 | 52.3 | 77.2 | 153.0 | 120.4 | 171.6 | 138.1 | 76.1 | 43.5 | 11.7 | 7.1 | **895.5** |
| **1991** | 14.3 | 16.9 | 53.9 | 88.8 | 118.7 | 103.4 | 151.7 | 151.9 | 83.3 | 32.5 | 14.6 | 12.8 | **842.8** |
| **1992** | 10.1 | 19.0 | 47.3 | 83.8 | 140.8 | 121.1 | 139.9 | 121.4 | 70.0 | 28.8 | 11.3 | 7.8 | **801.3** |
| **1993** | 13.6 | 14.6 | 55.9 | 80.9 | 116.8 | 136.7 | 123.3 | 133.5 | 61.8 | 31.7 | 11.2 | 12.9 | **792.9** |
| **1994** | 11.6 | 19.1 | 49.0 | 68.7 | 113.0 | 140.6 | 168.6 | 120.9 | 57.9 | 40.7 | 13.1 | 10.7 | **813.9** |
| **1995** | 13.5 | 22.7 | 51.1 | 61.6 | 122.1 | 126.5 | 171.7 | 134.1 | 57.5 | 36.7 | 12.1 | 8.3 | **817.9** |
| **1996** | 10.1 | 19.3 | 48.4 | 94.0 | 96.8 | 152.7 | 155.6 | 112.7 | 73.9 | 33.7 | 14.1 | 8.7 | **820.0** |
| **1997** | 7.7 | 24.7 | 48.8 | 96.6 | 133.8 | 121.9 | 143.1 | 135.0 | 87.1 | 42.0 | 14.9 | 9.6 | **865.2** |
| **1998** | 16.8 | 18.1 | 56.9 | 66.6 | 136.3 | 140.2 | 125.5 | 134.8 | 70.7 | 30.5 | 9.6 | 8.5 | **814.5** |
| **1999** | 12.4 | 17.6 | 48.2 | 74.0 | 117.7 | 133.4 | 165.7 | 126.6 | 86.7 | 37.7 | 8.9 | 10.5 | **839.4** |
| **2000** | 8.1 | 21.8 | 48.8 | 84.2 | 121.6 | 162.5 | 115.8 | 137.0 | 73.0 | 37.1 | 17.6 | 13.4 | **840.9** |
| **2001** | 14.0 | 22.0 | 45.2 | 68.4 | 131.5 | 137.6 | 153.2 | 128.4 | 52.2 | 40.7 | 9.6 | 12.3 | **815.1** |
| **2002** | 11.5 | 32.3 | 55.8 | 94.0 | 111.9 | 150.8 | 132.1 | 103.5 | 78.0 | 42.2 | 14.7 | 13.0 | **839.8** |
| **2003** | 9.7 | 23.3 | 71.0 | 110.9 | 121.8 | 171.3 | 163.1 | 170.0 | 93.1 | 39.4 | 15.2 | 11.1 | **999.9** |
| **2004** | 9.9 | 22.6 | 51.4 | 80.7 | 126.2 | 135.7 | 140.2 | - | - | - | - | - | **-** |
| **Statistiques sur la période de 31 ans allant de 1974 à 2004** | | | | | | | | | | | | | |
| **Maximum mm** | 17.6 | 33.8 | 71.0 | 110.9 | 170.5 | 188.9 | 198.7 | 170.0 | 93.1 | 43.5 | 20.2 | 17.1 | 999.9 |
| **Minimum mm** | 3.7 | 14.6 | 35.0 | 61.0 | 78.6 | 103.4 | 106.2 | 95.3 | 51.5 | 23.2 | 8.6 | 3.3 | 720.0 |
| **Moyenne mm** | **10.9** | **21.4** | **48.7** | **81.1** | **119.3** | **135.8** | **148.2** | **126.9** | **73.0** | **35.5** | **12.5** | **9.8** | **823.0** |
| **Médiane en mm** | 11.5 | 21.8 | 48.8 | 79.5 | 118.0 | 135.5 | 146.4 | 128.4 | 72.8 | 36.7 | 12.1 | 9.6 | 815.1 |
| **Ecart type mm** | 3.2 | 4.2 | 8.4 | 12.6 | 18.3 | 18.6 | 21.4 | 16.1 | 10.3 | 5.1 | 2.8 | 3.0 | 64.1 |
| **Variabilité %** | 0.29 | 0.20 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.14 | 0.13 | 0.14 | 0.14 | 0.23 | 0.30 | 0.08 |

**Evapotranspiration potentielle PENMAN (Albédo = 0,05) calculée au pas de temps mensuel à la Station de Saint-Dizier (n° 52448001)**

# Annexe 4

# Données sur les prélèvements d'eau de surface

| Année | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Module annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1949** | | | | | | | | | | | 0.16 | 0.16 | **0.03** |
| **1950** | 0.17 | 0.21 | 0.22 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.19 | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.23 | **0.20** |
| **1951** | 0.24 | 0.26 | 0.26 | 0.26 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.24 | 0.23 | 0.22 | 0.22 | 0.23 | **0.24** |
| **1952** | 0.26 | 0.29 | 0.29 | 0.28 | 0.27 | 0.25 | 0.24 | 0.23 | 0.21 | 0.21 | 0.22 | 0.27 | **0.25** |
| **1953** | 0.28 | 0.28 | 0.27 | 0.25 | 0.23 | 0.23 | 0.23 | 0.22 | 0.22 | 0.21 | 0.21 | 0.21 | **0.24** |
| **1954** | 0.20 | 0.20 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.17 | 0.17 | 0.17 | 0.17 | 0.17 | 0.20 | **0.18** |
| | | | | | | | | | | | | | |
| **1996** | | | | | | | | | | | 0.19 | 0.19 | |
| **1997** | 0.20 | 0.20 | 0.19 | 0.16 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.19 | 0.19 | **0.19** |
| **1998** | 0.20 | 0.22 | 0.21 | 0.22 | 0.24 | 0.21 | 0.20 | 0.21 | 0.19 | 0.19 | 0.21 | 0.23 | **0.21** |
| **1999** | 0.23 | 0.24 | 0.25 | 0.24 | 0.23 | 0.23 | 0.22 | 0.21 | 0.20 | 0.20 | 0.19 | 0.21 | **0.22** |
| **2000** | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.24 | 0.23 | 0.23 | 0.22 | 0.21 | 0.21 | 0.23 | 0.24 | **0.23** |
| **2001** | 0.24 | 0.25 | 0.25 | 0.26 | 0.25 | 0.25 | 0.24 | 0.23 | 0.23 | 0.23 | 0.23 | 0.24 | **0.24** |
| **2002** | 0.23 | 0.23 | 0.24 | 0.24 | 0.23 | 0.22 | 0.21 | 0.20 | 0.20 | 0.19 | 0.21 | 0.21 | **0.22** |
| **2003** | 0.24 | 0.23 | 0.22 | 0.21 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.17 | 0.17 | 0.17 | **0.20** |
| **2004** | 0.19 | 0.19 | 0.18 | 0.17 | 0.17 | 0.17 | 0.16 | 0.16 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | **0.17** |
| **2005** | 0.15 | 0.16 | 0.16 | 0.15 | 0.17 * | 0.17 * | 0.16 * | 0.16 * | 1.15 * | 0.15 * | 0.15 * | 0.15 * | **0.24** |
| **Statistiques sur la période 1997 - 2004** | | | | | | | | | | | | | |
| **Moyenne** | 0.22 | 0.23 | 0.22 | 0.22 | 0.22 | 0.21 | 0.21 | 0.20 | 0.20 | 0.19 | 0.20 | 0.20 | **0.21** |
| **Maximum** | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.26 | 0.25 | 0.25 | 0.24 | 0.23 | 0.23 | 0.23 | 0.23 | 0.24 | **0.24** |
| **Minimum** | 0.19 | 0.19 | 0.18 | 0.16 | 0.17 | 0.17 | 0.16 | 0.16 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | **0.17** |

* complété à partir des valeurs de 2004

***Débits prélévés ($m^3/s$) sur la Source de la Dhuys pour l'alimentation de l'aqueduc de la Dhuys alimentant Paris en eau potable (d'après la SAGEP)***

| Années | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Débit moyen annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1960 | 3.49 | 3.53 | 3.66 | 3.67 | 3.48 | 3.32 | 3.22 | 3.16 | 3.18 | 3.26 | 3.36 | 3.54 | 3.40 |
| 1961 | 3.87 | 3.92 | 4.07 | 4.08 | 3.87 | 3.69 | 3.58 | 3.51 | 3.53 | 3.63 | 3.73 | 3.93 | 3.78 |
| 1962 | 3.90 | 3.94 | 4.09 | 4.10 | 3.89 | 3.71 | 3.60 | 3.53 | 3.55 | 3.64 | 3.75 | 3.96 | 3.80 |
| 1963 | 3.73 | 3.78 | 3.92 | 3.93 | 3.72 | 3.56 | 3.45 | 3.38 | 3.40 | 3.49 | 3.59 | 3.79 | 3.64 |
| 1964 | 3.86 | 3.91 | 4.06 | 4.07 | 3.86 | 3.68 | 3.57 | 3.50 | 3.52 | 3.62 | 3.72 | 3.92 | 3.77 |
| 1965 | 4.13 | 4.18 | 4.34 | 4.35 | 4.12 | 3.94 | 3.82 | 3.74 | 3.76 | 3.86 | 3.98 | 4.20 | 4.03 |
| 1966 | 4.19 | 4.25 | 4.40 | 4.41 | 4.18 | 4.00 | 3.87 | 3.80 | 3.82 | 3.92 | 4.04 | 4.26 | 4.09 |
| 1967 | 3.88 | 3.93 | 4.08 | 4.09 | 3.88 | 3.70 | 3.59 | 3.52 | 3.54 | 3.63 | 3.74 | 3.95 | 3.79 |
| 1968 | 3.97 | 4.02 | 4.16 | 4.18 | 3.96 | 3.78 | 3.66 | 3.60 | 3.61 | 3.71 | 3.82 | 4.03 | 3.87 |
| 1969 | 4.23 | 4.29 | 4.44 | 4.46 | 4.22 | 4.04 | 3.91 | 3.84 | 3.86 | 3.96 | 4.08 | 4.30 | 4.13 |
| 1970 | 4.31 | 4.36 | 4.52 | 4.53 | 4.30 | 4.10 | 3.98 | 3.90 | 3.92 | 4.03 | 4.15 | 4.37 | 4.20 |
| 1971 | 4.10 | 4.15 | 4.30 | 4.32 | 4.09 | 3.91 | 3.79 | 3.72 | 3.74 | 3.84 | 3.95 | 4.16 | 4.00 |
| 1972 | 3.83 | 3.88 | 4.02 | 4.04 | 3.83 | 3.65 | 3.54 | 3.47 | 3.49 | 3.59 | 3.69 | 3.89 | 3.74 |
| 1973 | 3.66 | 3.71 | 3.84 | 3.85 | 3.65 | 3.49 | 3.38 | 3.32 | 3.33 | 3.42 | 3.52 | 3.72 | 3.57 |
| 1974 | 3.96 | 4.01 | 4.15 | 4.16 | 3.95 | 3.77 | 3.66 | 3.59 | 3.61 | 3.70 | 3.81 | 4.02 | 3.86 |
| 1975 | 3.94 | 3.99 | 4.13 | 4.14 | 3.93 | 3.75 | 3.64 | 3.57 | 3.59 | 3.68 | 3.79 | 4.00 | 3.84 |
| 1976 | 3.26 | 3.30 | 3.42 | 3.43 | 3.25 | 3.11 | 3.01 | 2.95 | 2.97 | 3.05 | 3.14 | 3.31 | 3.18 |
| 1977 | 3.54 | 3.58 | 3.71 | 3.72 | 3.53 | 3.37 | 3.27 | 3.21 | 3.22 | 3.31 | 3.41 | 3.59 | 3.45 |
| 1978 | 3.91 | 4.15 | 4.45 | 4.44 | 4.21 | 3.59 | 3.60 | 3.23 | 3.31 | 3.45 | 3.40 | 3.67 | 3.78 |
| 1979 | 2.86 | 4.01 | 4.38 | 4.13 | 4.07 | 3.78 | 3.28 | 3.39 | 3.30 | 3.46 | 3.84 | 3.93 | 3.70 |
| 1980 | 3.47 | 4.27 | 4.17 | 4.06 | 3.92 | 3.54 | 3.64 | 3.36 | 3.39 | 3.67 | 3.75 | 4.21 | 3.77 |
| 1981 | 4.11 | 4.06 | 4.40 | 4.32 | 4.31 | 3.75 | 3.61 | 3.50 | 2.76 | 3.43 | 4.20 | 4.76 | 3.95 |
| 1982 | 4.36 | 4.46 | 4.73 | 4.24 | 3.74 | 3.35 | 4.05 | 4.13 | 4.13 | 4.13 | 4.17 | 4.67 | 4.18 |
| 1983 | 4.39 | 4.37 | 4.46 | 4.81 | 4.46 | 4.34 | 3.84 | 3.81 | 3.81 | 4.09 | 4.24 | 4.45 | 4.25 |
| 1984 | 4.83 | 4.81 | 4.54 | 4.41 | 4.64 | 4.37 | 4.03 | 3.97 | 4.23 | 4.68 | 4.86 | 4.60 | 4.48 |
| 1985 | 3.51 | 4.55 | 5.03 | 5.20 | 4.98 | 4.76 | 4.38 | 4.23 | 4.22 | 4.03 | 4.12 | 4.14 | 4.44 |
| 1986 | 4.65 | 3.64 | 4.31 | 5.21 | 4.34 | 3.96 | 3.47 | 3.59 | 3.63 | 4.03 | 4.13 | 4.55 | 4.13 |
| 1987 | 4.05 | 4.76 | 5.12 | 4.40 | 3.89 | 3.79 | 3.53 | 3.50 | 3.90 | 4.09 | 4.24 | 4.43 | 4.14 |
| 1988 | 4.96 | 5.44 | 5.08 | 4.81 | 4.40 | 4.17 | 4.38 | 3.75 | 3.80 | 4.07 | 3.80 | 4.24 | 4.39 |
| 1989 | 3.90 | 3.72 | 4.11 | 4.02 | 3.90 | 4.12 | 3.00 | 3.76 | 3.00 | 4.02 | 3.00 | 3.97 | 3.94 |
| 1990 | 4.16 | 4.47 | 4.27 | 4.16 | 3.68 | 3.69 | 3.57 | 3.64 | 3.80 | 3.62 | 3.92 | 4.15 | 3.92 |
| 1991 | 4.65 | 3.81 | 4.54 | 4.34 | 4.18 | 3.71 | 3.82 | 3.74 | 3.77 | 3.86 | 3.92 | 3.81 | 4.01 |
| 1992 | 3.79 | 3.80 | 4.13 | 4.26 | 3.97 | 4.02 | 3.96 | 4.04 | 4.11 | 4.03 | 4.29 | 4.17 | 4.04 |
| 1993 | 4.06 | 3.24 | 3.83 | 3.12 | 4.14 | 3.93 | 3.97 | 3.97 | 3.96 | 4.01 | 3.68 | 4.58 | 3.89 |
| 1994 | 4.65 | 3.81 | 4.72 | 4.70 | 4.19 | 4.13 | 3.70 | 4.02 | 3.99 | 3.80 | 4.22 | 4.38 | 4.19 |
| 1995 | 5.00 | 4.72 | 4.48 | 5.25 | 4.76 | 4.15 | 4.17 | 4.31 | 4.06 | 4.01 | 4.07 | 4.21 | 4.43 |
| 1996 | 4.44 | 4.53 | 4.22 | 4.04 | 4.13 | 3.89 | 3.84 | 3.87 | 3.81 | 3.84 | 3.86 | 4.16 | 4.04 |
| 1997 | 3.27 | 3.98 | 3.91 | 3.32 | 4.13 | 3.94 | 3.84 | 3.75 | 3.91 | 3.76 | 3.72 | 4.37 | 3.84 |
| 1998 | 4.22 | 3.84 | 3.84 | 4.64 | 3.90 | 4.06 | 3.99 | 3.73 | 3.85 | 3.79 | 3.74 | 3.74 | 3.95 |
| 1999 | 4.38 | 4.37 | 4.37 | 4.64 | 3.51 | 3.35 | 3.32 | 3.24 | 3.27 | 3.17 | 3.46 | 3.37 | 3.70 |
| 2000 | 3.01 | 3.40 | 3.15 | 3.86 | 3.40 | 3.50 | 3.53 | 3.42 | 3.43 | 3.45 | 3.69 | 3.21 | 3.41 |
| 2001 | 3.48 | 3.31 | 3.29 | 3.40 | 3.46 | 3.48 | 3.27 | 3.42 | 3.44 | 3.49 | 3.32 | 3.40 | 3.41 |
| 2002 | 3.47 | 3.57 | 3.52 | 3.62 | 3.56 | 3.74 | 3.24 | 3.12 | 2.99 | 3.21 | 3.36 | 4.44 | 3.49 |
| 2003 | 3.04 | 3.03 | 2.85 | 2.85 | 2.69 | 2.70 | 2.86 | 2.46 | 2.64 | 2.88 | 2.88 | 2.66 | 2.79 |
| 2004 | 2.71 | 2.61 | 2.54 | 2.57 | 2.52 | 2.40 | 2.20 | 2.28 | 2.33 | 2.48 | 2.41 | 2.38 | 2.45 |
| 2005 | 2.41 | 2.32 | 2.41 | 2.57 * | 2.52 * | 2.40 * | 2.20 * | 2.28 * | 2.33 * | 2.48 * | 2.41 * | 2.38 * | 2.45 * |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Statistiques sur la période 1978 - 2004 | | | | | | | | | | | | | |
| Moyenne | 3.98 | 4.03 | 4.16 | 4.18 | 3.97 | 3.79 | 3.66 | 3.60 | 3.62 | 3.72 | 3.82 | 4.02 | 3.88 |
| Maximum | 5.00 | 5.44 | 5.12 | 5.25 | 4.98 | 4.76 | 4.38 | 4.31 | 4.23 | 4.68 | 4.86 | 4.76 | 4.48 |
| Minimum | 2.71 | 2.61 | 2.54 | 2.57 | 2.52 | 2.40 | 2.20 | 2.28 | 2.33 | 2.48 | 2.41 | 2.38 | 2.45 |

NB : de 1978 à 1989 l'Usine de Villers ne fonctionnait pas

3.40 Débit annuel mesuré

4.12 Débits mensuels calculés d'après le débit annuel affecté des coefficient saisonnier moyens interannuels 19

2.40 * Provisoirement valeurs de 2004

***Débits prélevés (en $m^3/s$) dans le bassin de la Marne (Pompages en Marne de Trilbardou et Villers, dérivation de la rivière l'Ourcq et ses affluents) pour l'alimentation du Canal de l'Ourcq (d'après le Service des canaux de la ville de Paris)***

| Année | Nombre d'heures de marche | | Estimation du volume annuel d'eau de refroidissement ** $m^3$ | Estimation du débit moyen annuel d'eau de refroidissement $m^3/s$ |
|---|---|---|---|---|
| | Tranche 1 | Tranche 2 | | |
| **1962** | 2752 | 0 | 84211200 | **2.67** |
| **1963** | 6366 | 0 | 194799600 | **6.18** |
| **1964** | 5369 | 0 | 164291400 | **5.20** |
| **1965** | 7229 | 0 | 221207400 | **7.01** |
| **1966** | 913 | 2424 | 102112200 | **3.24** |
| **1967** | 6645 | 6948 | 415945800 | **13.19** |
| **1968** | 7256 | 7463 | 450401400 | **14.24** |
| **1969** | 6761 | 6909 | 418302000 | **13.26** |
| **1970** | 5947 | 7367 | 407408400 | **12.92** |
| **1971** | 5572 | 6488 | 369036000 | **11.70** |
| **1972** | 5003 | 4512 | 291159000 | **9.21** |
| **1973** | 4292 | 7614 | 364323600 | **11.55** |
| **1974** | 3990 | 5503 | 290485800 | **9.21** |
| **1975** | 6120 | 5558 | 357346800 | **11.33** |
| **1976** | 6240 | 7514 | 420872400 | **13.31** |
| **1977** | 6894 | 6634 | 413956800 | **13.13** |
| **1978** | 5481 | 7179 | 387396000 | **12.28** |
| **1979** | 2603 | 7276 | 302297400 | **9.59** |
| **1980** | 5860 | 6468 | 377236800 | **11.93** |
| **1981** | 4932 | 3887 | 269861400 | **8.56** |
| **1982** | 5802 | 7515 | 407500200 | **12.92** |
| **1983** | 4797 | 6706 | 351991800 | **11.16** |
| **1984** | 3346 | 5921 | 283570200 | **8.97** |
| **1985** | 1916 | 3318 | 160160400 | **5.08** |
| **1986** | 1674 | 2977 | 142320600 | **4.51** |
| **1987** | 871 | 2254 | 95625000 | **3.03** |
| **1988** | 915 | 2328 | 99235800 | **3.14** |
| **1989** | 2516 | 3643 | 188465400 | **5.98** |
| **1990** | 1101 | 2580 | 112638600 | **3.57** |
| **1991** | 2972 | 4623 | 232407000 | **7.37** |
| **1992** | 2129 | 3939 | 185680800 | **5.87** |
| **1993** | 423 | 1531 | 59792400 | **1.90** |
| **1994** | 1720 | 2843 | 139627800 | **4.43** |
| **1995** | 1710 | 3183 | 149725800 | **4.75** |
| **1996** | 1247 | 2572 | 116861400 | **3.70** |
| **1997** | 1388 | 1828 | 98409600 | **3.12** |
| **1998** | 2243 | 3232 | 167535000 | **5.31** |
| **1999** | 945 | 3349 | 131396400 | **4.17** |
| **2000** | 0 | 3842 | 117565200 | **3.72** |
| **2001** | 0 | 2485 | 72295200 | **2.29** |
| **2002** | 0 | 2416 | 73929600 * | **2.34** |
| **2003** | 0 | 3225 | 98685000 * | **3.13** |
| **2004** | 0 | 2130 | 44002800 * | **1.39** |
| **2005** | 0 | 1287 | 39382200 *** | **1.25** |

* D'après le total des valeurs mensuelles

** Nombre d'heures de fonctionnement multiplié par 8,5 $m^3/s$

*** Arrêt définitif de la Centrale le 31 mars 2006

**NB : le débit consommé serait de l'ordre de 0,1 % du débit de refroidissement**

**Estimation des débits prélevés en Marne pour l'eau de refroidissement de la Centrale thermique de Vaires-sur-Marne**

| Année | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Module annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2002 | 3.96 | 6.51 | 2.00 | 1.42 | 1.25 | 0.00 | 4.33 | 0.14 | 3.86 | 0.91 | 0.80 | 3.24 | **2.34** |
| 2003 | 4.22 | 5.48 | 1.17 | 4.40 | 0.18 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 5.06 | 6.90 | 5.90 | 4.56 | **3.13** |
| 2004 | 3.23 | 2.81 | 3.24 | 3.49 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.94 | 4.34 | 3.70 | **2.07** |
| 2005 | 4.72 | 6.30 | 4.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | **1.25** |
| * Arrêt définitif de la Centrale thermique le 31 mars 2005 | | | | | | | | | | | | | |

## Estimation des débits mensuels prélevés sur la Marne pour l'eau de refroidissement de la Centrale thermique EDF de Vaires-sur-Marne

| Année | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Septembre | Octobre | Novembre | Décembre | Débit moyen annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1972** | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | **0** |
| **1973** | 0.20 | 0.20 | 0.21 | 0.22 | 0.23 | 0.24 | 0.24 | 0.24 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.20 | **0.22** |
| **1974** | 0.26 | 0.27 | 0.28 | 0.28 | 0.31 | 0.32 | 0.32 | 0.32 | 0.32 | 0.30 | 0.26 | 0.26 | **0.29** |
| **1975** | 0.26 | 0.27 | 0.28 | 0.28 | 0.31 | 0.32 | 0.32 | 0.32 | 0.32 | 0.30 | 0.26 | 0.26 | **0.29** |
| **1976** | 0.52 | 0.54 | 0.56 | 0.57 | 0.61 | 0.64 | 0.63 | 0.64 | 0.63 | 0.59 | 0.52 | 0.52 | **0.58** |
| **1977** | 0.52 | 0.54 | 0.56 | 0.57 | 0.61 | 0.64 | 0.63 | 0.64 | 0.63 | 0.59 | 0.52 | 0.52 | **0.58** |
| **1978** | 0.52 | 0.54 | 0.56 | 0.57 | 0.61 | 0.64 | 0.63 | 0.64 | 0.63 | 0.59 | 0.52 | 0.52 | **0.58** |
| **1979** | 0.52 | 0.54 | 0.56 | 0.57 | 0.61 | 0.64 | 0.63 | 0.64 | 0.63 | 0.59 | 0.52 | 0.52 | **0.58** |
| **1980** | 0.52 | 0.54 | 0.56 | 0.57 | 0.61 | 0.64 | 0.63 | 0.64 | 0.63 | 0.59 | 0.52 | 0.52 | **0.58** |
| **1981** | 0.78 | 0.81 | 0.84 | 0.85 | 0.92 | 0.96 | 0.95 | 0.96 | 0.95 | 0.89 | 0.78 | 0.78 | **0.87** |
| **1982** | 0.78 | 0.81 | 0.84 | 0.85 | 0.92 | 0.96 | 0.95 | 0.96 | 0.95 | 0.89 | 0.78 | 0.78 | **0.87** |
| **1983** | 0.78 | 0.81 | 0.84 | 0.85 | 0.92 | 0.96 | 0.95 | 0.96 | 0.95 | 0.89 | 0.78 | 0.78 | **0.87** |
| **1984** | 0.78 | 0.81 | 0.84 | 0.85 | 0.92 | 0.96 | 0.95 | 0.96 | 0.95 | 0.89 | 0.78 | 0.78 | **0.87** |
| **1985** | 0.78 | 0.81 | 0.84 | 0.85 | 0.92 | 0.96 | 0.95 | 0.96 | 0.95 | 0.89 | 0.78 | 0.78 | **0.87** |
| **1986** | 0.93 | 0.96 | 1.00 | 1.02 | 1.10 | 1.15 | 1.14 | 1.15 | 1.14 | 1.06 | 0.93 | 0.93 | **1.04** |
| **1987** | 0.93 | 0.96 | 1.00 | 1.02 | 1.10 | 1.15 | 1.14 | 1.15 | 1.14 | 1.06 | 0.93 | 0.93 | **1.04** |
| **1988** | 0.93 | 0.96 | 1.00 | 1.02 | 1.10 | 1.15 | 1.14 | 1.15 | 1.14 | 1.06 | 0.93 | 0.93 | **1.04** |
| **1989** | 0.87 | 0.83 | 0.83 | 0.86 | 0.87 | 0.87 | 0.88 | 0.89 | 0.92 | 0.84 | 0.91 | 0.90 | **0.87** |
| **1990** | 0.86 | 0.76 | 0.88 | 0.84 | 0.88 | 0.88 | 0.88 | 0.86 | 0.82 | 0.80 | 0.86 | 0.85 | **0.85** |
| **1991** | 0.81 | 0.85 | 0.84 | 0.88 | 0.88 | 0.82 | 0.84 | 0.87 | 0.94 | 0.92 | 0.66 | 0.81 | **0.84** |
| **1992** | 0.83 | 0.95 | 0.89 | 0.51 | 0.98 | 1.16 | 1.29 | 1.30 | 1.33 | 1.29 | 1.26 | 1.24 | **1.09** |
| **1993** | 1.09 | 1.22 | 1.31 | 1.27 | 1.29 | 1.26 | 1.28 | 1.28 | 1.07 | 0.76 | 0.81 | 0.71 | **1.12** |
| **1994** | 1.21 | 1.10 | 1.04 | 1.16 | 1.28 | 1.25 | 1.25 | 1.18 | 1.12 | 1.04 | 0.86 | 0.79 | **1.11** |
| **1995** | 0.82 | 0.97 | 1.01 | 1.04 | 1.25 | 1.36 | 1.29 | 1.29 | 1.37 | 1.03 | 1.02 | 0.86 | **1.11** |
| **1996** | 0.79 | 1.00 | 1.22 | 1.17 | 1.13 | 1.35 | 1.28 | 1.26 | 1.31 | 1.18 | 0.87 | 1.17 | **1.14** |
| **1997** | 1.04 | 0.98 | 1.06 | 1.27 | 1.33 | 1.25 | 1.21 | 1.19 | 1.10 | 1.28 | 0.94 | 0.89 | **1.13** |
| **1998** | 0.84 | 0.96 | 1.08 | 1.10 | 1.20 | 1.33 | 1.35 | 1.36 | 1.35 | 1.23 | 0.72 | 0.82 | **1.11** |
| **1999** | 0.86 | 0.81 | 1.06 | 1.21 | 1.20 | 1.27 | 1.29 | 1.35 | 1.40 | 1.36 | 1.36 | 1.13 | **1.19** |
| **2000** | 1.12 | 1.16 | 1.21 | 1.09 | 1.21 | 1.27 | 1.30 | 1.46 | 1.33 | 1.25 | 1.15 | 1.29 | **1.23** |
| **2001** | 1.23 | 1.20 | 1.10 | 1.19 | 1.32 | 1.37 | 1.18 | 1.28 | 1.27 | 1.24 | 1.27 | 1.04 | **1.23** |
| **2002** | 1.13 | 1.12 | 1.15 | 1.22 | 1.21 | 1.25 | 1.18 | 1.05 | 1.13 | 1.22 | 1.06 | 1.12 | **1.15** |
| **2003** | 1.17 | 1.19 | 1.14 | 1.26 | 1.23 | 1.36 | 1.36 | 1.40 | 1.35 | 1.17 | 1.02 | 1.03 | **1.22** |
| **2004** | 1.10 | 1.17 | 1.05 | 1.01 | 1.21 | 1.21 | 1.29 | 1.14 | 1.14 | 1.09 | 1.10 | 1.03 | **0.95** |
| **2005** | 1.07 | 1.07 | 1.23 | 1.11 | 1.21 * | 1.21 * | 1.29 * | 1.14 * | 1.14 * | 1.09 * | 1.10 * | 1.03 * | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Moy 89-03** | 0.98 | 1.01 | 1.05 | 1.07 | 1.15 | 1.20 | 1.19 | 1.20 | 1.19 | 1.11 | 0.98 | 0.98 | **1.09** |
| | 89.90% | 92.70% | 96.30% | 98.20% | 105.50% | 110.10% | 109.20% | 110.10% | 109.20% | 101.80% | 89.90% | 89.90% | **100.00%** |

**Mise en service de l'usine d'ANNET-sur Marne entre mars et mai 1973**

0.54 * Valeur annuelle théorique affectée du coefficient mensuel moyen de débit sur la période 1989-2003

1.02 Provisoirement valeurs de 2004 pour les mois de mai à décembre 2005

***Débit prélevé (en $m^3/s$) dans la Marne à l'Usine AEP d'Annet-sur-Marne (d'après la CGE)***

| Année | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Module annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1979** | 4.79 | 4.87 | 4.59 | 4.34 | 5.11 | 4.92 | 5.16 | 3.68 | 5.03 | 4.95 | 4.80 | 4.69 | **4.76** |
| **1980** | 4.69 | 4.63 | 4.67 | 4.75 | 4.92 | 4.94 | 4.18 | 3.77 | 4.66 | 4.44 | 4.25 | 4.38 | **4.54** |
| **1981** | 4.59 | 4.43 | 4.57 | 4.86 | 4.97 | 5.33 | 4.65 | 3.88 | 5.14 | 5.02 | 4.79 | 4.74 | **4.75** |
| **1982** | 4.89 | 4.83 | 5.55 | 4.56 | 5.07 | 5.16 | 4.77 | 4.01 | 5.06 | 4.62 | 4.79 | 4.60 | **4.84** |
| **1983** | 4.69 | 4.54 | 4.80 | 4.52 | 4.98 | 5.39 | 4.89 | 4.47 | 4.90 | 5.14 | 5.26 | 5.22 | **4.92** |
| **1984** | 5.10 | 4.83 | 4.87 | 4.72 | 4.74 | 5.61 | 5.41 | 4.23 | 4.78 | 4.83 | 4.61 | 4.43 | **4.86** |
| **1985** | 5.10 | 4.82 | 4.85 | 4.54 | 5.21 | 4.87 | 4.73 | 4.32 | 4.69 | 4.84 | 4.74 | 4.85 | **4.80** |
| **1986** | 5.03 | 4.68 | 4.63 | 4.21 | 4.00 | 4.74 | 4.91 | 3.18 | 4.33 | 4.36 | 4.09 | 4.61 | **4.41** |
| **1987** | 4.92 | 4.91 | 4.58 | 4.80 | 5.26 | 5.33 | 4.92 | 4.07 | 4.96 | 4.94 | 4.53 | 4.74 | **4.84** |
| **1988** | 4.93 | 4.93 | 4.52 | 4.00 | 4.64 | 5.44 | 4.54 | 4.18 | 4.50 | 4.47 | 4.41 | 4.70 | **4.62** |
| **1989** | 4.32 | 4.37 | 4.38 | 4.22 | 4.93 | 5.14 | 4.57 | 3.75 | 4.55 | 4.67 | 4.49 | 4.90 | **4.52** |
| **1990** | 4.65 | 4.67 | 4.69 | 3.42 | 4.25 | 4.76 | 4.71 | 4.20 | 4.73 | 4.56 | 4.37 | 4.63 | **4.49** |
| **1991** | 4.76 | 4.55 | 4.30 | 4.14 | 5.16 | 4.52 | 4.71 | 4.20 | 4.99 | 4.52 | 3.84 | 4.35 | **4.52** |
| **1992** | 4.50 | 4.30 | 4.23 | 4.79 | 5.07 | 5.12 | 4.65 | 3.75 | 4.11 | 3.98 | 3.86 | 3.73 | **4.35** |
| **1993** | 4.05 | 3.83 | 3.90 | 4.07 | 3.93 | 4.61 | 3.61 | 3.40 | 3.17 | 4.15 | 4.05 | 4.11 | **3.91** |
| **1994** | 4.40 | 3.66 | 3.73 | 3.79 | 3.99 | 4.55 | 4.53 | 4.08 | 4.15 | 4.57 | 4.47 | 4.55 | **4.22** |
| **1995** | 4.68 | 4.79 | 4.79 | 4.31 | 4.52 | 4.60 | 4.63 | 4.04 | 4.08 | 4.50 | 4.38 | 4.61 | **4.51** |
| **1996** | 4.75 | 4.90 | 4.07 | 3.54 | 4.23 | 5.22 | 4.19 | 3.56 | 4.09 | 4.13 | 3.77 | 4.54 | **4.26** |
| **1997** | 5.26 | 4.47 | 4.30 | 4.29 | 3.89 | 4.36 | 4.36 | 3.79 | 4.20 | 4.09 | 4.38 | 4.75 | **4.34** |
| **1998** | 4.86 | 4.44 | 3.81 | 4.26 | 4.29 | 3.82 | 3.81 | 3.72 | 4.08 | 4.02 | 4.44 | 4.25 | **4.16** |
| **1999** | 4.42 | 4.43 | 4.30 | 3.67 | 4.30 | 4.57 | 4.16 | 4.21 | 4.40 | 3.84 | 3.36 | 3.61 | **4.12** |
| **2000** | 3.77 | 3.68 | 3.98 | 3.62 | 3.42 | 3.83 | 3.41 | 3.45 | 4.01 | 3.93 | 3.73 | 3.65 | **3.72** |
| **2001** | 3.79 | 3.75 | 3.97 | 3.85 | 3.91 | 4.13 | 3.55 | 3.22 | 3.74 | 3.83 | 3.71 | 3.89 | **3.78** |
| **2002** | 3.89 | 4.04 | 4.01 | 3.80 | 3.96 | 4.72 | 4.93 | 4.53 | 5.03 | 3.95 | 4.23 | 4.08 | **4.28** |
| **2003** | 4.28 | 4.11 | 4.14 | 4.06 | 4.42 | 4.64 | 4.14 | 3.71 | 4.07 | 2.73 | 3.63 | 4.33 | **4.03** |
| **2004** | 3.98 | 3.96 | 3.50 | 3.59 | 4.18 | 4.48 | 4.15 | 3.60 | 4.11 | 4.00 | 4.02 | 3.96 | **3.97** |
| **2005** | 4.05 | 4.32 | 3.97 | 3.59 * | 4.18 * | 4.48 * | 4.15 * | 3.60 * | 4.11 * | 4.00 * | 4.02 * | 3.96 * | **4.03** |

**sur la période 1979 - 2004**

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Moyenne** | 4.58 | 4.44 | 4.37 | 4.18 | 4.51 | 4.80 | 4.47 | 3.89 | 4.44 | 4.35 | 4.27 | 4.42 | **4.40** |
| **Maximum** | 5.26 | 4.93 | 5.55 | 4.86 | 5.26 | 5.61 | 5.41 | 4.53 | 5.14 | 5.14 | 5.26 | 5.22 | **4.92** |
| **Minimum** | 3.77 | 3.66 | 3.50 | 3.42 | 3.42 | 3.82 | 3.41 | 3.18 | 3.17 | 2.73 | 3.36 | 3.61 | **3.72** |

* complété à partir des valeurs de 2004

***Débit prélevé (en $m^3/s$) dans la Marne à l'Usine AEP de Neuilly-sur-Marne (d'après la CGE)***

| Année | Janv | Févr | Mars | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Module annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1994** | 0.98 | 1.19 | 1.01 | 1.11 | 0.99 | 0.60 | 0.90 | 0.95 | 0.95 | 1.41 | 1.11 | 1.07 | **1.02** |
| **1995** | 0.98 | 0.94 | 0.96 | 0.80 | 0.23 | 0.72 | 0.93 | 0.94 | 0.85 | 1.17 | 0.88 | 0.96 | **0.87** |
| **1996** | 1.01 | 0.62 | 1.00 | 0.97 | 0.88 | 0.91 | 1.08 | 1.10 | 1.09 | 0.76 | 0.89 | 1.91 | **1.02** |
| **1997** | 1.40 | 1.42 | 1.42 | 0.94 | 0.06 | 1.32 | 0.75 | 1.08 | 1.22 | 2.06 | 2.09 | 2.47 | **1.35** |
| **1998** | 1.49 | 0.97 | 1.05 | 1.26 | 1.65 | 1.24 | 1.15 | 0.95 | 1.26 | 1.52 | 2.30 | 1.14 | **1.34** |
| **1999** | 0.64 | 0.81 | 1.54 | 1.28 | 1.73 | 1.56 | 1.31 | 1.19 | 2.03 | 1.52 | 0.85 | 1.57 | **1.34** |
| **2000** | 1.68 | 1.45 | 1.34 | 1.19 | 1.58 | 1.59 | 0.83 | 0.40 | 1.21 | 1.77 | 2.05 | 1.19 | **1.36** |
| **2001** | 0.81 | 1.63 | 1.69 | 1.89 | 2.32 | 1.62 | 1.61 | 1.40 | 1.65 | 2.05 | 1.67 | 1.95 | **1.69** |
| **2002** | 1.98 | 0.52 | 1.67 | 1.29 | 1.61 | 1.75 | 1.25 | 1.18 | 1.28 | 1.55 | 2.03 | 1.64 | **1.49** |
| **2003** | 1.29 | 1.91 | 1.77 | 1.32 | 0.51 | 1.57 | 1.31 | 1.45 | 1.84 | 1.19 | 1.26 | 1.34 | **1.40** |
| **2004** | 1.05 | 0.94 | 1.00 | 1.64 | 1.56 | 1.44 | 1.42 | 1.09 | 1.44 | 1.18 | 1.11 | 0.98 | **1.24** |
| **2005** | 1.10 | 1.39 | 1.23 | 0.18 | 1.04 | 1.04 * | 1.04 * | 1.04 * | 1.04 * | 1.04 * | 1.04 * | 1.04 * | **1.02** |
| **Statistiques sur la période 1994 - 2004** | | | | | | | | | | | | | |
| **Moyenne** | 1.21 | 1.13 | 1.31 | 1.24 | 1.19 | 1.30 | 1.14 | 1.07 | 1.35 | 1.47 | 1.48 | 1.47 | **1.28** |
| **Maximum** | 1.98 | 1.91 | 1.77 | 1.89 | 2.32 | 1.75 | 1.61 | 1.45 | 2.03 | 2.06 | 2.30 | 2.47 | **1.69** |
| **Minimum** | 0.64 | 0.52 | 0.96 | 0.80 | 0.06 | 0.60 | 0.75 | 0.40 | 0.85 | 0.76 | 0.85 | 0.96 | **0.87** |

* complété à partir des estimations (entre 80000 et 100000 m3/j)

***Débits prélevés dans la Marne ($m^3$/s) pour l'usine AEP de Joiville-sur-Marne (d'après la SAGEP)***

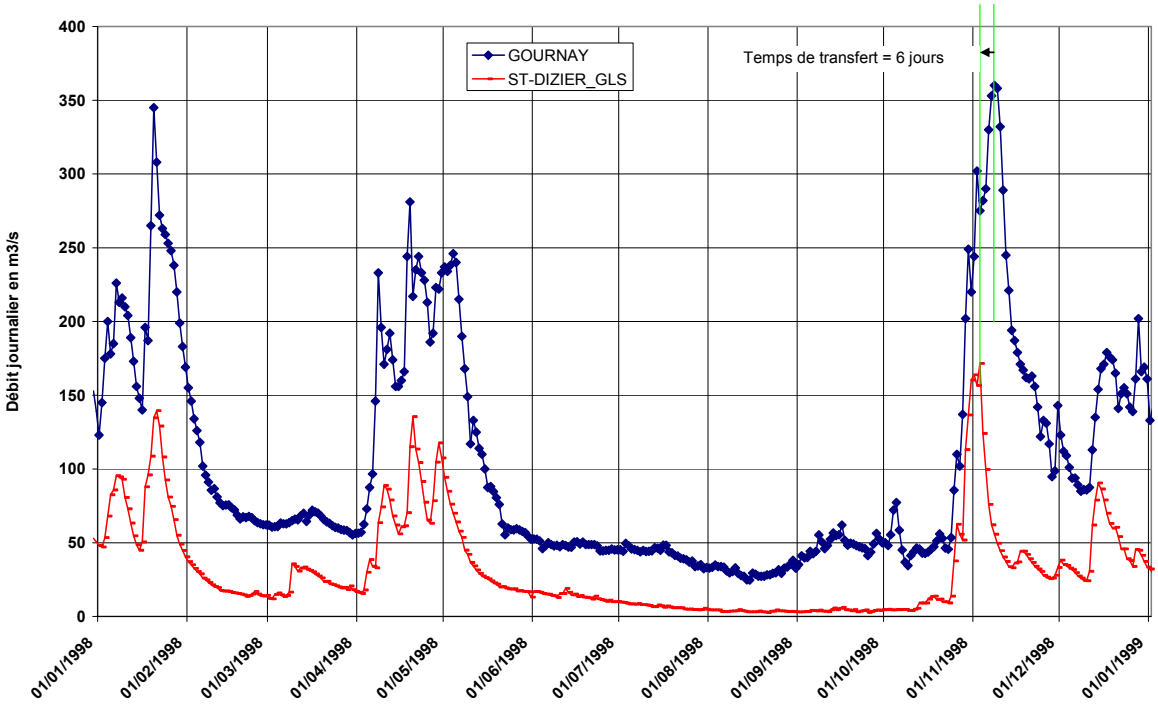
| Année | ST-MAUR-LES-FOSSES (Ville de Saint-Maur) | MEAUX (Ville de Meaux) |
|---|---|---|
| 1998 | 0.231 | 0.158 |
| 1999 | 0.228 | 0.167 |
| 2000 | 0.217 | 0.168 |
| 2001 | 0.219 | 0.173 |
| 2002 | 0.224 | 0.174 |
| 2003 | 0.252 | 0.179 |
| 2004 | nc | 0.183 |
| 2005 | nc | nc |

**Débits annuels prélevés en eau de surface pour l'Alimentation en Eau Potable**
d'après l'Agence de l'eau Seine Normandie

# Annexe 5

# Estimation des temps de transfert des débits amont-aval

Les temps de transfert des débits entre la station de Saint-Dizier et celles respectivement de Châlons-en-Champagne et Gournay-sur-Marne ont été évalués par la méthode suivante. Nous avons pris en compte les cinq années allant de 1997 à 2001. Pour chaque année, nous avons tracé sur le même graphique les hydrogrammes des débits journaliers mesurés aux stations considérées. Nous avons déterminé pour les crues unitaires les dates d'apparition des pics de débits les plus nets aux deux stations étudiées, et avons déduit par différence les temps de transfert entre les stations (cf. figure ci-dessous).




**Hydrogrammes comparés des débits journaliers mesurés aux stations de Saint-Dizier et de Gournay sur la Marne en 1998.**

Les tableaux ci-dessous récapitulent les valeurs trouvées. Pour chacune, nous avons aussi indiqué la valeur du débit de pointe de crue journalier.

| St Dizier (BH) | | Gournay (BH) | | Décalage en jours |
|---|---|---|---|---|
| **Date** | **QJ ($m^3/s$)** | **Date** | **QJ ($m^3/s$)** | |
| **27/02/1997** | **142** | **06/03/1997** | **381** | **7** |
| 08/11/1997 | 61 | 10/11/1997 | 96.9 | 2 |
| 17/11/1997 | 68 | 20/11/1997 | 124 | 3 |
| **13/12/1997** | **173** | **20/12/1997** | **250** | **7** |
| **29/04/1998** | **124** | **04/05/1998** | **246** | **5** |
| **03/11/1998** | **190** | **09/11/1998** | **358** | **6** |
| 14/12/1998 | 51.2 | 17/12/1998 | 179 | 3 |
| 16/01/1999 | 51.4 | 18/01/1999 | 257 | 2 |
| **25/02/1999** | **165** | **04/03/1999** | **426** | **7** |
| **11/03/1999** | **180** | **17/03/1999** | **380** | **6** |
| 01/10/1999 | 57.7 | 04/10/1999 | 143 | 3 |
| 04/11/1999 | 35.4 | 06/11/1999 | 103 | 2 |
| **27/11/2000** | **137** | **03/12/2000** | **362** | **6** |
| **06/02/2001** | **73.2** | **10/12/2001** | **342** | **4** |
| **10/11/2001** | **105** | **14/11/2001** | **233** | **4** |

**Calcul du temps de transfert entre Saint-Dizier et Gournay-sur-Marne**

| St Dizier (BH) | | Châlons (BH) | | Décalage en jours |
|---|---|---|---|---|
| **Date** | **QJ ($m^3$/s)** | **Date** | **QJ ($m^3$/s)** | |
| **27/02/1997** | **142** | **01/03/1997** | **447** | **2** |
| 17/11/1997 | 68 | 18/11/1997 | 95.4 | 1 |
| **13/12/1997** | **173** | **16/12/1997** | **211** | **3** |
| 07/01/1998 | 51.8 | 08/01/1998 | 159 | 1 |
| 20/01/1998 | 67.3 | 22/01/1998 | 225 | 2 |
| 10/04/1998 | 34.5 | 11/04/1998 | 113 | 1 |
| **20/04/1998** | **96.8** | **22/04/1998** | **190** | **2** |
| **29/04/1998** | **124** | **01/05/1998** | **236** | **2** |
| **02/11/1998** | **190** | **04/11/1998** | **410** | **2** |
| 14/12/1998 | 51.2 | 16/12/1998 | 144 | 2 |
| 16/01/1999 | 51.4 | 18/01/1999 | 137 | 2 |
| **31/01/1999** | **87.1** | **02/02/1999** | **203** | **2** |
| 09/02/1999 | 43.8 | 10/02/1999 | 141 | 1 |
| **11/03/1999** | **180** | **13/03/1999** | **349** | **2** |
| 01/10/1999 | 57.7 | 03/10/1999 | 102 | 2 |
| 06/12/1999 | 61.2 | 07/12/1999 | 88.6 | 1 |
| 02/02/2000 | 28.4 | 03/02/2000 | 134 | 1 |
| **05/03/2000** | **103** | **07/03/2000** | **260** | **2** |
| **15/11/2000** | **119** | **17/11/2000** | **186** | **2** |
| **07/01/2001** | **86.1** | **09/01/2001** | **236** | **2** |
| 29/01/2001 | 64.8 | 30/01/2001 | 207 | 1 |
| **06/02/2001** | **73.2** | **09/02/2001** | **233** | **3** |
| **06/05/2001** | **91.9** | **09/05/2001** | **217** | **3** |
| **10/11/2001** | **105** | **12/11/2001** | **176** | **2** |

**Calcul du temps de transfert entre Saint-Dizier et Chalons sur Marne**

***NB : En gras sont repérés les débits à Saint-Dizier supérieurs à 70 $m^3$/s.***

L'analyse des données permet de distinguer deux gammes de temps de transfert qui semblent être reliées au débit mesuré à Saint-Dizier, donc en amont du barrage Marne. Il apparaît curieusement que, pour des débits à Saint-Dizier inférieurs à 70 $m^3/s$ (cette valeur est à prendre à titre indicatif), le temps de transfert est plus faible que pour des débits à l'amont plus forts.

La première analyse des temps de transfert permet d'établir le tableau suivant.

| Débit à Saint-Dizier (amont du barrage Marne) | Temps de transfert Saint-Dizier-Châlons-sur-Marne | Temps de transfert Saint-Dizier-Gournay-sur-Marne |
|---|---|---|
| QJ < 70 $m^3/s$ | 1 à 2 jours | 2 à 3 jours |
| QJ > 70 $m^3/s$ | 2 à 3 jours | 4 à 7 jours |

**Temps de transfert amont-aval Saint-Dizier-Chalons-sur-Marne et Saint-Dizier-Gournay-sur-Marne**

Les temps de transfert trouvés pour des petits débits à Saint-Dizier (QJ < 70 $m^3/s$) sont plus faibles que ceux établis pour les forts débits à l'amont. Or d'après la formule de Manning-Strickler : pour un coefficient de Manning-Strickler (K) et une pente de la ligne d'eau (i) fixés, une augmentation de débit consécutive à un accroissement du rayon hydraulique (RH), engendre une augmentation de la vitesse moyenne de l'eau (V). Ainsi, très logiquement, pour une même distance à parcourir le temps sera d'autant plus court que le débit est élevé.

L'origine de ces temps courts n'est donc pas à chercher dans le transfert amont-aval entre Saint-Dizier et Châlons-en-Champagne ou entre Saint-Dizier et Gournay, mais au niveau des apports des bassins intermédiaires (en particulier du bassin de la Saulx pour les temps de transfert entre Saint-Dizier et Châlons-en-Champagne). Ces apports en eau, qui peuvent être du même ordre de grandeur ou même supérieurs à celui du bassin de Saint-Dizier, influencent très certainement fortement le débit aval qui est une combinaison des pics de crue observés à l'amont et plus ou moins fidèlement transmis (atténuation du signal avec la distance).

On supposera que pour des débits élevés à Saint-Dizier (supérieurs à 70 $m^3/s$), les temps de transfert sont assez représentatifs du temps de transfert amont-aval et on retiendra que **les temps de transfert sont de l'ordre de :**

- **2 à 3 jours entre Saint-Dizier et Châlons-en-Champagne ;**
- **4 à 7 jours entre Saint-Dizier et Gournay avec une moyenne statistique plus proche de 6 jours**.

Ainsi, pour le temps de transfert entre Saint-Dizier et Gournay, on trouve une gamme de valeurs assez comparable voisine de la valeur retenue dans l'étude de l'École des Mines de Paris (Ledoux & Gomez, 2003), soit 7 jours.

Par contre, le temps de transfert trouvé entre Saint-Dizier et Châlons-en-Champagne (soit 2 à 3 jours) est plus petit que celui retenu par l'École des Mines de Paris (soit 5 jours) dans l'étude de 2003.

# Annexe 6

# Paramètres de calage du modèle EROS du bassin de la Marne

# Fichiers paramètres du logiciel EROS du bassin de la Marne

## Fichier commande :

```
Marne EROS : Simul 2005 **GR4** corr Pluv & ETP "Lacher ETIAGE" Coef réajustement 0%
Marne_79_2005_Normal_PRV.ros                    =Paramètres
Marne_79_2005_Normal_PREVI_00.txt              = Résultats (listing)
Marne_79_2005.plu                               =Pluies
Marne_79_2005.etp                               =Évapo-Transpiration Potentielle
Marne_79_2005.deb                               =Débits observés
Marne_65_2005.prv                               =Pluies pour Prévision
                                                = Pluies Effic. Calculées
Marne_79_2005_Normal_PREVI_00.out               = Débits Calculés
Marne_79_2005_Normal.pom                        = Pompages (Rivière ou Nappe)
```

## Fichier paramètre :

```
Marne EROS : Grappe de 7 bassins. Simul 1 pas pentad. **GR4** corr Pluv & ETP
 ***  Paramètres Généraux de la Simulation           ***
       27=Nombre d'Années civiles
     1979=Numéro de la première Année
        6=Nombre d'Années de Démarrage
       24=Dernier Mois observé (pour dessin)
        0=Même ETP pour tous les Bassins (1=Oui 0=Non)
        0=////////////////////////////////////////////////////////////////
        0=////////////////////////////////////////////////////////////////
        0=////////////////////////////////////////////////////////////////
        1=Observation des Débits (1=Oui 0=Non => seulement Simulation)
        1=Pas de Temps des données (0=Jours  1=pentades  2=Décades  3=Mois)
        1=Format des données (0=Séqu ; 1=Annu ; 2=Libr ; 3=Excel
        1=Schéma de calcul (0=GARDÉNIA ; 1=GR4)
       40=Nombre d'Années de données pour Prévision
        1=Prévision avec scénarios de pluie : (0=Non ; 1=Oui)
        0=Jour émission prévis (1-31) Si Obs journalières
       24=Mois (ou Num du pas) d'émission de la Prévision
       48=Portée de la Prévision (Nombre de pas)
        0=Coef de Réajustement (0 à 1) (conseillé = 1)
 ***  Paramètres généraux suite : Édition,dessin ... ***
        0=Sauvegarde sur Fichier de la Pluie Efficace (1=Oui)
        1=Sauvegarde sur Fichier des Débits Calculés  (1=Oui 2=Aussi Prélèv)
        0=Édition sur listing du Bilan Mensuel (0=Non 1=Oui)
        1=Dessin des Simulations   (0=Non 1=Oui 2=Aussi des Prélèv)
        0=Édition sur listing des données hydro-climatiques (1=Oui)
        0=Listing (0 , 1=Oui ; -1=Allégé ; -2=Quasi-supprimé)
        1=Pondération des écarts (0 = 1 = équipond. ; 2 = étiages prédomin.)
        0=Poids pour Régression Bornée (Ridge) [Def = 0]
       -1=Nombre d'Itérations pour l'Optimisation
 ***  Bornes des Paramètres                          ***
      1-2=Mini : Temps Décroiss. Hydrogrammes  [C]('jour')
       20=Maxi : Temps Décroiss. Hydrogrammes  [C]('jour')
       -1=Mini : Échang Externe ->Réservoir Gravit [D](mm)
        1=Maxi : Échang Externe ->Réservoir Gravit [D](mm)
      1-3=Mini : Coeff de Ruissellement (déf=10%)  [ ] (%)
       90=Maxi : Coeff de Ruissellement (déf=10%)  [ ] (%)
      0.1=Mini : Capacité de la Réserve Superficielle  [A](mm)
     1500=Maxi : Capacité de la Réserve Superficielle  [A](mm)
      -20=Mini : Coefficient Correcteur global de Pluie %
       20=Maxi : Coefficient Correcteur global de Pluie %
      -30=Mini : Coefficient Correcteur global d'ETP %
       30=Maxi : Coefficient Correcteur global d'ETP %
      0.1=Mini : Capacité Réservoir Eau Gravit   [B](mm)
     1500=Maxi : Capacité Réservoir Eau Gravit   [B](mm)
 ***  Paramètres de l'exutoire                       ***
        7=Numéro du Bassin Amont n° 1    (0: Pas de Bassin en Amont)
        0=Numéro du Bassin Amont n° 2    (0: Pas de Bassin en Amont)
```

```
       0=Point d'Observations du Débit               (1=Oui 0=Non)
***  Paramètres (1/2) du Bassin   1 St_Dizier       ***
     2374=Superficie élémentaire du Sous-Bassin (km2)
        0=Optimisation de la Superficie
        0=Point de Jonction Uniquement [0= Non ; 1=Pas de données climato]
        0=Numéro du Bassin Amont n° 1    (0: Pas de Bassin en Amont)
        0=Numéro du Bassin Amont n° 2    (0: Pas de Bassin en Amont)
        1=Point d'Observations du Débit (et d'Édition) (1=Oui 0=Non)
        1=Point d'Édition      du Débit + de Pl. Effic (1=Oui 0=Non)
        1=Pompage dans le bassin   (1=en Rivière ,2=en Nappe ,0 Non)
        0=[Pluie Efficace Ann moyenne Démarr. (mm/an)] [Pas util. pour GR4]
   7.0349=Temps Décroiss. Hydrogrammes  [C]('jour')
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
      1-4=Échang Externe ->Réservoir Gravit [D](mm)
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
***  Paramètres (2/2) du Bassin   1 St_Dizier       ***
   8.5689=Coeff de Ruissellement (def=10%)  [ ] (%)
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
 191.1563=Capacité de la Réserve Superficielle  [A](mm)
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
  -0.7652=Coefficient Correcteur global de Pluie %
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
  -18.052=Coefficient Correcteur global d'ETP %
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
  95.1432=Capacité Réservoir Eau Gravit   [B](mm)
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
***  Paramètres (1/2) du Bassin   2 Blaise_Louvem.  ***
 465.0000=Superficie élémentaire du Sous-Bassin (km2)
        0=Optimisation de la Superficie
        0=Point de Jonction Uniquement [0= Non ; 1=Pas de données climato]
        0=Numéro du Bassin Amont n° 1    (0: Pas de Bassin en Amont)
        0=Numéro du Bassin Amont n° 2    (0: Pas de Bassin en Amont)
        1=Point d'Observations du Débit (et d'Édition) (1=Oui 0=Non)
        1=Point d'Édition      du Débit + de Pl. Effic (1=Oui 0=Non)
        1=Pompage dans le bassin   (1=en Rivière ,2=en Nappe ,0 Non)
        0=[Pluie Efficace Ann moyenne Démarr. (mm/an)] [Pas util. pour GR4]
   6.0894=Temps Décroiss. Hydrogrammes  [C]('jour')
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
      1-4=Échang Externe ->Réservoir Gravit [D](mm)
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
***  Paramètres (2/2) du Bassin   2 Blaise_Louvem.  ***
  26.1059=Coeff de Ruissellement (def=10%)  [ ] (%)
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
 118.9461=Capacité de la Réserve Superficielle  [A](mm)
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
  -2.1511=Coefficient Correcteur global de Pluie %
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
 -25.7719=Coefficient Correcteur global d'ETP %
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
 190.7002=Capacité Réservoir Eau Gravit   [B](mm)
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
```

```
***  Paramètres (1/2) du Bassin   3 Compl_Frignic.  ***
      487=Superficie élémentaire du Sous-Bassin (km2)
        0=Optimisation de la Superficie
        0=Point de Jonction Uniquement [0= Non ; 1=Pas de données climato]
        1=Numéro du Bassin Amont n° 1    (0: Pas de Bassin en Amont)
        2=Numéro du Bassin Amont n° 2    (0: Pas de Bassin en Amont)
        1=Point d'Observations du Débit (et d'Édition) (1=Oui 0=Non)
        1=Point d'Édition      du Débit + de Pl. Effic (1=Oui 0=Non)
        1=Pompage dans le bassin   (1=en Rivière ,2=en Nappe ,0 Non)
        0=[Pluie Efficace Ann moyenne Démarr. (mm/an)] [Pas util. pour GR4]
  15.1881=Temps Décroiss. Hydrogrammes  [C]('jour')
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
      1-4=Échang Externe ->Réservoir Gravit [D](mm)
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
***  Paramètres (2/2) du Bassin   3 Compl_Frignic.  ***
  34.1864=Coeff de Ruissellement (def=10%)  [ ] (%)
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
 187.2275=Capacité de la Réserve Superficielle  [A](mm)
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
  19.9999=Coefficient Correcteur global de Pluie %
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
     29.6=Coefficient Correcteur global d'ETP %
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
 365.9981=Capacité Réservoir Eau Gravit   [B](mm)
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
***  Paramètres (1/2) du Bassin   4 Saulx_Vitry     ***
     2102=Superficie élémentaire du Sous-Bassin (km2)
        0=Optimisation de la Superficie
        0=Point de Jonction Uniquement [0= Non ; 1=Pas de données climato]
        0=Numéro du Bassin Amont n° 1    (0: Pas de Bassin en Amont)
        0=Numéro du Bassin Amont n° 2    (0: Pas de Bassin en Amont)
        1=Point d'Observations du Débit (et d'Édition) (1=Oui 0=Non)
        1=Point d'Édition      du Débit + de Pl. Effic (1=Oui 0=Non)
        1=Pompage dans le bassin   (1=en Rivière ,2=en Nappe ,0 Non)
        0=[Pluie Efficace Ann moyenne Démarr. (mm/an)] [Pas util. pour GR4]
   9.0728=Temps Décroiss. Hydrogrammes  [C]('jour')
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
      1-4=Échang Externe ->Réservoir Gravit [D](mm)
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
***  Paramètres (2/2) du Bassin   4 Saulx_Vitry     ***
  41.3803=Coeff de Ruissellement (def=10%)  [ ] (%)
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
 136.7005=Capacité de la Réserve Superficielle  [A](mm)
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
 -15.3449=Coefficient Correcteur global de Pluie %
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
 -18.1732=Coefficient Correcteur global d'ETP %
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
 281.9065=Capacité Réservoir Eau Gravit   [B](mm)
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
```

```
***  Paramètres (1/2) du Bassin   5 Compl_Chalons/m ***
 873.0002=Superficie élémentaire du Sous-Bassin (km2)
        0=Optimisation de la Superficie
        0=Point de Jonction Uniquement [0= Non ; 1=Pas de données climato]
        3=Numéro du Bassin Amont n° 1    (0: Pas de Bassin en Amont)
        4=Numéro du Bassin Amont n° 2    (0: Pas de Bassin en Amont)
        1=Point d'Observations du Débit (et d'Édition) (1=Oui 0=Non)
        1=Point d'Édition      du Débit + de Pl. Effic (1=Oui 0=Non)
        1=Pompage dans le bassin   (1=en Rivière ,2=en Nappe ,0 Non)
        0=[Pluie Efficace Ann moyenne Démarr. (mm/an)] [Pas util. pour GR4]
  16.0785=Temps Décroiss. Hydrogrammes  [C]('jour')
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
      1-4=Échang Externe ->Réservoir Gravit [D](mm)
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
***  Paramètres (2/2) du Bassin   5 Compl_Chalons/m ***
  26.9986=Coeff de Ruissellement (def=10%)  [ ] (%)
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
 132.7985=Capacité de la Réserve Superficielle  [A](mm)
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
  19.9999=Coefficient Correcteur global de Pluie %
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
 -29.9999=Coefficient Correcteur global d'ETP %
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
  60.2995=Capacité Réservoir Eau Gravit   [B](mm)
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
***  Paramètres (1/2) du Bassin   6 Compl_Ferté/j.  ***
     2506=Superficie élémentaire du Sous-Bassin (km2)
        0=Optimisation de la Superficie
        0=Point de Jonction Uniquement [0= Non ; 1=Pas de données climato]
        5=Numéro du Bassin Amont n° 1    (0: Pas de Bassin en Amont)
        0=Numéro du Bassin Amont n° 2    (0: Pas de Bassin en Amont)
        1=Point d'Observations du Débit (et d'Édition) (1=Oui 0=Non)
        1=Point d'Édition      du Débit + de Pl. Effic (1=Oui 0=Non)
        1=Pompage dans le bassin   (1=en Rivière ,2=en Nappe ,0 Non)
        0=[Pluie Efficace Ann moyenne Démarr. (mm/an)] [Pas util. pour GR4]
     19.6=Temps Décroiss. Hydrogrammes  [C]('jour')
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
      1-4=Échang Externe ->Réservoir Gravit [D](mm)
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
***  Paramètres (2/2) du Bassin   6 Compl_Ferté/j.  ***
   1.2998=Coeff de Ruissellement (def=10%)  [ ] (%)
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
  77.2756=Capacité de la Réserve Superficielle  [A](mm)
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
  -5.2808=Coefficient Correcteur global de Pluie %
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
   7.9594=Coefficient Correcteur global d'ETP %
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
1155.1226=Capacité Réservoir Eau Gravit   [B](mm)
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
```

```
***  Paramètres (1/2) du Bassin   7 Compl_Gournay   ***
3854.0002=Superficie élémentaire du Sous-Bassin (km2)
        0=Optimisation de la Superficie
        0=Point de Jonction Uniquement [0= Non ; 1=Pas de données climato]
        6=Numéro du Bassin Amont n° 1    (0: Pas de Bassin en Amont)
        0=Numéro du Bassin Amont n° 2    (0: Pas de Bassin en Amont)
        1=Point d'Observations du Débit (et d'Édition) (1=Oui 0=Non)
        1=Point d'Édition      du Débit + de Pl. Effic (1=Oui 0=Non)
        1=Pompage dans le bassin   (1=en Rivière ,2=en Nappe ,0 Non)
        0=[Pluie Efficace Ann moyenne Démarr. (mm/an)] [Pas util. pour GR4]
   0.1001=Temps Décroiss. Hydrogrammes  [C]('jour')
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
      1-4=Échang Externe ->Réservoir Gravit [D](mm)
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
***  Paramètres (2/2) du Bassin   7 Compl_Gournay   ***
   3.1912=Coeff de Ruissellement (def=10%)  [ ] (%)
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
   99.901=Capacité de la Réserve Superficielle  [A](mm)
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
   6.4284=Coefficient Correcteur global de Pluie %
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
   8.5194=Coefficient Correcteur global d'ETP %
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
 677.7759=Capacité Réservoir Eau Gravit   [B](mm)
        0=Optimisation de ce paramètre
        0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
*** Fin du Fichier Paramètres ÉROS    4.0 ***
```

# Annexe 7

# Code ÉROS v.4.0 - Description succincte du code et de ses paramètres

## (d'après la note technique BRGM/EAU n° 2005/04)

**Dominique THIERY, avec la collaboration de Michel NORMAND**

# Synthèse

Le code de calcul ÉROS (**E**nsemble de **R**ivières **O**rganisées en **Sous-bassin**s) permet la modélisation des débits de bassins versants hétérogènes par une grappe de modèles hydrologiques globaux emboîtés modélisant chacun un sous-bassin versant.

Le code de calcul qui fonctionne au pas de temps journalier, pentadaire (5 jours), décadaire ou mensuel met en œuvre dans chaque sous-bassin un schéma hydrologique GARDÉNIA (Roche et Thiéry, 1984 ; Thiéry, 1988, 2003, 2004c) ou GR4 (Edijatno et Michel, 1989) qui réalise une séparation non linéaire entre ruissellement et infiltration.

Chaque sous-bassin a ses paramètres propres et éventuellement ses propres séries climatiques (précipitations, ETP). Il est ainsi possible de simuler des bassins hétérogènes (différentes occupations du sol, différents taux de ruissellement et donc de recharge des aquifères) et/ou soumis à des conditions climatiques différenciées (précipitations et évapotranspiration). Il est possible de prendre en compte des exportations (prélèvements) ou importations (injections) de débits modulées dans le temps, en rivière ou en nappe dans chaque sous bassin.

Il est également possible de calculer automatiquement, par régression bornée ("Ridge Regression") la superficie optimale de chaque sous bassin c'est-à-dire en particulier le coefficient optimal pour chaque poste pluviométrique.

Une fois calé, le code ÉROS peut être utilisé en simulation pour :

- l'extension de données ;
- la simulation de scénarios ;
- l'émission de prévisions incluant un coefficient de réajustement lui permettant d'émettre des prévisions plus fiables.

Cette note présente de manière succincte les paramètres du code de calcul ÉROS 4.0 d’août 2005.

## • Schéma de fonctionnement du modèle ÉROS

Le code de calcul ÉROS (Ensemble de Rivières Organisées en Sous-bassins) est un modèle hydrologique global pluie-débit spatialisé dédié à la simulation de grands bassins. Il permet la modélisation des débits de bassins versants hétérogènes (différences de pluviométrie et d'ETP, d'occupation du sol, de taux de ruissellement et donc d'infiltration, de débits d'échanges, etc.) par une grappe de modèles hydrologiques globaux emboîtés modélisant chacun un sous bassin versant.

La zone d'étude est décomposée en un certain nombre de sous-bassins composant une grappe et reliés entre eux par une relation d'arborescence. On affecte à chaque sous-bassin un numéro d'ordre et on définit pour chacun les bassins amont qui sont au nombre de 0 (sous-bassin sans affluent), 1 (sous-bassin en série) ou 2 (2 sous-bassins affluents).

La figure 1 présente un exemple synthétique de bassin formé de 9 sous-bassins (numérotés de 1 à 9). La partie gauche est un plan du bassin versant et la partie droite montre l'arborescence correspondante. On dispose de 5 points d'observations : à l'exutoire des sous-bassins n° 1, 2, 3, 6 et 9. On remarque que 3 bassins fictifs supplémentaires ont été introduits : en aval du sous-bassin 7 et en aval du sous-bassin 8. Ces sous-bassins fictifs (auxquels on a donné une superficie qui tend vers zéro) ont été introduits pour respecter la règle selon laquelle un sous-bassin ne peut avoir que 2 sous-bassins directement en amont.

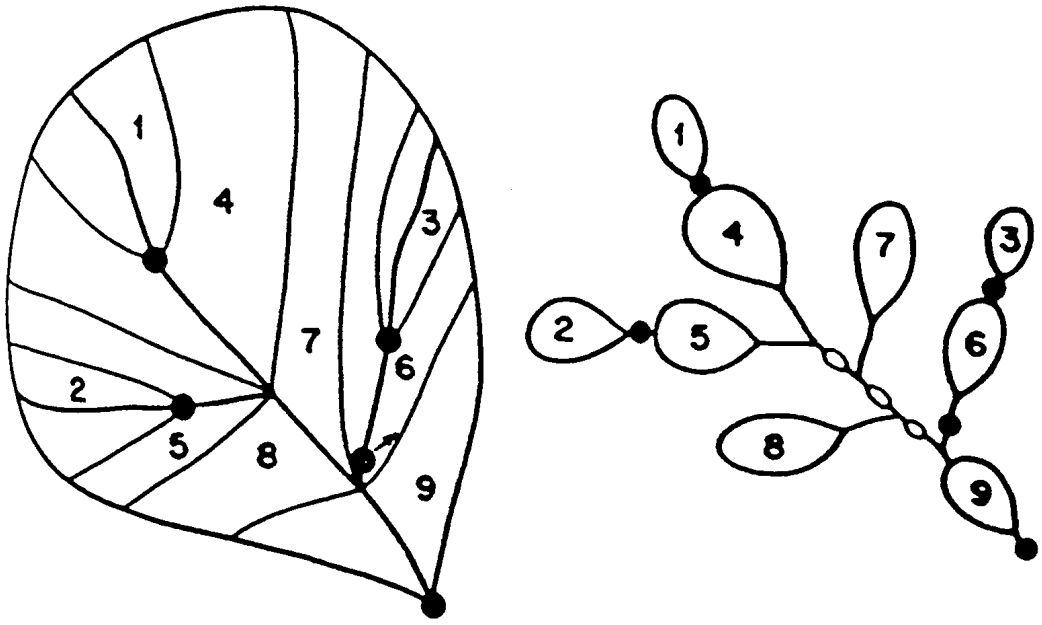



*Figure 1 - Exemple d'application d'un bassin complexe décomposé en 9 sous-bassins.*

Chaque sous-bassin est schématisé par un modèle hydrologique global avec ses paramètres propres. Le débit calculé à l'exutoire des sous-bassins amont arrive directement dans le sous bassin aval et chaque exutoire peut être :

- un point d'observation : on y dispose d'une chronique de débits d'observation ;
- un point d'édition : on ne connaît pas le débit mais on veut le déterminer ;
- un point intermédiaire.

Dans sa configuration actuelle, le transfert des débits entre les sous-bassins se fait instantanément avec un temps de transfert nul.

Pour représenter le fonctionnement hydrologique global de chaque sous-bassin, on dispose dans le code ÉROS de deux possibilités :

- le schéma GARDENIA (Thiéry, 1988, 2003, 2004c) ;
- et le schéma GR4 du CEMAGREF (Edijatno et Michel, 1989).

Le code de calcul qui fonctionne au pas de temps journalier, pentadaire (5 jours), décadaire ou mensuel met en œuvre dans chaque sous-bassin un schéma hydrologique GARDENIA (Roche et Thiéry, 1984 ; Thiéry, 1988, 2003 et 2004) ou GR4 du CEMAGREF (Edijatno et Michel, 1989) qui réalise une séparation non linéaire entre ruissellement et infiltration. Les transferts d'eau d'un réservoir à l'autre sont régis par des lois simples, qui sont particulières à chaque réservoir ; ces lois sont contrôlées par les paramètres des modèles (réserve utile, temps de transferts, seuils de débordement, coefficient de ruissellement, etc.).

Ces paramètres peuvent être déduits *a priori* des caractéristiques physiographiques ponctuelles du bassin versant (géologie, hydrogéologie, couvert végétal, etc.), mais doivent être évalués par ajustement (calage) sur une série d'observations. Le calage (ou calibration) consiste à ajuster les paramètres du modèle de telle sorte qu'ils permettent de calculer des débits aussi proches que possible des débits observés. Le calage est effectué automatiquement par une procédure d'optimisation non linéaire dérivée de la méthode de Rosenbrock qui maximise la somme des coefficients de détermination entre les débits calculés et observés en chaque point d'observation.

Chaque bassin élémentaire peut avoir des paramètres et des séries climatiques (pluie et évapotranspiration) qui lui sont propres et il est possible d'attribuer à chacun des prélèvements ou des apports existants ou prévus en rivière ou en nappe. Ainsi, ce modèle permet de prendre en compte l'hétérogénéité du bassin versant en terme climatique (Pluie et ETP), de fonctionnement hydraulique (répartition entre le ruissellement superficiel et l'infiltration vers les aquifères, contribution des aquifères aux débits des rivières) et de débits d'échange (débits de fuite souterrain et/ou de prélèvements ou apports naturels ou anthropiques).

Le code ÉROS permet de tenir compte l'impact d'aménagements tels que des barrages, des retenues, des dérivations, etc.

Il est également possible de calculer automatiquement, par régression bornée ("Ridge Regression") la superficie optimale de chaque sous-bassin, c'est-à-dire en particulier le coefficient optimal pour chaque poste pluviométrique.

Ce modèle est à mi-chemin entre un modèle global et un modèle maillé qui autorise la modélisation d'un système complexe par exemple à l'échelle régionale. Le code de calcul EROS permet d'une part de modéliser des bassins versants hétérogènes et d'autre part de prévoir l'influence d'aménagements hydrauliques (barrages, dérivations, prélèvements, etc.). Une fois calé, le modèle ÉROS peut être utilisé en simulation :

- pour une extension de données ;
- pour une simulation de scénarios ;
- et, comme pour la version 6.5 de GARDENIA, pour l'émission de prévisions. Il est ainsi possible de prolonger une série de débits observés jusqu'à une certaine date à partir de scénarios de précipitations prévisionnels pour les semaines ou mois futurs notamment en étiage.

Comme pour le modèle global GARDENIA, le calage est automatique. Le nombre de paramètres par bassin élémentaire est relativement faible ce qui lui confère une certaine simplicité et robustesse. Il offre la possibilité d'égaler des paramètres de deux (voire plus) bassins élémentaires ce qui permet de réduire le nombre total de paramètres : une astuce bien utile lorsque le nombre d'unités élémentaires du bassin versant complet à simuler est élevé.

## • Les étapes de la modélisation

La mis en œuvre du code de calcul ÉROS comporte les étapes suivantes :

- analyse du système hydrologique et hydrogéologique étudié, des données hydro climatologiques et des débits d'échange naturels et/ou anthropiques ;
- conception du modèle ÉROS : découpage en sous-bassins composant une grappe et reliés entre eux par une relation d'une arborescence ;
- élaboration des fichiers de données : pluie, évapotranspiration, débits à l'exutoire et débits d'échange au pas de temps choisi pour la modélisation ;
- calage du modèle. Il consiste à ajuster tous les paramètres inconnus pour reproduire au mieux tous les débits observés en tous les points d'observation, en utilisant une procédure d'optimisation non linéaire ;
- exploitation du modèle pour une simulation de données, pour une simulation de scénarios et/ou pour l'émission de prévisions.

## • L'organisation des fichiers d'une modélisation ÉROS

La figure 2 montre l'organisation des fichiers nécessaires à une modélisation EROS tant pour le calage que pour la prévision des débits :

- fichiers d'entrée : commande, données d'entrée et paramètres de calage ;
- fichiers et graphiques de sortie : paramètres ajustés et données calculées.

Les données d'entrée doivent être sans lacunes d'observation.
Les données de sortie peuvent comporter des lacunes d'observation.

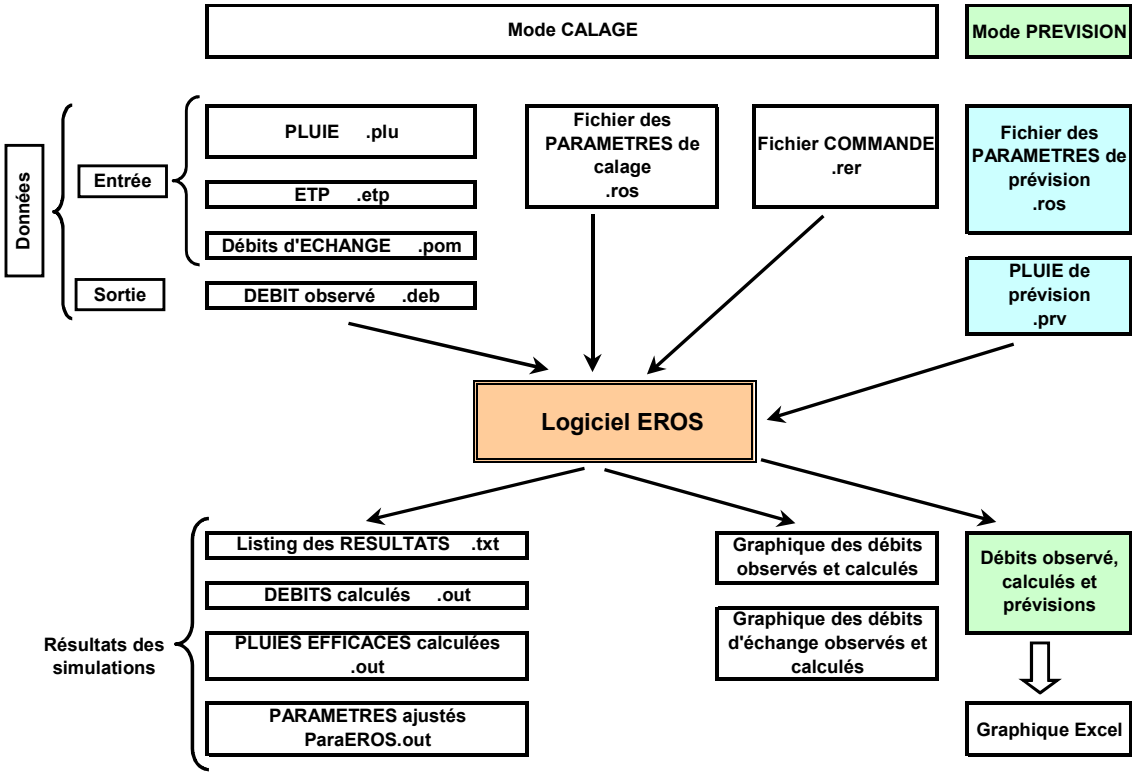



*Figure 2 - Organisation des fichiers pour le calage et la prévision avec le modèle hydrologique global spatialisé ÉROS.*

## • Description succincte des paramètres

### *L'organisation générale du fichier des paramètres*

Les paramètres sont organisés en paragraphes indépendants :

- paramètres généraux de la simulation ;
- paramètres généraux suite (édition, dessin) ;
- bornes des paramètres ;
- paramètres de l'exutoire.

Puis, pour chaque sous bassin :

- paramètres (1/2) du bassin n° n ;
- paramètres (2/2) du bassin n° n.

Sur le fichier des paramètres le code habituel suivant a été adopté pour les paramètres de choix oui/non : 0 = non ; 1 = oui.

### *Paramètres généraux de la simulation*

```
  25=Nombre d'Années civiles
1979=Numéro de la première Année
   6=Nombre d'Années de Démarrage
   0=Dernier pas de temps observé de la dernière année (pour dessin)
   0=Même ETP pour tous les Bassins (1=Oui 0=Non)
   0=//////// Paramètre inutilisé //////////
   0=//////// Paramètre inutilisé //////////
   0=//////// Paramètre inutilisé //////////
   1=Observation des Débits (1=Oui 0=Non => seulement Simulation)
   1=Pas de Temps des données (0=Jours  1=pentades  2=Décades  3=Mois)
   0=Format des données (0=Séqu ; 1=Annu ; 2=Libr ; 3=Excel)
   1=Schéma de calcul (0=GARDÉNIA ; 1=GR4)
   0=Nombre d'Années de données pour Prévision
   0=Prévision avec scénarios de pluie : (0=Non ; 1=Oui)
   0=Jour émission prévis (1-31) Si Obs journalières
   0=Mois (ou Num. du pas de temps) d'émission de la Prévision
   0=Portée de la Prévision (Nombre de pas de temps)
   0=Coef de Réajustement (0 à 1) (conseillé = 1)
```

- **Nombre d'années civiles**

C'est le nombre d'années civiles de tous les fichiers d'entrée : 25 années dans l'exemple présenté.

- **Numéro de la première année**

C'est le numéro de la première année des fichiers de données : c'est l'année 1979 dans l'exemple présenté. Les données se rapportent donc à la période 1979-2005.

- **Nombre d'années de démarrage**

C'est le nombre d'années de données hydroclimatiques utilisées pour l'initialisation des calculs, c'est-à-dire pour prendre en compte l'effet de mémoire des bassins en début de calcul. Dans l'exemple présenté, la période de démarrage comprend six années, soit la période 1979-1984. Pendant cette période, on considère que les débits calculés sont en cours d'initialisation. Ils sont donc incorrects et ne seront donc pas comparés aux débits observés. En particulier, ils ne seront pas pris en compte lors du calage automatique des paramètres physiques du modèle. À titre d'information, les débits calculés pendant cette période de démarrage seront édités dans les fichiers de résultats de simulation, mais ils n'apparaîtront pas dans les représentations graphiques automatiques.

- **Dernier pas de temps observé de la dernière année (pour dessin)**

C'est le dernier pas de temps qui sera dessiné pour la dernière année pour les représentations graphiques. Par défaut, si on laisse cette valeur égale à 0 : c'est le dernier pas de temps de la dernière année

- **Même ETP pour tous les bassins (1 = Oui 0 = Non)**

Ce paramètre permet, si on lui donne la valeur 1, de simplifier le fichier des ETP (Évapo-Transpiration Potentielle) : le fichier contiendra uniquement l'ETP du premier sous-bassin. Tous les sous-bassins auront la même ETP.

- **Observation des débits (1 = Oui 0 = Non => seulement simulation)**

Choix :

0 = Pas de débits observés (donc pas de calage automatique possible). Seule une simulation sera réalisée.
1 = On dispose d'une série de débits observés, et donc d'un fichier d'observations.

- **Pas de temps des données (0 = jours ; 1 = pentades ; 2 = Décades ; 3 = mois)**

Les données hydroclimatiques doivent être régulièrement espacées selon un pas de temps constant. Quatre pas de temps sont possibles :

0 = Pas de temps journalier.
1 = Pas de temps pentadaire (5 jours).
2 = Pas de temps décadaire (10 jours).
3 = Pas de temps mensuel.

Dans l'exemple présenté, le pas de temps est pentadaire.

L'utilisateur se reportera à la notice d'utilisation du code GARDÉNIA (Thiéry, 2003) pour la description des pas de temps, en particulier pentadaire et décadaire, et pour la forme des fichiers pour chacun des pas de temps.

Contrairement au code GARDÉNIA, le pas de temps doit être identique pour toutes les séries de données hydroclimatiques (pluies, ETP, Prélèvements, débits).

- **Format des données (0 = Séqu ; 1 = Annu ; 2 = Libr ; 3 = Excel)**

Ce paramètre précise sous quelle forme apparaissent les données dans les fichiers hydroclimatiques et les fichiers de débits (voir la notice d'utilisation du code GARDÉNIA).

0 = Format séquentiel : ce format n'existe pas pour le pas de temps journalier. Il est alors remplacé par le format « annuaire ». Pour les données mensuelles, le format séquentiel est identique au format annuaire.
1 = Format annuaire.
2 = Format libre.
3 = Format Excel.

Les formats « séquentiel » ou « annuaire » ont l'avantage d'être sous forme de tableaux compacts et faciles à interpréter, mais ils sont « formatés », c'est-à-dire qu'il faut respecter la position des valeurs (8 caractères par valeur). La mise en forme des données se fait avec le logiciel SHALIMAR v.3.6b (Thiéry, 2004).

Le format « Excel », sous forme de 2 colonnes (Date en clair, Valeur) peut être facilement exporté à partir d'un fichier EXCEL, mais il est beaucoup moins compact : Il contient en effet 365 à 366 lignes par an.

Avec le logiciel SHALIMAR, il est possible de mettre en forme directement les données hydroclimatiques ou de débits selon un des quatre formats proposés à partir des formats des bases de données courantes : Format « Climathèque » ou Format « SANDRE » de Météo France, Format « Banque HYDRO » pour les débits.
Dans l'exemple présenté, c'est le format « séquentiel » qui est utilisé.

- **Schéma de calcul (0 = GARDÉNIA ; 1 = GR4)**

Choix :
0 = Schéma GARDÉNIA.
1 = Schéma GR4.

Selon le cas ou l'objectif, un schéma ou l'autre peut permettre une meilleure simulation. Il convient cependant de noter que le schéma GR4 ne permet généralement pas d'interpréter une décomposition des débits en une composante superficielle (rapide) et une composante souterraine (lente).

Les différences entre ces deux schémas apparaissent surtout pour les simulations à pas de temps fins (journalier ou pentadaire), mais sont généralement moins marquées au pas de temps mensuel.

- **Paramètres pour une prévision :**

Ces paramètres sont utilisés uniquement pour l'émission d'une prévision. Les principes généraux de l'émission d'une prévision sont proches de ceux utilisés dans le code GARDÉNIA décrit par (Thiéry, 2004a, 2004b).

```
 40=Nombre d'Années de données pour Prévision
  1=Prévision avec scénarios de pluie : (0=Non ; 1=Oui)
  0=Jour émission prévis (1-31) Si Obs journalières
 12=Mois (ou Num. du pas de temps) d'émission de la Prévision
 54=Portée de la Prévision (Nombre de pas temps)
0.5=Coef de Réajustement (0 à 1) (conseillé = 1)
```

*Nombre d'Années de données pour Prévision*

Ce nombre d'années de prévisions est le nombre d'années de données du fichier de pluies pour les prévisions. À partir de la date d'émission de la prévision, un scénario d'évolution sera calculé en utilisant successivement les données de pluies de chacune de ces années de pluies pour les prévisions.
Si ce nombre d'années est égal à 0, il n'y aura pas de prévision.
Dans l'exemple présenté, il y a 40 années de pluies pour la prévision.

*Prévision avec scénarios de pluie : (0 = Non ; 1 = Oui)*

Choix :

0 = Pas de prévision.
1 = Prévision avec des scénarios de pluie.

*Jour émission prévis (1-31) Si Obs. journalières*

Ce paramètre, qui est utilisé uniquement si le pas de temps est journalier, précise le jour (du mois d'émission) auquel la prévision est émise.

*Mois (ou Num. du pas de temps) d'émission de la Prévision*

Ce paramètre définit le mois (ou le numéro du pas de temps) auquel est émise la prévision :

- si le pas de temps est journalier : ce paramètre donne le mois d'émission (le jour d'émission est donné par le paramètre précédent) : par exemple 5 indique le mois de mai ;
- si le pas de temps est pentadaire, décadaire ou mensuel : ce paramètre donne le numéro dans l'année du pas de temps auquel est émise la prévision. (Si le pas de temps est mensuel, le numéro du pas de temps est en fait le numéro du mois).

Dans l'exemple présenté, la prévision est émise la pentade n° 12, soit à la fin du mois de février 2005, car il y a six pentades par mois.

*Portée de la Prévision (Nombre de pas de temps)*

C'est la durée (en nombre de pas de temps) de la prévision après la date d'émission de la prévision.

Dans l'exemple présenté, la prévision est émise sur une durée de 54 pentades après l'émission de la prévision. La prévision est donc réalisée pendant 9 mois, soit jusqu'à fin novembre 2005.

*Coef. de Réajustement (0 à 1) (conseillé = 1)*

Ce paramètre définit le taux de correction des écarts de simulation constatés à la date d'émission de la prévision. Dans le modèle ÉROS v.4.0, contrairement au modèle

GARDÉNIA, cette correction est réalisée par un simple décalage des séries prévues après la date d'émission de la prévision. Il n'est pas toujours opportun de décaler totalement les séries calculées.

Dans l'exemple présenté le réajustement (c'est-à-dire la correction par translation) est réalisé avec un coefficient 0,5 (c'est-à-dire à 50 %)

### *Paramètres généraux de la simulation suite (édition, dessin)*

```
  0=Sauvegarde sur Fichier de la Pluie Efficace (1=Oui)
  1=Sauvegarde sur Fichier des Débits calculés  (1=Oui 2=Aussi Prélèv)
  0=Édition sur listing du Bilan Mensuel (0=Non 1=Oui)
  1=Dessin des Simulations   (0=Non 1=Oui 2=Aussi des Prélèv)
  0=Édition sur listing des données hydro-climatiques (1=Oui)
  0=Listing (0 , 1=Oui ; -1=Allégé ; -2=Quasi-supprimé)
  0=Pondération des écarts (0 = 1 = équipond. ; 2 = étiages prédomin.)
  0=Poids pour Régression Bornée (Ridge) [Def = 0]
450=Nombre de simulations pour le calage des paramètres
```

- **Sauvegarde sur fichier de la pluie éfficace (1 = Oui)**

Choix :

0 = Pas de sauvegarde.
1 = Sauvegarde sur fichier de la Pluie Efficace calculée.

- **Sauvegarde sur fichier des débits calculés (1 = Oui 2 = Aussi Prélèv)**

Choix :

0 = Pas de sauvegarde.
1 = Sauvegarde sur fichier des Débits calculés.
2 = Sauvegarde aussi des prélèvements calculés.

- **Édition sur listing du bilan mensuel (0 = Non 1 = Oui)**

Choix :

0 = Pas d'édition des débits mensuels.
1 = Sauvegarde sur listing des bilans mensuels calculés.

- **Dessin des Simulations (0 = Non 1 = Oui 2 = Aussi des Prélèv.)**

Choix :

0 = Pas de dessin.
1 = Dessin à l'écran des débits simulés et observés, avec possibilité d'exportation des dessins.
2 = Dessin également des prélèvements.

- **Édition sur listing des données hydro-climatiques (1 = Oui)**

Choix :

0 = Pas d'édition des données hydroclimatiques lues.
1 = Édition sur listing de contrôle des données hydroclimatiques lues.

- **Listing (0,1 = Oui ; -1 = Allégé ; -2 = Quasi-supprimé)**

Choix :

0,1 = Génération d'un listing de contrôle.
-1 = Listing de contrôle allégé.
-2 = Listing de contrôle quasiment supprimé.

- **Pondération des écarts (0 = 1 = équipond. ; 2 = étiages prédomin.)**

Choix :

0,1 = Équi-pondération des écarts de simulation : tous les écarts de simulation ont la même importance dans le processus de calage automatique.
2 = Pondération des écarts de simulation donnant davantage d'importance aux étiages. Le calage est alors davantage focalisé sur les étiages.

- **Poids pour Régression Bornée (Ridge) [Def = 0]**

C'est un poids de régularisation qui permet de faire une « régression bornée » (ou « Ridge Regression » en anglais. En présence de sous-bassins ayant un comportement très semblable, ce poids de régularisation permet d'accepter une simulation légèrement moins bonne mais plus robuste et plus physique. Par défaut ce paramètre est égal à 0. En pratique, quand on utilise un poids de régularisation, on donne une faible valeur à ce paramètre : de l'ordre de 0,001 à 0,03.

- **Nombre de simulations pour le calage des paramètres**

C'est le nombre d'essais erreurs, donc le nombre de simulations, maximum pour le calage automatique des paramètres.

En pratique ce nombre de simulations dépend du nombre de paramètres à optimiser : environ 200 à 300 simulations avec le schéma GARDÉNIA, 400 à 600 simulations avec le schéma GR4.

### *Bornes des Paramètres*

Ce sont les valeurs minimales et maximales autorisées pour les paramètres physiques. En particulier, à l'issue du calage automatique les paramètres optimisés seront compris entre ces bornes.

Si un paramètre physique qui n'est pas à optimiser a une valeur extérieure à ces bornes, sa valeur est fixée à la borne la plus proche.

Les bornes d'un paramètre donné, une capacité de sol par exemple, sont identiques pour tous les sous-bassins.

- **Bornes avec le schéma GARDÉNIA**

Exemple des bornes avec le schéma GARDÉNIA

```
0.15=Mini : Temps de demi-Montée ('mois')
   6=Maxi : Temps de demi-Montée ('mois')
0.15=Mini : Temps de demi-Tarissement ('mois')
  20=Maxi : Temps de demi-Tarissement ('mois')
   0=Mini : Capacité d'Absorption en mm
 500=Maxi : Capacité d'Absorption en mm
   0=Mini : Capacité de la Réserve Superficielle
           (Réserve Utile) mm
 300=Maxi : Capacité de la Réserve Superficielle
           (Réserve Utile) mm
   0=Mini : Coefficient Correcteur global de Pluie %
   0=Maxi : Coefficient Correcteur global de Pluie %
 -15=Mini : Coefficient Correcteur global d'ETP %
  15=Maxi : Coefficient Correcteur global d'ETP %
   0=Mini : Hauteur d'eau Ruissellement-Percolation mm
2000=Maxi : Hauteur d'eau Ruissellement-Percolation mm
```

- **Bornes avec le schéma GR4**

Exemple des bornes avec le schéma GR4

```
 0.1=Mini : Temps Décroiss. Hydrogrammes  [C]('jour')
  14=Maxi : Temps Décroiss. Hydrogrammes  [C]('jour')
  -1=Mini : Échang Externe ->Réservoir Gravit [D](mm)
   1=Maxi : Échang Externe ->Réservoir Gravit [D](mm)
 1-3=Mini : Coeff de Ruissellement (déf=10%)  [ ] (%)
  90=Maxi : Coeff de Ruissellement (déf=10%)  [ ] (%)
 0.1=Mini : Capacité de la Réserve Superficielle  [A](mm)
1000=Maxi : Capacité de la Réserve Superficielle  [A](mm)
 -15=Mini : Coefficient Correcteur global de Pluie %
  15=Maxi : Coefficient Correcteur global de Pluie %
 -15=Mini : Coefficient Correcteur global d'ETP %
  15=Maxi : Coefficient Correcteur global d'ETP %
 0.1=Mini : Capacité Réservoir Eau Gravit   [B](mm)
1000=Maxi : Capacité Réservoir Eau Gravit   [B](mm)
```

### *Paramètres de l'exutoire*

```
   7=Numéro du Bassin Amont n° 1    (0: Pas de Bassin en Amont)
   0=Numéro du Bassin Amont n° 2    (0: Pas de Bassin en Amont)
   0=Point d'Observations du Débit               (1=Oui 0=Non)
```

L'exutoire unique du système de sous-bassins peut être défini de plusieurs façons :

- soit on ne précise pas d'exutoire : c'est alors le bassin le plus aval, à condition qu'il soit unique, qui est l'exutoire par défaut ;
- soit on précise un point comme étant l'exutoire : ce point peut avoir au choix 1 ou 2 sous-bassins en amont.

S'il y a un seul sous-bassin en amont, le débit à l'exutoire sera identique au débit à l'aval de ce sous-bassin.

S'il y a deux sous-bassins à l'amont, le débit à l'exutoire sera la somme des débits à l'aval des deux sous-bassins.

Si on précise que l'exutoire est un point d'observations de débits, les éventuels débits observés de l'exutoire seront placés en premier dans le fichier des débits observés.

En résumé, dans un schéma très simple avec 2 bassins n° 1 et n° 2, on peut avoir les configurations suivantes :

- les bassins n° 1 et n° 2 sont en série. L'exutoire est l'aval du bassin n° 2. Il n'y a pas besoin de définir d'exutoire ;
- les débits des bassins n° 1 et n° 2 se rejoignent pour former le débit à l'exutoire. On définit alors l'exutoire de la manière suivante :

```
1=Numéro du Bassin Amont n° 1    (0: Pas de Bassin en Amont)
2=Numéro du Bassin Amont n° 2    (0: Pas de Bassin en Amont)
1=Point d'Observations du Débit                (1=Oui 0=Non)
```

Et dans le fichier des débits observés on place les débits observés à l'exutoire en premier avant les éventuels débits observés des bassins n° 1 et n° 2

On aurait pu également ne pas définir d'exutoire mais définir un bassin n° 3, comme un simple point de jonction ayant les bassins n° 1 et n° 2 en amont et placer donc normalement les débits observés à l'exutoire comme les débits observés du bassin n° 3. Cette configuration est *a priori* plus simple bien qu'elle fasse intervenir un bassin de plus.

### *Paramètres des sous-bassins*

Ces paramètres sont regroupés en deux paragraphes.

Pour chaque sous-bassin, on définit :

- des paramètres de réseau ;
- sept paramètres physiques par bassin.

Les paramètres de réseau définissent :

- quels sont les numéros des éventuels sous-bassins amonts ?

- est-ce un point d'observation des débits ?
- y a t'il des prélèvements ou des injections ?
- souhaite t'on éditer les résultats relatifs à ce sous-bassin ?

Numérotation des sous bassins :

Les sous-bassins sont définis dans un ordre quelconque. Le premier sous bassin défini a implicitement le n° 1, le deuxième sous-bassin défini a implicitement le n° 2, etc., indépendamment des relations amont aval.

Arborescence amont-aval

Chaque sous bassin peut avoir 0, 1 ou 2 sous-bassins amont. Pour chaque sous-bassin on définit les numéros des éventuels 1 ou 2 sous-bassins amonts.
Par exemple : Si le sous-bassin n° 4, de superficie S, a les sous-bassins 7 et 10 en son amont : le débit à l'exutoire du sous-bassin n° 4 sera la somme des débits à l'aval des sous-bassins 7 et 10 augmentée du débit résultant des précipitations sur la surface S du sous-bassin n°4.

On peut définir des sous-bassins comme étant uniquement des « points de jonction ». De tels sous-bassins n'ont pas de superficie et ne reçoivent pas de précipitations. Leurs paramètres physiques (qui apparaissent sur le fichier par conformité) sont fictifs et n'ont pas d'influence.

Prélèvements

Dans chaque sous bassin on peut affecter une série de prélèvements (débits négatifs) ou d'injections (débits positifs). Ces prélèvements ou injections éventuels peuvent être introduit au choix en rivière à l'aval du sous-bassin ou bien dans la nappe.
Quand les prélèvements (débits négatifs) sont introduits en rivière, le code de calcul ne permettra pas d'obtenir un débit négatif à l'aval du sous-bassin. Il sera donc conduit à diminuer les prélèvements demandés s'ils ne peuvent pas être assurés par le cours d'eau.
Quand les prélèvements sont introduits dans la nappe, les débits seront prélevés dans le réservoir souterrain du sous bassin, dans la limite du volume d'eau dans ce réservoir. Un prélèvement en nappe sous entend donc un prélèvement répartit uniformément sur toute la superficie du bassin, ce qui reste relativement théorique.

Les paramètres physiques de chaque bassin peuvent avoir les propriétés suivantes :

- chaque paramètre physique peut être optimisé ou pas ;
- chaque paramètre peut être contraint à avoir la même valeur que celle d'un autre bassin. Par exemple dans l'exemple ci-dessous : la valeur initiale de la réserve utile est égale à 80 mm ; cette valeur sera optimisée ; cette valeur sera identique à la réserve utile du bassin n° 3. Ceci est particulièrement utile, d'une part pour réduire le nombre de paramètres à optimiser et d'autre part pour favoriser la robustesse et la stabilité du calage.

```
 80=Capacité de la Réserve Superficielle (Réserve utile) mm
  1=Optimisation de ce paramètre
  3=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
```

Pour contraindre un paramètre du bassin n° N2 à avoir une valeur identique à celle du bassin n° N1, il faut respecter les règles suivantes :

- N2 doit être supérieur à N1, c'est-à-dire que la réserve utile du bassin n° 5 peut être contrainte à être égale à celle du bassin n° 3, mais il n'est pas permis de contraindre la réserve utile du bassin n° 3 à être égale à celle du bassin n° 5 ;
- il n'est pas nécessaire de mettre la valeur initiale du bassin N2 identique à celle du bassin N1 car ce sera fait automatiquement ;
- si le paramètre du bassin N1 est à optimiser, il n'est pas nécessaire de demander d'optimiser celui du bassin N2 car ce sera fait automatiquement ;
- si le paramètre du bassin N1 n'est pas à optimiser et que le paramètre du bassin N2 est contraint à lui être égal, N2 ne sera pas optimisé, même si on demande l'optimisation du paramètre N2.

Exemples :

- Ex1 :

Bassin n° 3

```
 80=Capacité de la Réserve Superficielle (Réserve utile) mm
  0=Optimisation de ce paramètre
  0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
```

Bassin n° 5

```
120=Capacité de la Réserve Superficielle (Réserve utile) mm
  0=Optimisation de ce paramètre
  3=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
```

⇨ La réserve utile du bassin n° 5 sera égale à 80 mm.

- Ex2 :

Bassin n° 3

```
 80=Capacité de la Réserve Superficielle (Réserve utile) mm
  1=Optimisation de ce paramètre
  0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
```

Bassin n° 5

```
120=Capacité de la Réserve Superficielle (Réserve utile) mm
  0=Optimisation de ce paramètre
  3=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
```

⇨ La valeur commune des bassins 3 et 5 sera optimisée avec 80 mm pour valeur initiale.

❑ Ex3 :

```
Bassin n° 3
        80=Capacité de la Réserve Superficielle (Réserve utile) mm
         0=Optimisation de ce paramètre
         0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
Bassin n° 5
       120=Capacité de la Réserve Superficielle (Réserve utile) mm
         1=Optimisation de ce paramètre
         3=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
```

⇨ La valeur commune des bassins 3 et 5 sera égale à 80 mm. Elle ne sera pas optimisée.

❑ Ex4 :

```
Bassin n° 3
        80=Capacité de la Réserve Superficielle (Réserve utile) mm
         0=Optimisation de ce paramètre
         5=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
Bassin n° 5
       120=Capacité de la Réserve Superficielle (Réserve utile) mm
         0=Optimisation de ce paramètre
         0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
```

⇨ Incorrect.

Dans le code de calcul ÉROS 4.0, les limites maximales suivantes doivent être respectées :

- 61 sous-bassins ;
- 51 sous-bassins avec des observations de débits ;
- 30 paramètres optimisables simultanément.

## • Description des paramètres de réseau

```
***  Paramètres (1/2) du Bassin   3 Complément_Frignicourt  ***
  494.0000=Superficie élémentaire du Sous bassin (km2)
         0=Optimisation de la Superficie
         0=Point de Jonction Uniquement [0= Non ; 1=Pas de données climato]
         1=Numéro du Bassin Amont n° 1    (0: Pas de Bassin en Amont)
         2=Numéro du Bassin Amont n° 2    (0: Pas de Bassin en Amont)
         1=Point d'Observations du Débit (et d'Édition) (1=Oui 0=Non)
         1=Point d'Édition      du Débit + de Pl. Effic (1=Oui 0=Non)
         1=Pompage dans le bassin   (1=en Rivière ,2=en Nappe ,0 Non)
         0=Pluie Efficace Annuelle Moyenne pour Démarrage (mm/an)
```

### *Superficie élémentaire du sous-bassin ($km^2$)*

C'est la superficie, en $km^2$, du sous-bassin. En fait, c'est la superficie à ajouter aux superficies des éventuels sous-bassins amont pour obtenir la superficie du sous-bassin. Dans l'exemple présenté du bassin de Frignicourt, la superficie totale est égale à 3 338 $km^2$ et les superficies des deux sous-bassins amont sont égales à 2 364 et

480 km$^2$. On introduit donc la valeur 494 km$^2$ qui est le complément à 2 364 et 480 pour obtenir 3 338 km$^2$.

*Optimisation de la superficie*

Choix :

0 = Pas d'optimisation.
1 = Optimisation de la superficie.

Il est possible d'optimiser la superficie du sous-bassin quand elle est mal connue, ce qui peut parfois être le cas dans le cas de débits de sources. On peut également être amené à optimiser la superficie quand on cherche à déterminer quelle est la superficie concernée par un poste pluviométrique donné.

*Point de jonction uniquement [0 = Non ; 1 = Pas de données climato]*

Choix :

0 = Cas général d'un sous bassin réel.
1 = Uniquement un point de jonction : pas de bilan hydroclimatique, pas de données hydroclimatiques dans les fichiers pour ce bassin.

*Numéro du bassin amont n° 1 (0 : Pas de bassin en amont)*

C'est le numéro d'ordre de l'éventuel premier sous bassin amont. (n° 0 s'il n'y a pas de sous-bassin amont).

*Numéro du bassin amont n° 2 (0 : Pas de bassin en amont)*

C'est le numéro d'ordre de l'éventuel deuxième sous bassin amont (n° 0 s'il n'y a pas de deuxième sous-bassin amont).

*Point d'observations du débit (et d'édition) (1 = Oui ; 0 = Non)*

Choix :

0 = Pas de données d'observations de débits à l'aval de ce sous bassin. Il n'y aura donc pas de données de débits pour ce bassin dans le fichier des débits observés.
1 = Il y a des données d'observations de débits pour ce sous bassin. Les donnés de débits simulés seront édités sur fichier.

*Point d'édition du débit + de pluie Effic. (1 = Oui ; 0 = Non)*

Choix :

0 = Pas d'édition sur fichier des débits simulés ni des pluies efficaces calculées (s'il y a des débits observés, les débits simulés seront cependant édités).
1 = Édition sur fichier des débits simulés et des pluies efficaces calculées.

*1 = Pompage dans le bassin (1 = en rivière ; 2 = en nappe, 0 = Non)*

Choix :

0 = Pas de prélèvements/injection de débits dans ce sous-bassin.
1 = Prélèvements ou injection de débits à l'exutoire de ce sous-bassin.
2 = Prélèvements ou injection de débits dans la nappe de ce sous-bassin.

*0 = Pluie efficace annuelle moyenne pour démarrage (mm/an)*

C'est la valeur de la pluie efficace annuelle moyenne en mm/an. Cette valeur est utilisée pour initialiser les réservoirs du modèle pour ce sous bassin en début de calcul. Si on laisse la valeur égale à 0, les réservoirs sont initialisés à 0.
Cette valeur n'est pas prise en compte avec le schéma hydrologique GR4.

- **Description des paramètres physique du schéma GARDÉNIA**

```
0.5=Temps de demi-Montée ('mois')
  1=Optimisation de ce paramètre
  0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
6.0=Temps de demi-Tarissement ('mois')
  1=Optimisation de ce paramètre
  0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
500=Capacité d'absorption en mm
  0=Optimisation de ce paramètre
  0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
 90=Capacité de la Réserve Superficielle (Réserve utile) mm
  1=Optimisation de ce paramètre
  0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
  0=Coefficient Correcteur global de Pluie %
  0=Optimisation de ce paramètre
  0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
  0=Coefficient Correcteur global d'ETP %
  0=Optimisation de ce paramètre
  0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
300=Hauteur d'eau Ruissellement-Percolation mm
  1=Optimisation de ce paramètre
  0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
```

Pour une définition précise des paramètres physiques du schéma GARDÉNIA, le lecteur peut se reporter au manuel d'utilisation du logiciel GARDÉNIA v.6.0

*Temps de demi-montée (mois)*

Temps de demi-montée du réservoir souterrain exprimé en mois. C'est le temps de demi-percolation du réservoir intermédiaire vers le réservoir souterrain. Sa valeur est souvent de l'ordre de 0,5 à 3 mois.

*Temps de demi-tarissement (mois)*

Temps de demi-tarissement du réservoir souterrain exprimé en mois. Sa valeur est souvent de l'ordre de 3 à 7 mois, ou davantage pour des sources.

*Capacité d'absorption en mm*

Pluie maximale qui peut être absorbée par le sol en un pas de temps. L'excèdent ruisselle instantanément. En général, il n'y a pas de ruissellement instantané, il faut donc donner une grande valeur à ce paramètre, de l'ordre de 500 mm et ne pas l'optimiser. Il faut également donner à la borne maximale de ce paramètre une valeur de l'ordre de 500 mm.

*Capacité de la réserve superficielle (réserve utile) mm*

Capacité du réservoir superficiel, ou « réserve disponible pour l'évapotranspiration » exprimée en mm. Les valeurs courantes sont souvent de l'ordre de 70 à 130 mm.

*Coefficient correcteur global de pluie %*

Coefficient de correction global de la lame d'eau chargé de compenser une éventuelle mauvaise représentativité des données pluviométriques issues des observations faites sur des postes dispersés ou à des altitudes non adaptées. Ce coefficient doit être utilisé avec soin. Sa valeur absolue ne devrait généralement pas dépasser 15 à 20 %. En particulier, il faut *a priori* éviter d'utiliser ce coefficient correcteur si la superficie du sous-bassin est à optimiser.

*Coefficient correcteur global d'ETP %*

Coefficient de correction d'ETP (EvapoTranspiration Potentielle) dont le but est similaire. Sa valeur absolue ne devrait généralement pas dépasser 15 à 20 %.

*Hauteur d'eau ruissellement - percolation mm*

Hauteur dans le réservoir intermédiaire, en mm, pour laquelle il y a répartition égale entre écoulement rapide et percolation vers le réservoir souterrain. Sa valeur est difficile à estimer *a priori*.

- **Description des paramètres physiques du schéma GR4**

```
   14=Temps Décroiss. Hydrogrammes  [C]('jour')
    1=Optimisation de ce paramètre
    0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
    0=Échang Externe ->Réservoir Gravit [D](mm)
    0=Optimisation de ce paramètre
    0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
52.7=Coeff de Ruissellement (def=10%)  [ ] (%)
    1=Optimisation de ce paramètre
    0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
```

```
12.2=Capacité de la Réserve Superficielle  [A](mm)
   1=Optimisation de ce paramètre
   0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
   0=Coefficient Correcteur global de Pluie %
   1=Optimisation de ce paramètre
   0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
   0=Coefficient Correcteur global d'ETP %
   1=Optimisation de ce paramètre
   0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
 599=Capacité Réservoir Eau Gravit   [B](mm)
   1=Optimisation de ce paramètre
   0=Numéro du bassin auquel il est identique (Défaut=0)
```

Pour une définition précise des paramètres physiques du schéma GR4, le lecteur peut se reporter à la description de Edijatno et Michel C. (1989).

### *Temps décroiss. hydrogrammes [C]*

C'est le temps caractéristique de décroissance des hydrogrammes. C'est le paramètre « C » du schéma GR3/GR4. Il est exprimé en jours. Pour les bassins rapides, la valeur de ce paramètre est souvent de l'ordre de 3 à 7 jours.

### *Échang externe -> réservoir Gravit [D]*

Ce paramètre peut permettre de prendre en compte des importations ou pertes par percolation profonde. C'est le paramètre « D » du schéma GR4. En pratique, dans le code ÉROS 4.0, l'utilisation de ce paramètre s'est révélée peu efficace. Il est donc généralement conseillé d'utiliser une valeur égale à 0 et de ne pas optimiser ce paramètre.

### *Coeff. de ruissellement (de f = 10 %)*

C'est le pourcentage de la pluie efficace qui produira du ruissellement. Le reste sera dirigé vers le réservoir souterrain. La valeur de ce paramètre est exprimée en %. Par défaut (si on laisse la valeur égale à 0), la valeur sera prise égale à 10 %. Si on voulait imposer 0 %, il suffirait par exemple d'introduire une très faible valeur égale à $10^{-3}$ % par exemple.

### *Capacité de la réserve superficielle [A] (mm)*

C'est la capacité sur réservoir « sol » dans lequel se produit l'évapotranspiration. C'est le paramètre « A » du schéma GR3/GR4. Le fonctionnement de ce réservoir est différent du réservoir « sol » du schéma GARDÉNIA. En particulier, ce réservoir génère de la « pluie efficace » avant d'être saturé. Il génère d'autant plus d'écoulement qu'il est saturé et se remplit d'autant plus qu'il est désaturé. Il permet d'autant plus d'évapotranspiration qu'il est saturé. La valeur de ce paramètre est souvent de l'ordre de 250 à 400 mm.

### *Coefficient correcteur global de pluie %*

Coefficient de correction global de la lame d'eau chargé de compenser une éventuelle mauvaise représentativité des données pluviométriques issues des observations faites sur des postes dispersés ou à des altitudes non adaptées. Ce coefficient doit être utilisé avec soin. Sa valeur absolue ne devrait généralement pas dépasser 15 à 20 %. En particulier, il faut *a priori* éviter d'utiliser ce coefficient correcteur si la superficie du sous-bassin est à optimiser.

### *Coefficient correcteur global d'ETP %*

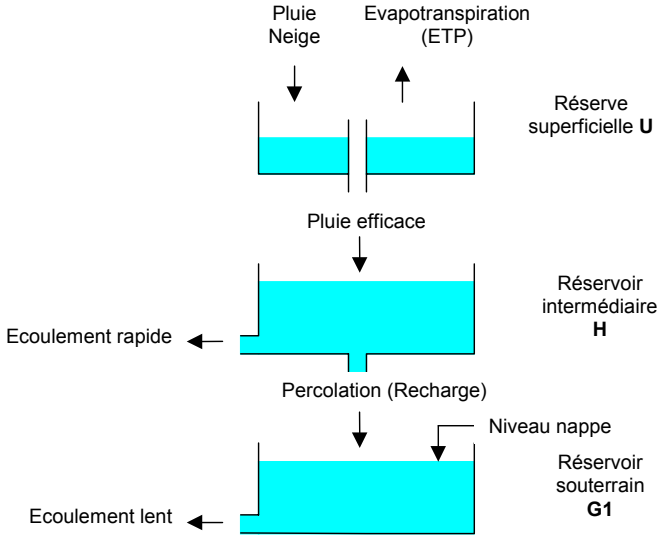
Coefficient de correction d'ETP (EvapoTranspiration Potentielle) dont le but est similaire. Sa valeur absolue ne devrait généralement pas dépasser 15 à 20 %.

### *Capacité réservoir eau gravit [B] (mm)*

C'est la capacité sur réservoir gravitaire. C'est le paramètre « B » du schéma GR3/GR4. La valeur de ce paramètre est exprimée en mm. En pratique, avec un pas de temps journalier, la valeur de ce paramètre est souvent de l'ordre de 100 à 300 mm, mais elle peut parfois atteindre 2 000 ou 3 000 mm.

# Annexe 1

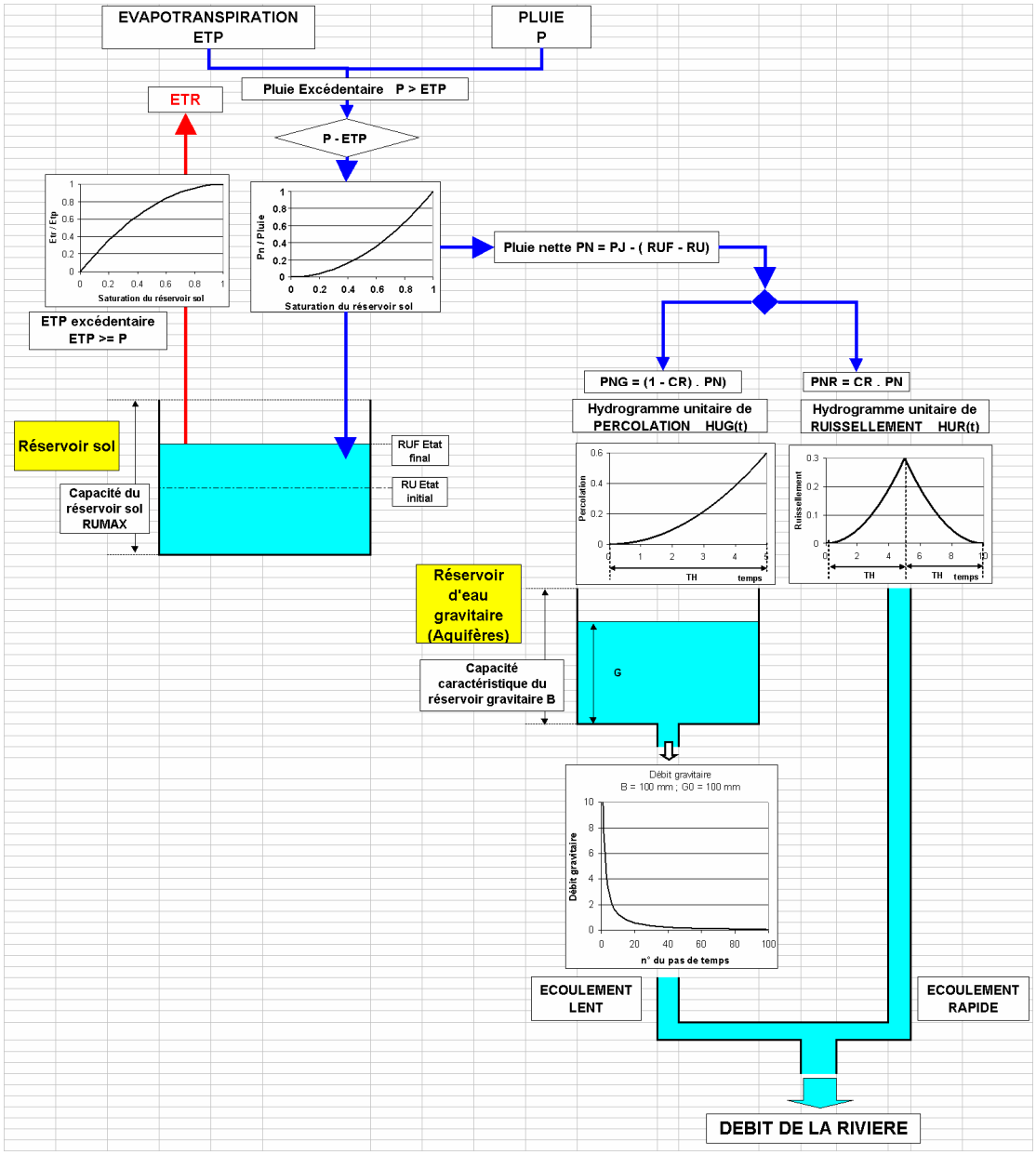
# Schéma hydrologique GARDÉNIA intégré dans le code de calcul ÉROS v.4.0




**Fonctionnement du schéma hydrologique GARDÉNIA intégré dans le code de calcul ÉROS** v.4.0

# Annexe 2

## Schéma hydrologique GR4 intégré dans le code de calcul ÉROS v.4.0




**Fonctionnement du schéma hydrologique GR4 intégré dans le code de calcul ÉROS v.4.0**

# Notations

RUMAX = Capacité du réservoir sol [L].
RU = État de remplissage du réservoir sol (en début de pas de temps) [L].
RUF = État de remplissage du réservoir sol en fin de pas de temps [L].
P = Flux instantané d'excédent de pluie [$L.T^{-1}$].
PJ = Volume d'excédent de pluie en un pas de temps [L].
ETP = Flux instantané d'excédent d'ETP [$L.T^{-1}$].
ETPJ = Volume d'excédent d'ETP en un pas de temps [L].
ETR = Flux instantané d'excédent d'Évapotranspiration Réelle [$L.T^{-1}$].
Tanh = Tangente hyperbolique [-].
DT = Durée du pas de temps de calcul [T].
dt = intervalle de temps élémentaire [T].
CR = Coefficient de ruissellement [-].
TH = Durée caractéristique des hydrogrammes unitaires [T].
G = État de remplissage du réservoir gravitaire (en début de pas de temps) [L].
GF = État de remplissage du réservoir gravitaire en fin de pas de temps [L].
B = Capacité caractéristique du réservoir gravitaire [L].

- **Fonctionnement du réservoir sol**

- **Pluie excédentaire**

Si on a un flux de pluie excédentaire P, on admet :

- un flux de ruissellement : $(RU / RUMAX)^2 . P$ ;
- d'où une variation d'état de RU : $dRU / dt = [(1 - (RU / RUMAX)^2 ] . P$ ;
- soit après intégration sur la durée du pas de temps :

$$RUF = [RU + RUMAX * Tanh(PJ / RUMAX)] / [1 + (RU / RUMAX) * Tanh(PJ / RUMAX)].$$

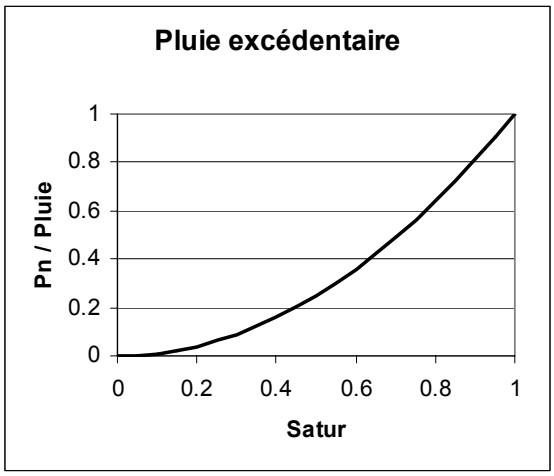



*Figure 1 - Flux de ruissellement en fonction de la saturation du réservoir sol.*

- **Évapotranspiration Potentielle excédentaire**

Si on a un flux d'Évapotranspiration Potentielle excédentaire ETP, on admet :

- un flux d'Évapotranspiration Réelle : (RU / RUMAX) . (2 - RU / RUMAX) . ETP ;
- d'où une variation d'état de RU : dRU / dt = -(RU / RUMAX) . (2 - RU / RUMAX) . ETP ;
- soit après intégration sur la durée du pas de temps :

RUF = RU * [1 - Tanh (ETPJ / RUMAX)] / [1 + (1 – RU / RUMAX) * Tanh (ETPJ / RUMAX)].

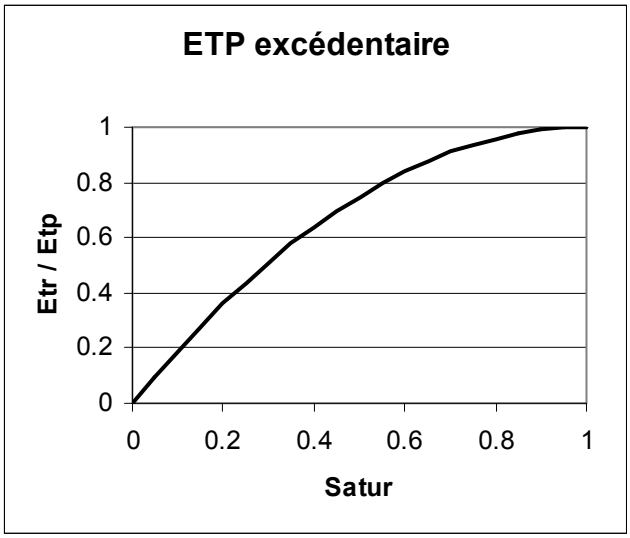



*Figure 2 : Flux d'évapotranspiration réelle en fonction de la saturation du réservoir sol.*

- **Transfert de l'excédent de pluie d'une part vers l'exutoire et vers le réservoir souterrain gravitaire**

Dans le cas 1.1.1 d'un flux de pluie excédentaire, on obtient une pluie nette PN excédentaire :

- PN = PJ - (RUF - RU).

Cet excédent est distribué en deux composantes :

- PNR va produire directement du ruissellement à l'exutoire après transfert par un hydrogramme unitaire HUR ;
- PNG va rejoindre le réservoir souterrain gravitaire l'exutoire après transfert par un hydrogramme unitaire HUG.

La répartition de PN et PNR et PNG se fait par l'intermédiaire d'un coefficient de ruissellement CR compris entre 0 et 1 :

- PNR = CR . PN ;
- PNG = (1 – CR) . PN.

Les deux hydrogrammes unitaires HUR et HUG font intervenir un même paramètre TH qui est une durée caractéristique.

- **Hydrogramme unitaire pour la percolation vers le réservoir gravitaire**

Soit TH la durée caractéristique, l'hydrogramme unitaire de percolation a pour équation :

- $HUG(t) = 3\ t^2 / TH^3$ pour $t <= TH$ ;
- $HUG(t) = 0$ pour $t > TH$.

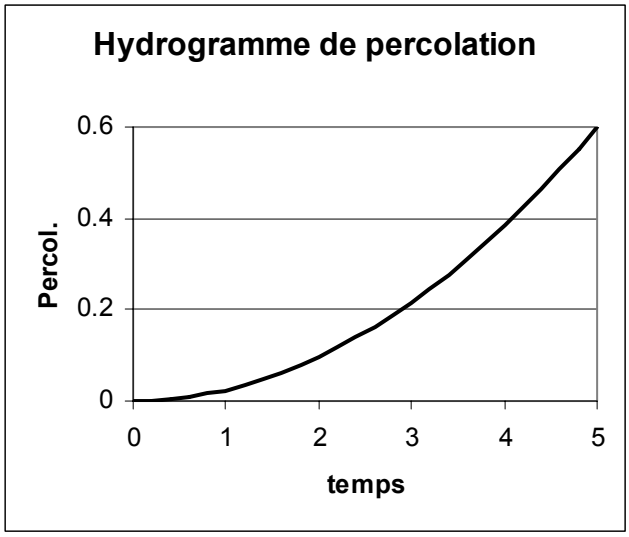



*Figure 3 - Hydrogramme unitaire de percolation.*

- **Hydrogramme unitaire du ruissellement**

L'hydrogramme unitaire de ruissellement a pour équation :

- $HUR(t) = 1.5\ t^2 / TH^3$ pour $t <= TH$ ;
- $HUR(t) = 1.5\ (2\ TH - t)^2 / TH^3$ soit le symétrique pour $TH < t <= 2\ TH$ ;
- $HUG(t) = 0$ pour $t > 2\ TH$.

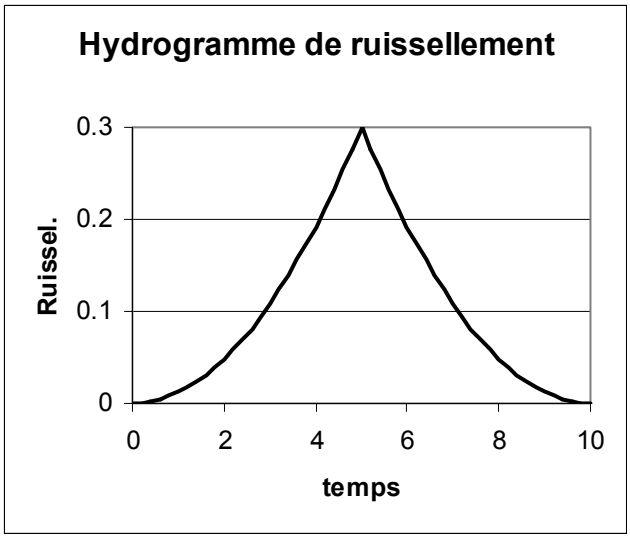



*Figure 4 - Hydrogramme unitaire de ruissellement.*

On remarque que l'hydrogramme de ruissellement HUG est symétrique. Il est composé de deux parties de mêmes formes que HUG, mais divisées par 2 car sa durée est deux fois plus longue.

- **Fonctionnement du réservoir gravitaire G**

On admet que la vidange du réservoir G est fonction de son niveau G à la puissance 5 :

- $-dG / dt = qG = a . G^5$ (a étant une constante de dimension $[L^{-4}T^{-1}]$.

En intégrant cette loi de vidange sur la durée DT du pas de temps, on obtient en notant G le niveau en début de pas de temps, GF le niveau en fin de pas de temps et B la capacité caractéristique du réservoir :

- $GF^{-4} - G^{-4} = 4 . a . DT.$

soit en notant :

- $B = (4 . a . DT)^{-1/4}$ de dimension [L]

on obtient :

- $GF = (G^{-4} + B^{-4})^{-1/4}$.

Il convient de remarquer que le paramètre B n'est pas intrinsèque, car dépend de la durée DT du pas de temps. Il ne faudrait donc le prendre en compte, si on utilisait ce schéma avec un pas de temps DT variable.

Par exemple pour un même paramètre a, on obtient le pas de temps suivant :

| Pas de temps (j) | 1 | 5 | 10 | 30 |
|---|---|---|---|---|
| Capacité B (mm) | 200 | 134 | 112 | 85,5 |

On note par ailleurs les caractéristiques suivantes :

| Niveau initial G / B | Niveau final GF / B | Différence (GF – G) / B |
|---|---|---|
| Infini | B | Infini |
| 2 | 0,97 | 1,03 |
| 1 | 0,841 | 0,159 |
| 0.5 | 0,492 | $7,5\ 10^{-3}$ |
| 0,25 | 0,24976 | $2,4\ 10^{-4}$ |
| 0.1 | $0,1^{-}$ | $2,5\ 10^{-6}$ |

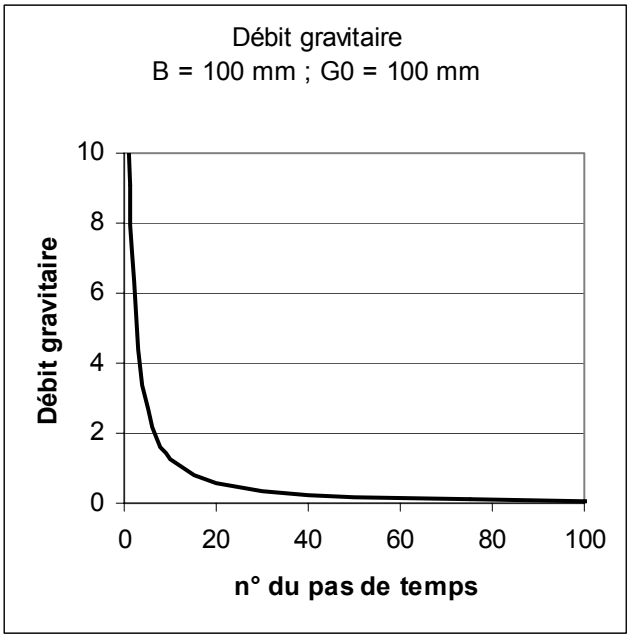



*Figure 5 - Débit sortant du réservoir gravitaire.*

## Références bibliographiques

**Edijatno, Michel, C.** (1989) - Un modèle pluie-débit à trois paramètres. *La Houille Blanche*, n° 2, p. 113-121.

**Thiéry D.** (1988) - Forecast of changes in piezometric levels by a lumped hydrological model. *Journal of Hydrology* 97 (1988), pp. 129-148.

**Thiéry D.** (2003) - Logiciel GARDÉNIA version 6.0. Guide d'utilisation. Rapport BRGM n° RP-52832-FR.

**Thiéry D.** (2004a) - Le modèle GARDÉNIA avec procédures adaptatives. Note technique NT EAU 2004/01.

**Thiéry D.** (2004b) - Prévision de débits ou de niveaux avec le modèle hydrologique global GARDÉNIA 6.5. Note technique NT EAU 2004/02.

**Thiéry D.** (2004c) - Description succincte du modèle GARDÉNIA. Note technique NT EAU 2004/03.

# Annexe 8

# Liste et coordonnées des contacts fournisseurs de données pour les différentes simulations

| Type de données | Dénomination | Organisme gestionnaire | Dernière actualisation des données | Fournisseur de données | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Nom des contacts | | email |
| Pluie journalière | Saint-Dizier | Météo France | Jusqu'au 31/08/05 | Achat à la climathèque METEOFRANCE | | |
| | Sailly | Météo France | Jusqu'au 31/08/05 | | | |
| | Louvemont | Météo France | Jusqu'au 31/08/05 | | | |
| | Châtillon | Météo France | Jusqu'au 31/07/05 | | | |
| | Reims | Météo France | Jusqu'au 31/08/05 | | | |
| | Melun | Météo France | Jusqu'au 31/08/05 | | | |
| ETP Penman décadaire | Saint-Dizier | Météo France | Jusqu'au 31/08/05 | | | |
| | Reims | Météo France | Jusqu'au 31/08/05 | | | |
| | Melun | Météo France | Jusqu'au 31/08/05 | | | |
| Débit journalier | Marne - Saint-Dizier La Noue | DIREN - CHA | Jusqu'au 2/05/04 | Achat à la Banque HYDRO du MEDD | François DAHY | Francois.DAHY@champagne-ardenne.ecologie.gouv.fr |
| | Blaise - Pont-Varin | DIREN - CHA | Jusqu'au 24/02/05 | | | |
| | Marne - Frignicourt | DIREN - CHA | Jusqu'au 6/07/05 | | | |
| | Saulx - Vitry-en-Perthois | DIREN - CHA | Jusqu'au 25/04/04 | | | |
| | Marne - Châlons | DIREN - CHA | Jusqu'au 6/07/05 | | | |
| | Marne - La Ferté | DIREN - IDF | Jusqu'au 6/09/05 | | Pierre JAVELLE | Pierre.JAVELLE@ile-de-France.ecologie.gouv.fr |
| | Marne - Gournay | DIREN - IDF | Jusqu'au 6/09/05 | | | |
| Débits instantannés à 8 h | Marne - Saint-Dizier La Noue | IIBRBS | Jusqu'au 9/09/05 | Gerard VILLON | | gerard.villon@IIBRBS.fr |
| | Marne - Frignicourt | IIBRBS | Jusqu'au 9/09/05 | | | |
| | Blaise - Louvemont | IIBRBS | Jusqu'au 9/09/05 | | | |
| | Dérivation Marne - Saint-Dizier-L'Abbaye | IIBRBS | Jusqu'au 9/09/05 | | | |
| | Dérivation Blaise | IIBRBS | Jusqu'au 9/09/05 | | | |
| | Restitution Marne - Arrigny | IIBRBS | Jusqu'au 9/09/05 | | | |
| | Restitution Blaise - Tour | IIBRBS | Jusqu'au 9/09/05 | | | |
| | Restitution Droyes - Giffaumont | IIBRBS | Jusqu'au 9/09/05 | | | |
| Débits 15 jours | Prise AEP - Acqueduc de la Dhuys | SAGEP | Jusqu'à fin août 05 | Jan-Luc LEFEVRE | | lefevre.jl@eaudeparis.fr |
| | | | | Manon ZAKEOSSIAN | | Zakeossion@eaudeparis.fr |
| Débits mensuels | Prise AEP - Annet | CGE | Jusqu'en avril 05 | Alain DANO | | alain.dano@generale-des-eaux.net |
| Débits journaliers | Prise AEP - Neuilly | CGE | Jusqu'en mai 05 | Virginie BRANCHEREAU | | virginie.branchereau@gererale-des-eaux.net |
| Débits annuels | Prise AEP - Saint-Maur | Ville de Saint-Maur | Jusqu'en 2003 | Véronique JOVY | | JOVY.Veronique@AESN.fr |
| Débits annuels | Prise AEP - Meaux | Ville de Meaux | Jusqu'en 2004 | | | |
| Débits mensuels | Prise AEP - Joinville | SAGEP | Jusqu'en mai 05 | F. BOURSIER | | boursier@eaudeparis.fr |
| Débits mensuels | Canal de l'Ourcq | Service des canaux de la ville de Paris | Jusqu'en mars 05 | Jacques TOUZAN | | Jacques.Touzan@paris.fr |

**Etude Marne IIBRBS 2005**
**Liste et coordonnées des contacts fournisseurs de données pour les différentes simulations**

**Centre scientifique et technique**
**Service eau**
3, avenue Claude-Guillemin
BP 6009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34