

SILURES Bretagne (Système d'Information pour la Localisation et l'Utilisation des Ressources en Eaux Souterraines)

Rapport d'avancement de l'année 4

BRGM/RP-55001-FR
novembre 2006

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2005 EAU C32



B. Mougin

Avec la collaboration de
A. Carn, J-P. Jégou et G. Quéméner

Vérificateur :

Nom : Anne CARN
Date : 14 novembre 2006

(Original signé)

Approbateur :

Nom : Michel LECLERCQ
Date : 16 novembre 2006

(Original signé)

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



Mots clés : SILURES, eaux souterraines, hydrogéologie, géologie, géophysique aéroportée, forages, modélisation, hydrogramme rivières, Côtes d'Armor, Finistère, Morbihan, Ille-et-Vilaine, Bretagne

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante : MOUGIN B., collaboration : CARN A., JEGOU J-P. et QUEMENER G. (2006) - SILURES Bretagne - Rapport d'avancement de l'année 4 - BRGM/RP-55001-FR - 61 p., 23 ill., 5 ann.

Synthèse

Le programme SILURES Bretagne propose - à partir des données existantes (levés géophysiques aéroportés, forages recensés dans la Banque du Sous-Sol, hydrogrammes des rivières) mises en forme, interprétées et complétées - la création d'une base de données sur les eaux souterraines couvrant l'ensemble de la région Bretagne. Cet ensemble doit permettre, à terme, de mieux gérer les ressources bretonnes en eau souterraine.

Ce programme, d'une durée de 5 ans, est financé par l'Agence de l'Eau Loire Bretagne, le Conseil Régional de Bretagne, les Conseils Généraux des Côtes d'Armor, du Finistère, d'Ille-et-Vilaine et du Morbihan, le Syndicat Mixte départemental de Gestion des eaux en Ille-et-Vilaine, et le BRGM.

Ce rapport constitue un état d'avancement de la 4^{ème} année du projet SILURES Bretagne qui s'est focalisée sur : 1) l'interprétation des données des forages et sur 2) l'interprétation des hydrogrammes des cours d'eau.

1) L'interprétation des données des forages a été décomposée en trois parties :

- la recherche de forages complémentaires sur les départements bretons

En années 3 et 4, la base informatique de données des forages a été alimentée par plus de 1 500 forages supplémentaires dans l'optique d'une valorisation future de ces nouvelles données (795 forages avaient été ajoutés lors des deux premières années). Le nombre total de forages informatisés dans la base est de 12 127 ouvrages sur toute la Bretagne.

Parmi ces 1 500 ouvrages, 298 forages ont été localisés précisément sur le terrain : dans des communes faiblement représentées en forages et également sur des formations géologiques nécessitant d'être mieux caractérisées par des forages (informations géologiques et hydrogéologiques). Les 1 200 ouvrages restants ont été extraits de la Banque du Sous-Sol.

- la réalisation d'une carte d'intérêt hydrogéologique des aquifères de socle breton

Une carte géoréférencée (au format vecteur) permettant de hiérarchiser les formations géologiques entre elles en fonction de leur intérêt hydrogéologique a été réalisée (image de la perméabilité des roches et de l'importance des écoulements souterrains). Pour chaque formation suffisamment renseignée par des forages, un indice global a été calculé à partir de leurs débits instantanés (débits obtenus à la foration). Cet indice varie de 0 à 45.

Le fond de carte est celui de la carte géologique synthétique de la Bretagne à l'échelle du 1/250 000 (Rabu D. et al., 2001).

La carte représente une sélection des zones les plus intéressantes pour l'exploitation de l'eau souterraine, celles où l'accès à cette eau apparaît le plus facile. A l'échelle de la région Bretagne, ces zones semblent être situées majoritairement au Nord du cisaillement Nord Armoricaïn.

Les caractéristiques hydrogéologiques ne sont pas équivalentes partout. La répartition et la fréquence des situations favorables sont très inégales selon les formations géologiques et les secteurs géographiques. Cette hétérogénéité marquée entre le Nord et le Sud de la Bretagne ne doit pas conduire à des conclusions manichéennes sur la présence ou l'absence d'eau souterraine.

- l'interprétation des informations géologiques et hydrogéologiques

La nature et l'état de la roche traversée ainsi que la localisation des différentes arrivées d'eau lors de la foration sont des informations, fournies par les entreprises de forage, qui permettent d'approcher la géométrie des réservoirs aquifères (épaisseurs des milieux altérés et fissurés) à l'échelle de la Bretagne.

Ce travail a été mené sur plus de 12 000 forages recensés et nouvellement repérés sur la Bretagne en précisant la fiabilité de l'interprétation et l'épaisseur des horizons géologiques rencontrés.

2) Les hydrogrammes de 24 cours d'eau (débits journaliers exportés de la Banque HYDRO) ont été modélisés à l'aide du logiciel BRGM Gardénia[®], et à partir des données climatiques du secteur (achetées à Météo-France).

Ce travail, réalisé - depuis le début du programme - sur 62 bassins versants (BV), a permis de quantifier la contribution des eaux souterraines aux débits des cours d'eau : celle-ci varie de 38 à 83 % (respectivement BV de la Rance et de la Noë Sèche). La participation moyenne est d'environ 55 %.

Une classification des bassins en 3 catégories a été mise en place : bassins à forte contribution des eaux souterraines (apport souterrain supérieur à 60 %), bassins à assez bonne contribution des eaux souterraines (de 51 à 59 %), et bassins à contribution moyenne des eaux souterraines : le ruissellement est majoritaire (inférieur ou égal à 50 %).

Une superposition des 62 bassins modélisés avec la carte d'intérêt hydrogéologique des aquifères de socle breton permet de commencer à formuler des conclusions :

- les bassins versants septentrionaux des Côtes d'Armor (Guindy, Evron...) et du Finistère (Horn, Queffleuth...) sont caractérisés par des roches relativement conductrices où la vidange des stocks d'eau souterraine ainsi que le renouvellement des réserves doivent être plus rapides (roches plutoniques,

volcaniques et métamorphiques). Au niveau de ces bassins, la participation des eaux souterraines aux débits des cours d'eau est plutôt élevée (supérieure à 58-59 %) ;

- de la même façon, pour les bassins situés au Nord de l'Ille-et-Vilaine (Guyoult, Couesnon...), la participation des eaux souterraines aux débits des cours d'eau est assez bonne (supérieure à 55 %) ;
- à l'inverse, les bassins versants situés en Centre Bretagne (Steir, Aulne, Oust, Meu, Vilaine...) sont contrôlés par des formations géologiques peu conductrices où les déstockages par les aquifères (altérites et milieu fissuré) doivent être plus lents. Ces roches sont métasédimentaires (schistes Briovérien et schistes et grès Primaire). Sur ces bassins à faible contribution des eaux d'origine souterraine aux débits des cours d'eau, le ruissellement est majoritaire (apport souterrain inférieur à 50 %) ;
- au Sud Bretagne, selon la carte d'intérêt des aquifères de socle, les roches plutoniques et métamorphiques sont généralement peu conductrices mais peuvent être localement plus perméables (formations situées le long du cisaillement Sud Armoricaïn). Les bassins versants caractérisés par ces formations ont des contributions des réservoirs souterrains aux débits des cours d'eau assez variables (apport souterrain de 50 à 59 %). Les participations des eaux souterraines les plus faibles (50-52 %) se trouvent sur les bassins composés uniquement de formations peu conductrices (Odet, Scorff, Semnon).

Le projet SILURES Bretagne s'achèvera fin 2007 à l'issue de sa 5^{ème} année par la réalisation de la base de données et des cartes de synthèse à l'échelle du 1/250 000.

Sommaire

1. Rappel du contexte et des objectifs du projet SILURES Bretagne	11
1.1. CONTEXTE	11
1.2. DUREE DU PROJET	12
1.3. OBJECTIF	12
1.4. ORGANIGRAMME TECHNIQUE DU PROJET	13
2. Interprétation des données de forages	15
2.1. DESCRIPTION DES DONNEES DES FORAGES	15
2.1.1. Origine et nature des données de base	15
2.1.2. Utilisation et valorisation des données dans le cadre du projet.....	16
2.2. RECHERCHE DE FORAGES COMPLEMENTAIRES SUR LES DEPARTEMENTS BRETONS	16
2.2.1. Recherche de forages supplémentaires menée en année 3.....	17
2.2.2. Recherche de forages supplémentaires menée en année 4.....	20
2.2.3. Informatisation des données recherchées.....	25
2.3. REALISATION D'UNE CARTE D'INTERET HYDROGEOLOGIQUE DES AQUIFERES DE SOCLE BRETON	27
2.3.1. Objectif et méthode utilisée	27
2.3.2. Mise en forme du fond géologique	28
2.3.3. Carte d'intérêt hydrogéologique des aquifères de socle breton	29
2.4. INTERPRETATION DES INFORMATIONS GEOLOGIQUES ET HYDROGEOLOGIQUES	33
2.4.1. Objectif et méthode de travail.....	33
2.4.2. Echelle de fiabilité de l'interprétation	33
2.4.3. Découpage et dénomination des milieux rencontrés.....	34
2.4.4. Exemple d'application dans le département du Finistère	35
2.4.5. Interprétation des données géologiques et hydrogéologiques des Côtes d'Armor	37
2.4.6. Interprétation des données géologiques et hydrogéologiques du Morbihan	37
2.4.7. Interprétation des données géologiques et hydrogéologiques d'Ille-et- Vilaine	38
2.4.8. Interprétation des piézomètres du projet SILURES Suivi.....	38
2.4.9. Résultats obtenus.....	39

3. Interprétation des hydrogrammes de rivières	43
3.1. TRAVAIL A REALISER DANS LE CADRE DU PROJET	43
3.2. CHOIX DES BASSINS A MODELISER	43
3.3. ACQUISITION DES DONNEES	46
3.3.1. Données météorologiques	46
3.3.2. Hydrogrammes des rivières	46
3.4. MODELISATION DES HYDROGRAMMES DES RIVIERES	48
3.4.1. Validation et mise en forme des données	49
3.4.2. Calage des paramètres du modèle	51
3.4.3. Résultats corrigés sur les bassins versants du Scorff et de l'Evel	53
3.4.4. Résultats obtenus sur les 24 bassins versants	54
3.5. CONCLUSION ET COMPARAISON DES BASSINS EN FONCTION DES RESULTATS OBTENUS	55
4. Planification du travail de l'année 5	59
5. Conclusion	61
6. Bibliographie	63

Liste des illustrations

Illustration 1 - Organigramme technique du projet SILURES Bretagne	14
Illustration 2 - Nombre de forages recensés dans la base de données (après les recherches de forages complémentaires des années 1 et 2)	16
Illustration 3 - Localisation des communes visitées lors de l'inventaire de l'année 3 - Département du Finistère	18
Illustration 4 - Localisation des communes visitées lors de l'inventaire de l'année 3 - Département des Côtes d'Armor	19
Illustration 5 - Carte géologique synthétique du Massif Armoricaïn à l'échelle du 1/250 000 (Rabu D. et al., 2001)	21
Illustration 6 - Localisation des formations géologiques peu renseignées et des secteurs de prospection de terrain	22
Illustration 7 - Résultats de la recherche de forages complémentaires sur les formations géologiques « sous-renseignées » (terrain et BSS)	24
Illustration 8 - Nombre de forages recensés dans la base de données (après la recherche de forages complémentaires des années 3 et 4)	25

Illustration 9 - Répartition par commune et localisation des forages recensés sur la région Bretagne (base de données SILURES Bretagne, novembre 2006)	26
Illustration 10 - Carte d'intérêt hydrogéologique des aquifères de socle de Bretagne (échelle 1/250 000)	31
Illustration 11 - Observations précisées lors de l'interprétation des données de forages	34
Illustration 12 - Exemple des résultats d'interprétation des forages d'eau (BV de l'Horn, Finistère)	36
Illustration 13 - Résultats sur la fiabilité de l'interprétation.....	39
Illustration 14 - Représentation schématique des types de forages d'eau selon les horizons rencontrés en foration	40
Illustration 15 - Résultats sur la géométrie des réservoirs aquifères.....	40
Illustration 16 - Nombre de forages de la base SILURES Bretagne caractérisant les interfaces des horizons géologiques.....	41
Illustration 17 - Bassins versants retenus et stations hydrométriques associées.....	44
Illustration 18 - Localisation des 24 bassins versants modélisés lors des années 3 et 4 du projet	45
Illustration 19 - Périodes d'extraction des pluviométries et ETP journalières à Météo-France	47
Illustration 20 - Périodes d'extraction des débits journaliers de la Banque HYDRO	48
Illustration 21 - Schéma du cycle de l'eau	49
Illustration 22 - Modèle Gardénia [®] et organisation des réservoirs	52
Illustration 23 - Synthèse des résultats obtenus sur les bassins modélisés au cours des quatre premières années du projet.....	56

Liste des annexes

Annexe 1 Courrier de la Préfecture de Région - Courrier du Conseil Général d'Ille-et-Vilaine - Compte-rendu de réunion du comité de pilotage de mars 2004 - Compte-rendu de réunion du comité de pilotage de juin 2005	65
Annexe 2 Communes concernées par la recherche de forages complémentaires (années 3 et 4)	75
Annexe 3 Champs lexicaux des foreurs du Morbihan - Champs lexicaux des foreurs d'Ille-et-Vilaine.....	83
Annexe 4 Régressions climatiques des 24 bassins versants - Comparaison de la lame d'eau et des pluies efficaces	93
Annexe 5 Paramètres retenus pour les modélisations Gardénia [®] - Résultats obtenus suite aux modélisations Gardénia [®] - Modélisation Gardénia [®] , Calage des paramètres des bassins versants - Modélisation Gardénia [®] , Débits mesurés et calculés des bassins versants - Débits annuels rapides et souterrains des bassins versants - Débits mensuels moyens interannuels des bassins versants.....	107

1. Rappel du contexte et des objectifs du projet SILURES Bretagne

1.1. CONTEXTE

La gestion des ressources en eau implique la prise en compte des eaux souterraines. Celles-ci interviennent de façon non négligeable, voire prépondérante, dans l'alimentation des rivières, le transfert des éléments dissous et la satisfaction des besoins. En milieu de socle tel que la Bretagne, la prise en compte de la variabilité spatiale des caractéristiques du sous-sol et des paramètres qui régissent l'emmagasinement et l'écoulement des eaux souterraines reste difficile.

Des données existent (forages recensés, régime des cours d'eau...), des méthodologies ont été mises au point et testées (typologie des bassins versants, modélisation des écoulements...), et des outils d'acquisition des paramètres de terrain tels que la porosité sont disponibles (géophysique par résonance magnétique protonique - RMP). De plus, une campagne de prospection géophysique aéroportée a été réalisée au cours de l'été 1998 pour le compte du Ministère de l'Industrie. L'ensemble constitue une importante source d'informations sur la constitution et la nature du sous-sol.

Compte-tenu de ces différents constats, le projet SILURES (Système d'Information pour la Localisation et l'Utilisation des Ressources en Eaux Souterraines) a été mis en place par le BRGM Bretagne en collaboration initialement avec le Conseil Régional Bretagne, les Conseils Généraux du Morbihan, du Finistère et des Côtes d'Armor, l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne, et la Direction Régionale de l'Environnement Bretagne.

Ce projet SILURES se décompose en trois projets menés en parallèle :

- SILURES Bretagne qui propose - à partir des données existantes (aéromagnétisme, forages recensés, régime des rivières...) mises en forme, réinterprétées et complétées - la création d'une base de données sur les eaux souterraines couvrant l'ensemble du territoire régional ;
- SILURES Bassins versants qui est une application du projet SILURES Bretagne à certains bassins versants, avec une acquisition de données nouvelles afin de réaliser des cartes de paramètres spécifiques tels que l'extension des différents réservoirs aquifères, la porosité des réservoirs par géophysique, les débits instantanés obtenus en foration ou les volumes d'eau stockés ;
- SILURES Suivi qui conçoit un réseau de surveillance pour palier au manque de données fiables concernant l'amplitude des fluctuations saisonnières des différentes entités aquifères du territoire breton, et ainsi anticiper certaines mesures et avoir une meilleure appréciation de la réserve.

Le présent rapport détaille l'avancement du projet SILURES Bretagne.

1.2. DUREE DU PROJET

La durée du projet SILURES Bretagne a été fixée à 5 ans de 2002 à 2006.

Suite au désistement d'un partenaire financier potentiel, le BRGM Bretagne a sollicité des fonds FEDER en 2003.

Suite au courrier de la Préfecture de Région du 12 mars 2004 précisant la non sanctuarisation du projet SILURES (cf. annexe 1), évoqué lors du 3^{ème} comité de pilotage du programme SILURES le 17 mars 2004, les partenaires ont demandé au BRGM de représenter le projet à la nouvelle équipe du Conseil Général d'Ille et Vilaine, ce dernier ayant décliné l'offre à l'époque (cf. compte-rendu en annexe 1).

La démarche a été entreprise par le BRGM en 2004-2005 et le Conseil Général d'Ille-et-Vilaine a été invité au 4^{ème} comité de pilotage du programme SILURES le 2 juin 2005 (cf. compte-rendu en annexe 1).

Devant les perspectives positives du projet, le Conseil Général d'Ille-et-Vilaine, par courrier en date du 12 juillet 2005 (cf. annexe 1), a informé le BRGM qu'il souhaitait intégrer le partenariat et qu'il financerait sa partie sur les 2 années 2006-2007, avec l'aide du Syndicat Mixte départemental de Gestion des eaux en Ille-et-Vilaine.

Ces différentes sollicitations ont provoqué un an de retard dans le déroulement du projet SILURES Bretagne. La période du projet est donc devenue 2002-2007.

1.3. OBJECTIF

L'objectif du projet SILURES Bretagne consiste, par la valorisation des données existantes (aéromagnétisme, forages archivés à la banque des données en sous-sol...) et l'acquisition de données nouvelles (forages non localisés, régime des cours d'eau, pluviométrie...), à réaliser une base de données sur les eaux souterraines permettant d'approcher le mode de fonctionnement des entités aquifères à l'échelle de la Bretagne, le but principal étant d'appréhender la vitesse de renouvellement de l'eau des différentes nappes dans une optique de réhabilitation de la qualité des eaux souterraines et des rivières.

Cette base de données permettra la création de documents d'aide à la décision à l'échelle de la région Bretagne (1/250 000), avec notamment la création des cartes suivantes :

- secteurs où l'exploitation de l'eau souterraine doit être encouragée (zones productives),
- zones où l'inertie du milieu physique est la plus faible favorisant les actions de reconquête de la qualité de l'eau à court terme.

1.4. ORGANIGRAMME TECHNIQUE DU PROJET

La durée du projet a été fixée à cinq ans avec la répartition suivante :

- les trois premières années sont dédiées à l'interprétation et à la valorisation des données,
- la quatrième année à la création de la base de données,
- la cinquième année à la création et à l'édition des documents de synthèse.

Dans les faits, l'interprétation et la valorisation des données se sont poursuivies lors de la quatrième année tout en créant les objets qui alimenteront la base de données.

L'organigramme technique du projet est rappelé en illustration 1 (page suivante).

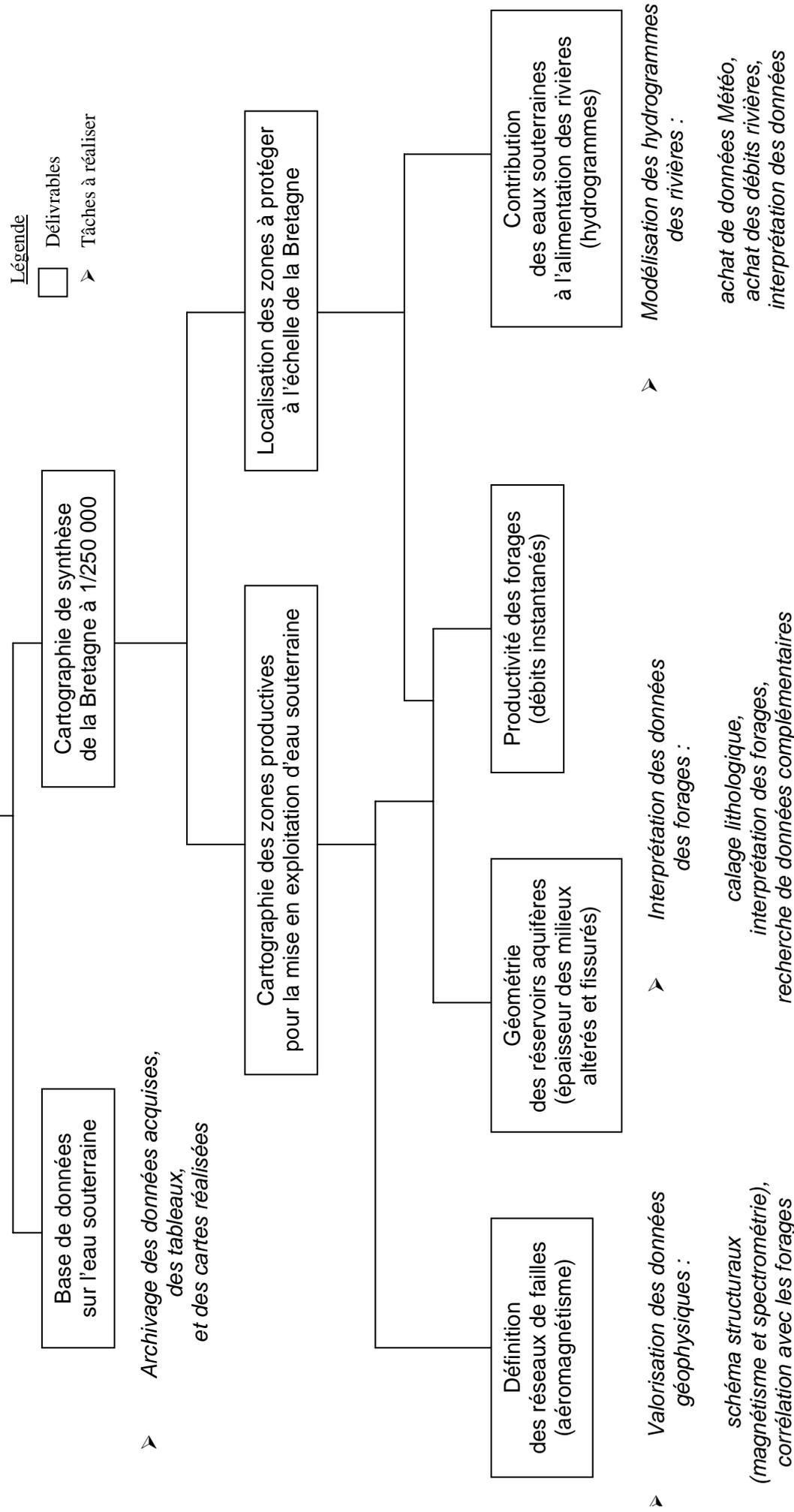
Les cartes de synthèses définies au dernier paragraphe ci-dessus (point 1.3.) seront réalisées grâce à plusieurs cartes de paramètres (définies en bas de l'organigramme de l'illustration 1). La création de ces cartes passe par trois phases d'interprétation et de valorisation des données existantes :

- la valorisation des données aéromagnétiques,
- l'interprétation des données de forages,
- la modélisation des hydrogrammes des rivières.

Le rapport d'avancement de l'année 3 (BRGM/RP-53621-FR) s'était focalisé sur la valorisation des données de géophysique aéroportée.

L'objet de ce rapport est de faire l'état d'avancement de la 4^{ème} année du projet, et de présenter les résultats issus de l'interprétation des données de forages (chapitre 2) et de la modélisation des hydrogrammes des rivières (chapitre 3).

Illustration 1 - Organigramme technique du projet
SILURES Bretagne



2. Interprétation des données de forages

2.1. DESCRIPTION DES DONNEES DES FORAGES

2.1.1. Origine et nature des données de base

En application du Code Minier (articles 131 et 132, titre VIII du Livre I), environ 25 000 forages sont recensés en Bretagne. Seuls les forages possédant une localisation géographique suffisamment précise et donc dotés de coordonnées géographiques, alimentent la Banque de données du Sous-Sol (BSS). Ils sont affectés d'un numéro BSS et sont saisis sur le site internet InfoTerre™^(*). Depuis 2001, les dossiers de recollement des déclarations de forage comprennent une localisation du forage sur fond IGN 1/25 000 ; après calcul des coordonnées par le BRGM, les données sont directement saisies sous logiciel informatique après affectation d'un code BSS. Les déclarations antérieures à 2001 ne comportant que le lieu dit de la commune ont été reportées sur des fiches cartonnées.

Une partie de ces forages (environ 10 000) possèdent des informations suffisamment précises (débit instantané, profondeur, géologie du terrain rencontré) pour qu'ils soient rassemblés dans un fichier informatique. Ce fichier comporte, selon le niveau de détail fourni par le foreur, les informations suivantes :

- numéro BSS du forage, commune où le forage existe,
- date de réalisation, entreprise réalisant le forage,
- coordonnées en Lambert 2 et altitude du sol au droit du forage,
- débit instantané mesuré en fin de foration, profondeur atteinte,
- diamètre de l'ouvrage, géologie rencontrée,
- niveau de la première arrivée d'eau.

A chaque forage renseigné dans la base informatique est affecté un code géologique correspondant à la formation géologique (référence aux cartes géologiques à 1/50 000 et 1/80 000 de la Bretagne) dans laquelle le forage a été implanté.

Les informations transmises par les entreprises de forage portent quasi systématiquement sur la profondeur finale de l'ouvrage et sur son débit instantané. Les autres informations, moins systématiques, concernent la nature et l'état de la roche traversée (lithologie, altération) et la localisation des différentes arrivées d'eau (fissures productives recoupées par le forage). Ces données sont de valeurs inégales car dépendant notamment du foreur, de son attention au déroulement du forage et de son aptitude à restituer ce qu'il a pu observer et mesurer.

(*) InfoTerre™ est le système d'information géographique des données publiques du BRGM, accessible à l'adresse Internet suivante : <http://infoterre.brgm.fr>

Par ailleurs, les forages ont des profondeurs variées et sont réalisés avec des objectifs différents (par exemple, pour un particulier : objectif de débit de 3 m³/h). Ces biais ainsi introduits peuvent être notables, mais peuvent être compensés par le grand nombre de forages.

2.1.2. Utilisation et valorisation des données dans le cadre du projet

Lors la 1^{ère} année du projet SILURES Bretagne, les codes géologiques affectés aux forages ont été homogénéisés pour obtenir une classification sur la région Bretagne (cf. rapport BRGM/RP-51481-FR).

Lors la 2^{ème} année du projet SILURES Bretagne (rapport BRGM/RP-52825-FR), deux autres types de travaux débutés lors de la 1^{ère} année du projet se sont poursuivis afin de valoriser les données des forages recensés :

- interprétation des données géologiques et hydrogéologiques afin de connaître la géométrie des réservoirs aquifères (milieux altérés et fissurés),
- recherche de données complémentaires dans des sites dépourvus d'information.

En 3^{ème} et en 4^{ème} année du projet, l'interprétation des données des forages a été décomposée en trois parties :

- recherche de forages complémentaires sur les départements bretons,
- réalisation d'une carte d'intérêt hydrogéologique des aquifères de socle breton,
- interprétation des informations géologiques et hydrogéologiques.

Cette valorisation des données des forages permettra à terme de réaliser les cartes suivantes à l'échelle de la Bretagne :

- géométrie des réservoirs aquifères (épaisseur des milieux altérés et fissurés),
- productivité des forages (débits instantanés).

2.2. RECHERCHE DE FORAGES COMPLEMENTAIRES SUR LES DEPARTEMENTS BRETONS

La recherche de forages complémentaires a pour but d'alimenter la base de données sur les eaux souterraines dans les secteurs de Bretagne dépourvus d'informations.

795 forages ont été ajoutés à la base lors des deux premières années du projet. Suite à ces ajouts, l'ancienne répartition du nombre de forages localisés par département était la suivante :

Ille-et-Vilaine	Morbihan	Finistère	Côtes d'Armor	Total Bretagne
2232	2729	3617	2002	10 580

Illustration 2 - Nombre de forages recensés dans la base de données (après les recherches de forages complémentaires des années 1 et 2)

Lors des 3^{ème} et 4^{ème} années du projet, les étapes suivantes ont été réalisées :

- la mise en évidence des secteurs dépourvus d'information (communes faiblement représentées en forages et/ou sur des formations géologiques nécessitant d'être mieux caractérisées par des forages),
- la récupération de certains ouvrages géoréférencés dont les informations ont été saisies dans la BSS,
- le repérage sur le terrain des forages correctement renseignés mais non localisés (la déclaration mentionne seulement un lieu-dit sur une commune et le nom du propriétaire de l'époque),
- l'insertion des caractéristiques des forages dans la base informatisée.

Le travail décrit ci-dessus a permis d'alimenter la base informatique de données des forages par plus de 1 500 ouvrages supplémentaires existants dans les quatre départements bretons. Parmi ceux-ci, environ 300 forages ont été localisés précisément sur le terrain (183 en année 3 et 115 en année 4) à partir des déclarations antérieures à 2001 (fiches cartonnées). Les 1 200 ouvrages restants ont été extraits de la Banque du Sous-Sol ; ils sont également bien localisés mais directement à partir des informations des foreurs.

2.2.1. Recherche de forages supplémentaires menée en année 3

Le recensement du nombre de forages présents sur chaque commune de Bretagne a été réalisé après l'inventaire des deux premières années. La représentation de cette répartition permet de mettre en évidence les communes (rouges et oranges) où le nombre de forages recensés est nul ou très faible par rapport aux communes voisines (cf. illustrations 3 et 4).

Ces cartes ont servi de base pour orienter le travail de repérage de terrain en année 3. Les communes « pauvres » en données de forages localisés ont donc été inventoriées. Au total, 183 forages ont été localisés sur le terrain : 57 dans le Finistère et 126 dans les Côtes d'Armor.

La liste des communes ciblées pour la recherche complémentaire et le nombre de forages complétés lors de l'année 3 du projet figure en annexe 2 (deux premiers tableaux) pour chacun des deux départements bretons.

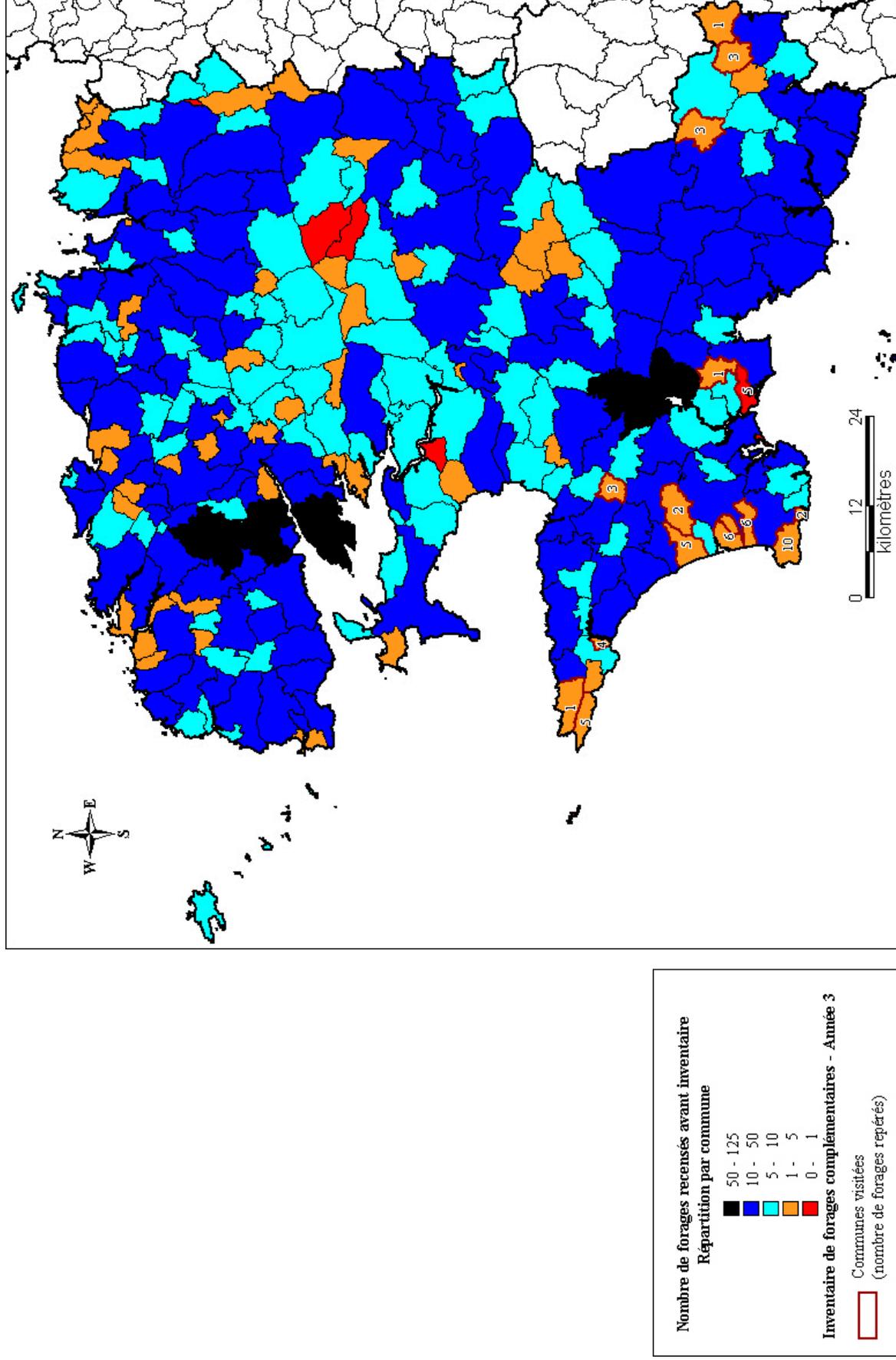


Illustration 3 - Localisation des communes visitées lors de l'inventaire de l'année 3 - Département du Finistère

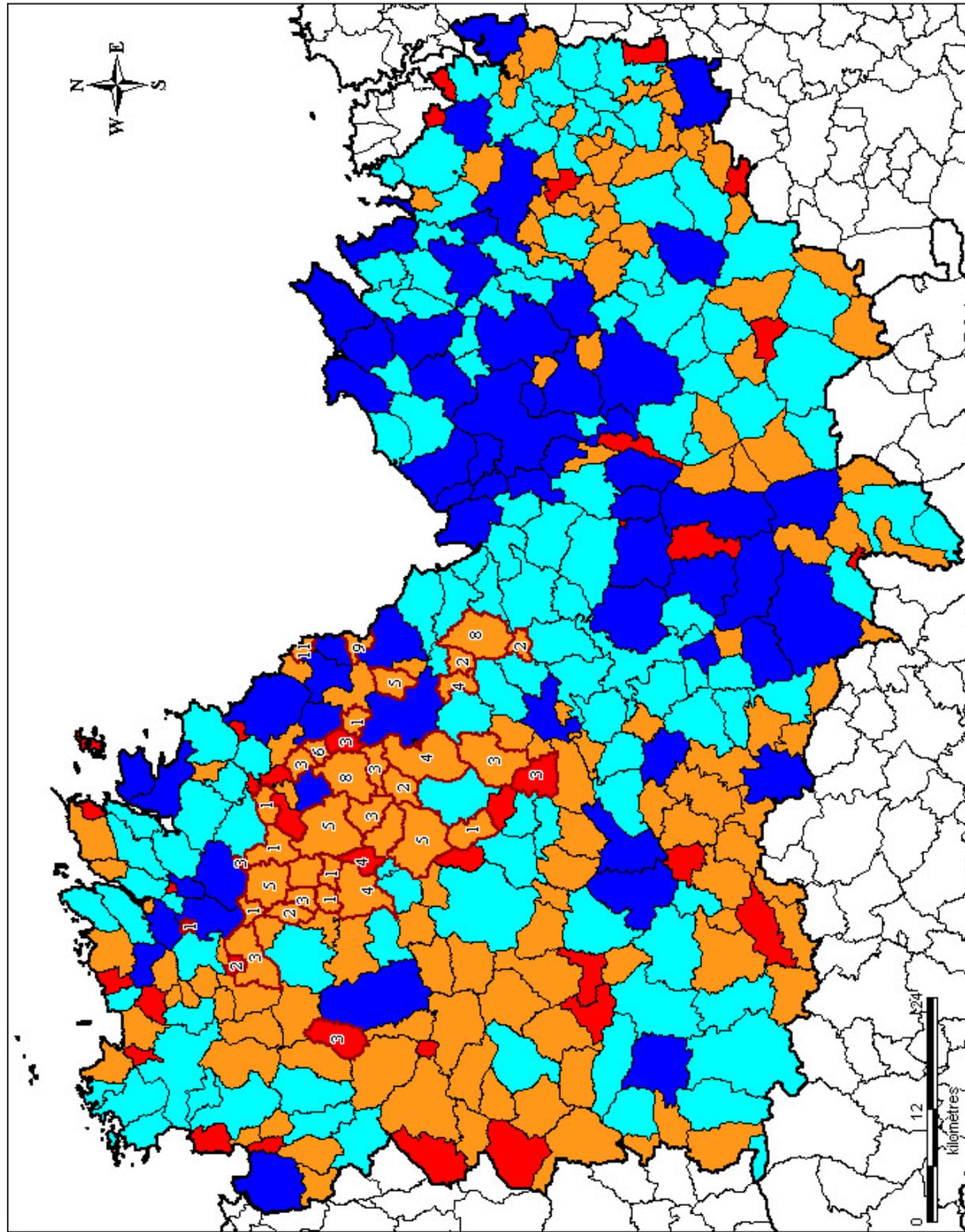


Illustration 4 - Localisation des communes visitées lors de l'inventaire de l'année 3 - Département des Côtes d'Armor

2.2.2. Recherche de forages supplémentaires menée en année 4

Le recensement du nombre de forages présents sur chaque commune de Bretagne a servi de base pour orienter le travail de repérage de terrain. Les critères suivants (classés par ordre de priorité) ont orienté le choix des communes à inventorier en année 4 :

- nombre de forages par formations géologiques (afin d'en approfondir la connaissance de leurs propriétés hydrogéologiques, cf. chapitre 2.3.),
- nombre de forages susceptibles d'être repérés sur les communes où la formation est présente,
- proximité des communes choisies (mission dans un secteur défini et non dispersé).

Les communes où des formations géologiques étaient « pauvres » en données de forages localisés ont donc été inventoriées en priorité, et selon les critères précédents des communes plus « riches » ont été approfondies.

Recensement du nombre de forages par formation géologique

L'illustration 5 présente un extrait (centré sur la Bretagne) de la carte géologique synthétique du Massif Armoricaïn à l'échelle du 1/250 000. Elle représente une synthèse des contours des formations géologiques se basant sur les cartes géologiques au 1/50 000 et 1/80 000 du BRGM. Cette carte est géoréférencée et existe au format « vecteur ». En effet, chaque polygone représente une formation géologique et à chaque contour sont associées les caractéristiques suivantes : âge de la formation, nom de groupe de formation, type, nature, batholite, lithologie, minéralogie, ère, mise en place...

Cette carte présente plus de 4 500 contours qui ont été assemblés par nom de groupe de formations géologiques en 212 contours (voir explication détaillée au chapitre 2.3.).

La carte est utilisée sous le logiciel SIG : MapInfo Professionnal (version 7.8, MapInfo Corporation, 1985-2004).

Le nombre total de forages recensés sur chacune des 212 formations a été calculé et l'illustration 6 permet de visualiser les formations géologiques « sous renseignées ».

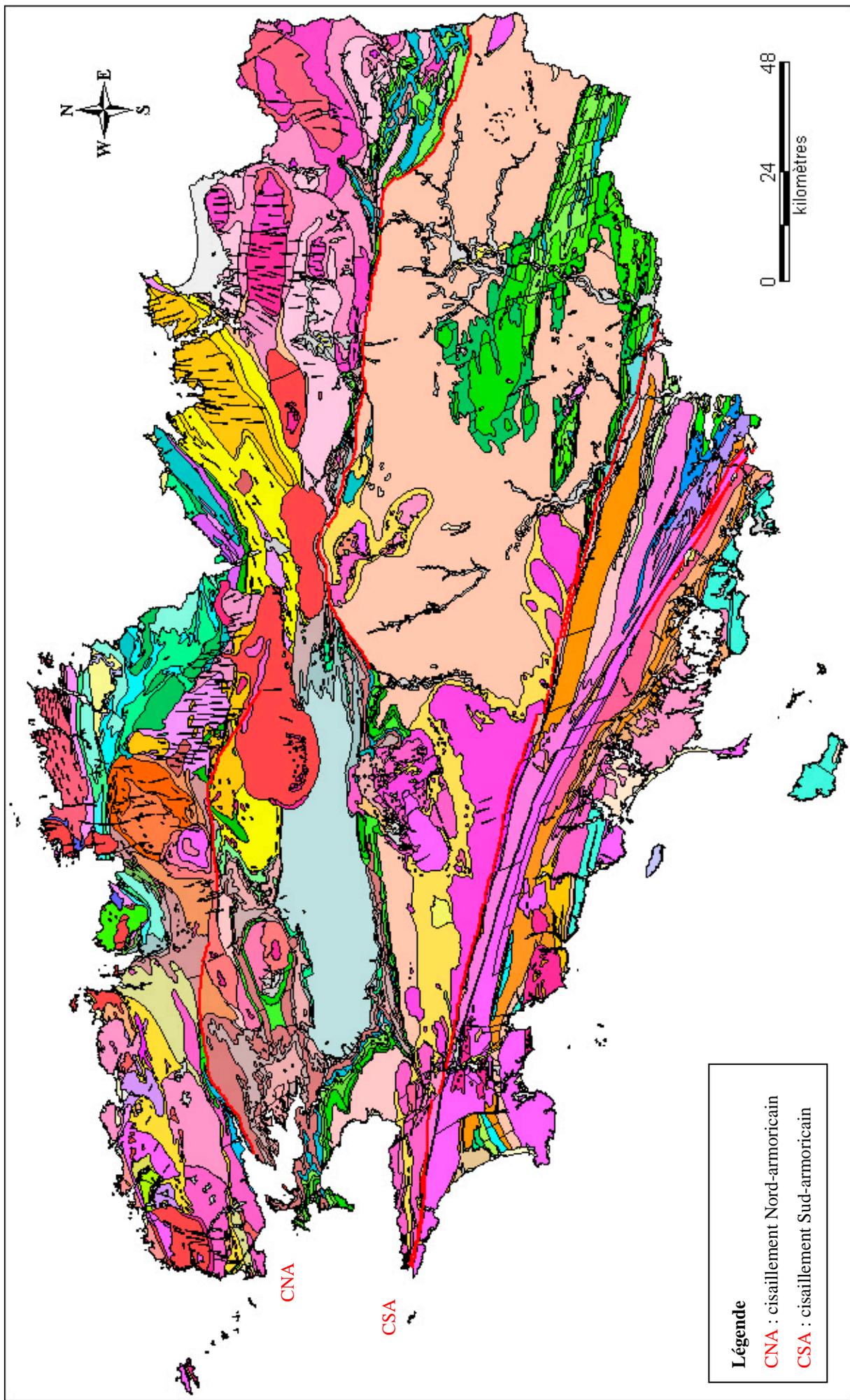


Illustration 5 - Carte géologique synthétique du Massif Armoricain à l'échelle du 1/250 000 (Rabu D. et al., 2001)

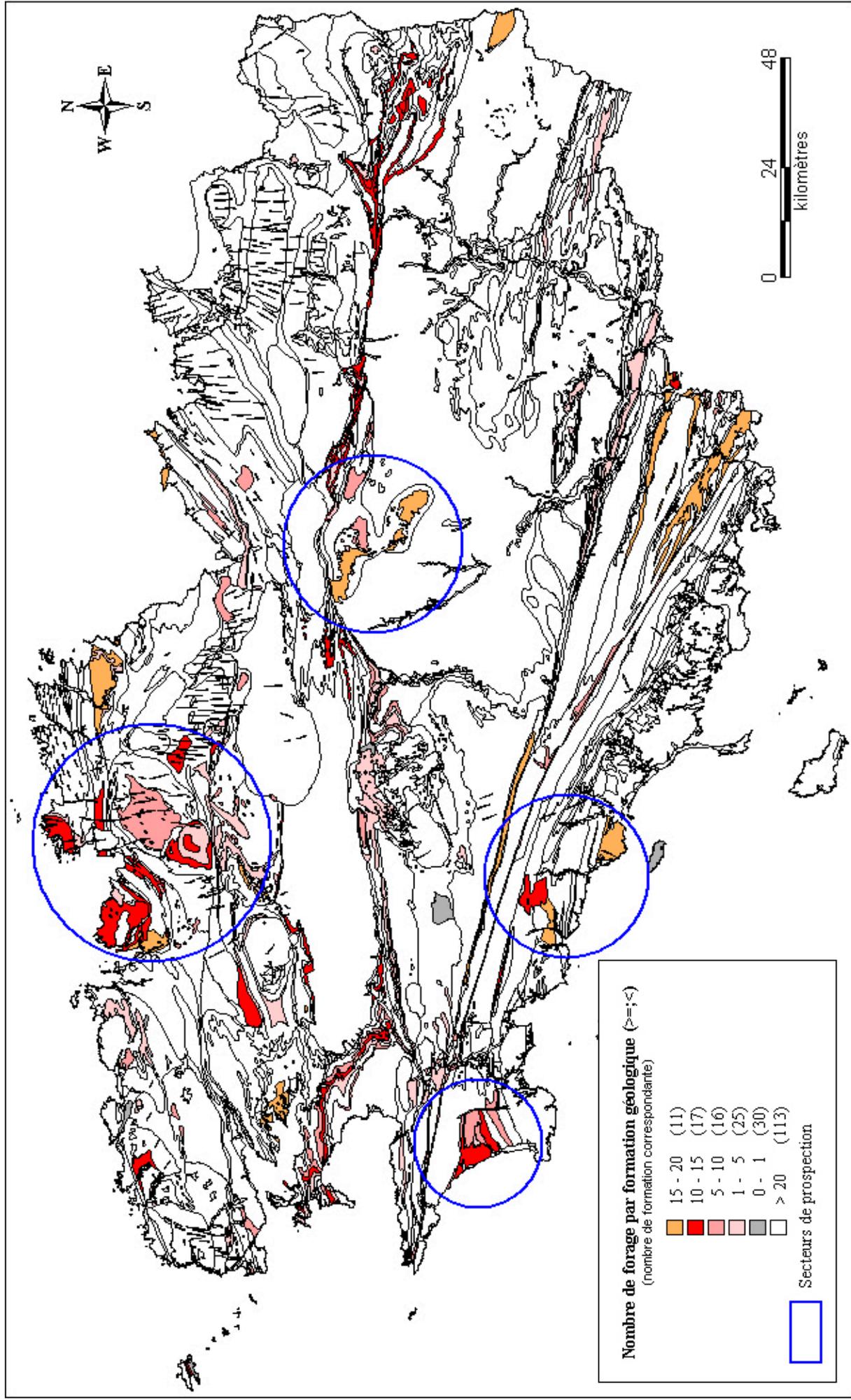


Illustration 6 - Localisation des formations géologiques peu renseignées et des secteurs de prospection de terrain

Recherche de forages complémentaires

En fonction des critères cités ci-dessus (1^{er} paragraphe du chapitre 2.2.2.), les zones suivantes ont ainsi été retenues (cf. illustration 6) :

- Sud-Est Finistère et Sud-Ouest Morbihan : aux environs des communes de RIEC-SUR-BELON, QUIMPERLE, LE TREVOUX et PLOEMEUR, LARMOR-PLAGE,
- Sud-Ouest Finistère : aux alentours des communes de PLOVAN, POULDREUZIC et TREGAT,
- Nord-Est Finistère et Nord-Ouest Côtes d'Armor : aux environs des communes de PLOUGASNOU, MORLAIX, LANMEUR, GUERLESQUIN et PLOUARET, LE VIEUX-MARCHE, PEDERNEC, LANNION, PLEUMEUR-BODOU,
- Sud Côtes d'Armor et Nord Morbihan : PLOUGUENAST, PLESSALA, GOMENE et MENEAC.

Dans les secteurs cités ci-dessus, les formations géologiques ciblées ne comportaient que peu de forages (< 20). Elles sont précisées dans l'illustration 7 (page suivante).

Le tableau de l'illustration 7 détaille sur ces formations géologiques le nombre de forages repérés sur le terrain (total de 77 forages) et le nombre de forages extraits de la BSS (108 forages), permettant ensuite de voir l'évolution du nombre de forages renseignant chaque formation géologique.

Le travail d'extraction de forages de la BSS s'est focalisé principalement sur les formations qui ne comportaient que peu de forages (exemple des communes de GROIX 56, ARGENTRE-DU-PLESSIS 35, PLOUEZEC 22 et COMMANA 29).

A partir des informations reportées sur les fiches cartonnées antérieures à 2001 (commune, lieu-dit et propriétaire à la date de la déclaration), le travail de repérage sur le terrain débute en se rendant sur place afin de localiser précisément le forage sur une carte IGN au 1/25 000, et de recueillir d'éventuelles informations complémentaires sur la qualité de l'eau, l'usage du forage (agricole, domestique, industriel...). Lors de la rencontre sur le terrain, les propriétaires ont été conciliants mais ils restent cependant très inquiets et appréhendent une taxe sur l'eau prélevée.

Tous les forages relevés sur les fiches cartonnées n'ont pu être localisés sur le terrain. En effet, certaines fois le manque d'informations administratives, l'ancienneté de réalisation du forage compliquent la recherche et la détermination du lieu du forage. Par ailleurs, lorsque le propriétaire est absent, il n'est pas toujours évident de repérer le forage : il peut être recouvert par la végétation, couvert d'une dalle ou dans un local fermé ou tout simplement dans un champ environnant.

Au total, 115 forages (dont 77 forages au droit des formations peu renseignées) ont été repérés sur le terrain avec la répartition suivante : 63 dans le Finistère, 47 dans les Côtes d'Armor et 5 dans le Morbihan.

<i>Finistère</i>					
Nom de formation	Codes géologiques	Nb de forages avant	Recherche de terrain	Forages BSS	Nb de forages après
Massif de Baye	G008-G017	14	10	1	25
Massifs de Gerlesquin, Berrien et Commana	G010-G012	14	4	3	21
Massif de Saint-Jean-du-Doigt	D021-G004	10	7	4	21
Massifs de Plonéour et Saint-Joseph	G047-N003-N033-N049	8	18	11	37
Formation de Morlaix	I003-I005-I029-I047	17	0	5	22
Formation de Lanmeur-Cosquer	N008	15	2	2	19
Formation de Tréogat	A010-M015	11	2	0	13
Formation de Penhors	M000-M006-M007	14	1	4	19
Massifs de Barnénez-Plestin	A000-A001-D024	12	1	2	15
Massifs de Trébeurden et Locquirec	N035	1	4	1	6
<i>Département des Côtes d'Armor</i>					
Nom de formation	Codes géologiques	Nb de forages avant	Recherche de terrain	Forages BSS	Nb de forages après
Massif de Ploumanac'h	G043	14	4	4	22
Formation de Plourivo	D011-E031-E068-E069-I028-Z024-Z030-Z031-Z049-Z050	19	0	20	39
Massif de Plouguenast	D012	15	0	6	21
Massif de Tonquédec	G012	5	5	6	16
Formation de Lannion	M008-S003-V000-W001	11	4	2	17
Massif de Loguivy-Plougras	G012	2	4	1	7
Massif de Pédernec	D003-D005	11	1	2	14
Massif de Saint-Guéno	G044	5	5	2	12
<i>Morbihan</i>					
Nom de formation	Codes géologiques	Nb de forages avant	Recherche de terrain	Forages BSS	Nb de forages après
Massif de Ploemeur	G031	17	3	9	29
Massif de Ménéac	G024-G033	17	2	1	20
Formation du Guerno	H002-M003	16	0	13	29
Formation de Saint-Perreux	C009-E017-I008-I012-I013-I015-Z011-Z020	20	0	4	24
<i>Département d'Ille et Vilaine</i>					
Nom de formation	Codes géologiques	Nb de forages avant	Recherche de terrain	Forages BSS	Nb de forages après
Massifs du Pertre et de Craon	G008-G040-G106	17	0	5	22

Illustration 7 - Résultats de la recherche de forages complémentaires sur les formations géologiques « sous-renseignées » (terrain et BSS)

La liste des communes ciblées pour la recherche complémentaire (terrain et BSS) et le nombre de forages complétés lors de l'année 4 du projet figure en annexe 2 (quatre derniers tableaux) pour chacun des départements bretons.

2.2.3. Informatisation des données recherchées

Suite au travail de localisation sur le terrain, un numéro BSS et un code géologique (formation géologique sur laquelle le forage se trouve) sont affectés à chaque forage et ses coordonnées en Lambert 2 sont calculées. Les informations recueillies sur le terrain ainsi que les données déjà renseignées (fiche BSS) sont rassemblés dans des fichiers informatiques.

Ces fichiers sont réalisés selon le même modèle que la base de données sur les eaux souterraines (cf. 2.1.1.), et comportent les informations suivantes :

- numéro BSS du forage, commune où le forage existe,
- date de réalisation, entreprise réalisant le forage,
- coordonnées en Lambert 2 et altitude du sol au droit du forage,
- débit instantané mesuré en fin de foration, profondeur atteinte,
- diamètre de l'ouvrage, géologie rencontrée,
- niveau de la première arrivée d'eau.

Ces différents fichiers ont été insérés à la base de données sur l'eau souterraine du projet SILURES Bretagne (enrichissement de la base avec 1 547 nouveaux forages : 298 localisés précisément sur le terrain et 1 249 extraits de la BSS avec informations associées dont les coordonnées).

Suite à cet ajout des nouveaux forages, la nouvelle répartition du nombre de forages par département est la suivante :

Ille-et-Vilaine	Morbihan	Finistère	Côtes d'Armor	Total Bretagne
2750	2962	3964	2451	12 127

Illustration 8 - Nombre de forages recensés dans la base de données (après la recherche de forages complémentaires des années 3 et 4)

Le nombre total de forages informatisés dans la base est de 12 127 ouvrages sur toute la Bretagne, soit un ajout de 449 forages dans les Côtes d'Armor, 347 dans le Finistère, 518 en Ille-et-Vilaine et 233 dans le Morbihan.

Avec, en moyenne un forage informatisé pour 2 km² de superficie, on peut considérer que même si la répartition n'est pas uniforme entre les communes, le nombre d'informations est très satisfaisant (cf. illustration 9).

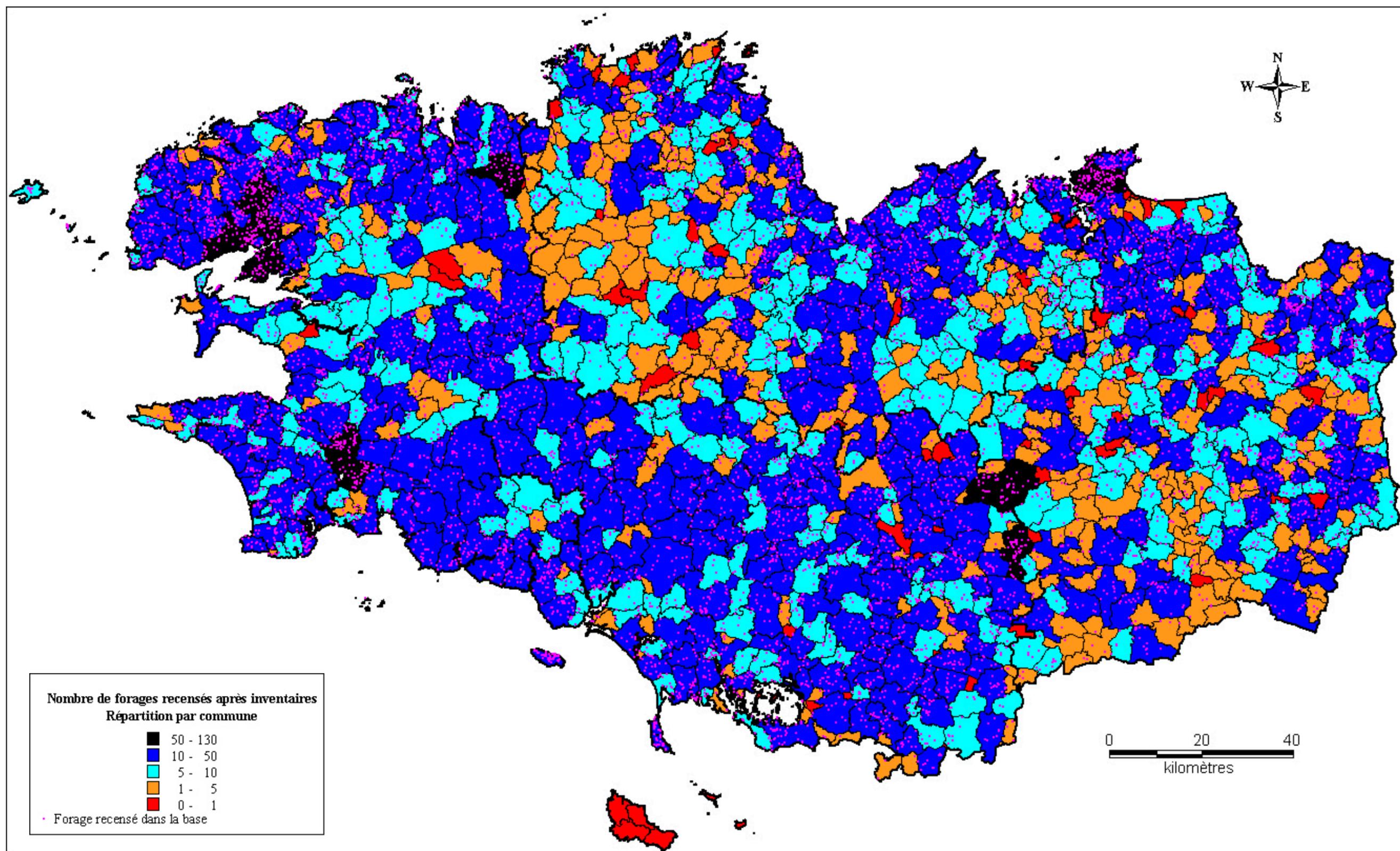


Illustration 9 - Répartition par commune et localisation des forages recensés sur la région Bretagne (base de données SILURES Bretagne, novembre 2006)

2.3. REALISATION D'UNE CARTE D'INTERET HYDROGEOLOGIQUE DES AQUIFERES DE SOCLE BRETON

2.3.1. Objectif et méthode utilisée

Objectif

L'objectif de ce chapitre est de créer une carte géoréférencée (au format vecteur) permettant de hiérarchiser les formations géologiques entre elles en fonction des résultats qu'on y observe (profondeurs et débits instantanés des forages) et de réaliser une cartographie qui est une image :

- de l'intérêt hydrogéologique des aquifères de socle,
- de la perméabilité des roches qui les constituent,
- et de l'importance des écoulements souterrains qui y existent.

Approche statistique

Pour réaliser cette carte, que nous appellerons « carte d'intérêt hydrogéologique des aquifères de socle breton », une approche statistique a dû être menée sur toutes les formations géologiques en fonction du nombre de forages recensés sur celles-ci.

Le fond géologique est celui de la carte géologique synthétique du Massif Armoricaïn à l'échelle du 1/250 000 (Rabu D. et al., 2001). La mise en forme de cette carte est détaillée au chapitre suivant 2.3.2.

Pour permettre les comparaisons, un « indice global » a été créé pour chaque formation géologique « renseignée ». Il prend en compte, en les multipliant l'un par l'autre les deux paramètres suivants (pour tenir compte de ce qu'un débit plus faible peut être compensé par des fréquences de réussite plus grandes, et vice-versa) :

- le pourcentage de forages ayant fourni un débit instantané au moins égal à 10 m³/h sur la formation géologique étudiée : selon les formations et les zones géographiques en Bretagne, ce paramètre varie de façon très significative, de moins de 5 % à plus de 50 %. Ce critère peut être considéré comme une image des probabilités de succès (que des recherches cohérentes et organisées sont susceptibles d'améliorer fortement) ;
- le débit moyen du quartile supérieur : moyenne des débits des 25 % « meilleurs forages » de chaque population concernée. Ce paramètre varie également de façon très significative en Bretagne : de moins de 10 m³/h à plus de 40 m³/h. On peut considérer que cette valeur, atteinte par le quart des forages implantés au hasard, était suffisamment fréquente pour correspondre à des conditions aquifères d'une certaine extension (les débits exploitables devraient s'en rapprocher dans le cas de recherches conduites sur des bases scientifiques). Ce paramètre pourrait être représentatif de la perméabilité des axes de drainage souterrain.

Ce classement s'applique uniquement aux formations de socle cristallin de Bretagne ; les formations de type alluvions, sables, faluns (bassins Tertiaire), dunes et cordons littoraux seront donc isolées (elles resteront en gris sur la carte d'intérêt hydrogéologique à réaliser).

Cinq classes d'intérêt, aux bornes conventionnelles, ont été définies par ordre décroissant :

- Classe 1 : indice global ≥ 10
- Classe 2 : $10 > \text{indice global} \geq 7,5$
- Classe 3 : $7,5 > \text{indice global} \geq 5$
- Classe 4 : $5 > \text{indice global} \geq 2,5$
- Classe 5 : $2,5 > \text{indice global}$

Recommandations d'utilisation des données

Il s'agit de résultats statistiques, obtenus pour des populations relativement hétéroclites, composées pour l'essentiel de forages implantés au hasard. Il ne faut exclure ni la possibilité de mettre en évidence des situations favorables dans des secteurs connus comme globalement peu intéressants, ni la possibilité d'échecs dans des secteurs globalement très favorables.

Selon les problèmes plus locaux éventuels, des « zooms » peuvent être réalisés pour chercher à obtenir des subdivisions plus fines (travail par groupement de communes ou bassin versant). Cependant, une précision supplémentaire ne peut être obtenue que si la population de forages connus et référencés est suffisante (au moins 20 forages dans la population de chaque formation géologique).

2.3.2. Mise en forme du fond géologique

La carte géologique synthétique de la Bretagne à l'échelle du 1/250 000 est représentée sur l'illustration 5. Cette carte est géoréférencée et existe au format « vecteur ». Cette carte présente plus de 4 500 contours.

Tout d'abord, la carte géologique a été utilisée et modifiée de la façon suivante :

- rassemblement sous MapInfo des formations portant le même nom. Ainsi, deux « polygones » appartenant à la même formation, mais éloignés dans l'espace, sont réunis. Il s'agit, entre autre, de simplifier l'utilisation des données : l'entité de base de l'étude n'est plus « un polygone » mais « une formation géologique » ;
- pour chaque formation géologique, ajout (dans la table attributaire des contours) de 2 colonnes d'information : le nombre de forages recensés sur la formation géologique et l'indice global calculé à partir des forages recensés sur celle-ci.

Le rassemblement aboutit à 212 contours représentant des groupes de formations géologiques. Dans la suite du rapport, ils seront appelés par défaut « formations géologiques ».

Le travail s'est poursuivi par la recherche du (ou des) code(s) géologique(s)^(*) correspondant à chacune des formations géologiques de la carte (plus de 300 codes renseignant au moins un forage - pour 212 formations). Une formation géologique peut ainsi être informée par un ou plusieurs codes (exemple : plusieurs désignations locales pour un même granite). Un code peut être caractéristique de plusieurs formations. Par ailleurs, certains codes sont différents selon les cartes géologiques mais correspondent au même type de formation recoupée. Certaines formations ne sont pas renseignées par des forages, elles resteront en blanc sur la carte d'intérêt hydrogéologique à réaliser.

Un tableau de correspondance a ainsi été réalisé par le BRGM entre : les formations géologiques issues du 1/250 000 et les codes géologiques se basant sur les cartes géologiques disponibles au 1/50 000 ou au 1/80 000.

Grâce à ce tableau de correspondance, le nombre de forages présents sur chaque formation géologique est calculé grâce à différentes manipulations : sélection sous MapInfo des forages par formation et vérification que tous les forages présents à l'intérieur du polygone correspondent bien à la formation (codes géologiques associés).

2.3.3. Carte d'intérêt hydrogéologique des aquifères de socle breton

Après avoir recensé le nombre de forages par formation, l'indice global (défini au chapitre 2.3.1.) est calculé pour toutes les formations géologiques dites « renseignées » (20 forages ou plus). Ceci explique les secteurs de recherche de forages complémentaires choisis en année 4 du projet (cf. chapitre 2.2.).

Les 212 formations géologiques de la carte sont réparties de la façon suivante :

- 14 formations géologiques autres que du socle cristallin (alluvions, sables, faluns bassins Tertiaire, dunes et cordons littoraux),
- 84 formations peu (10) ou pas renseignées (74),
- et 114 formations renseignées.

L'indice calculé pour ces 114 formations s'étend de 0 (Formation de Merrien et Massif de Baye à la limite du Sud-Ouest Morbihan et du Sud-Est Finistère) à 44,9 (Formation de Paimpol, au Nord-Ouest des Côtes d'Armor). L'indice moyen sur la Bretagne est de 5,4. La Formation de Paimpol fait figure d'exception puisque la seconde « meilleure »

^(*)Les codes géologiques proviennent des couches géologiques recoupées par les forages ; ces couches sont annotées sur les cartes géologiques disponibles au 1/50 000 ou au 1/80 000.

formation est la Formation de Fougères et Granville (au Nord de l'Ille-et-Vilaine) avec un indice de 18,9.

L'indice exceptionnel de la Formation de Paimpol située au Nord des Côtes d'Armor s'explique par une porosité particulière des roches : présence de vacuoles. Ceci est lié à la mise en place de ces roches volcaniques (Carn A., 1983, thèse sur les volcanites du Trégor).

L'illustration 10 représente, en cartographiant les classes d'indice global, les résultats de l'approche statistique par formation géologique. Le mode de représentation des couleurs des formations est détaillé au niveau de la légende de l'illustration.

Cette illustration met en évidence un découpage de la Bretagne en deux secteurs de part et d'autre du cisaillement Nord Armoricaïn (qui est également grossièrement la ligne de partage des eaux entre les cours d'eau bretons s'écoulant vers le Nord et ceux s'écoulant vers le Sud) :

- un ensemble au Nord du cisaillement où l'indice global est globalement fort à moyen (Indice > 5),
- un ensemble Sud du cisaillement où l'indice global est globalement faible à moyen au (Indice < 5).

Dans le premier ensemble, les formations géologiques apparaissent plus conductrices et la vidange des stocks d'eau souterraine ainsi que le renouvellement des réserves doivent être plus rapides.

Le second ensemble est contrôlé par des formations géologiques peu conductrices où les déstockages par les aquifères (altérites et milieu fissuré) doivent être plus lents. Néanmoins une particularité se distingue dans cet ensemble : par rapport aux formations avoisinantes, certaines formations ont un intérêt hydrogéologique :

- un peu plus fort ($5 < \text{Indice} < 7.5$) : formations granitiques situées le long du cisaillement Sud Armoricaïn (Finistère et Morbihan) et formations schisto-gréseuses et métamorphiques le long des deux branches du cisaillement Sud Armoricaïn (Morbihan),
- plus élevé ($7.5 < \text{Indice} < 10$) : Formation du Grès armoricaïn (Centre et Sud-Est de l'Ille-et-Vilaine) et Formation de Plouguenast (migmatites, au Sud des Côtes d'Armor).

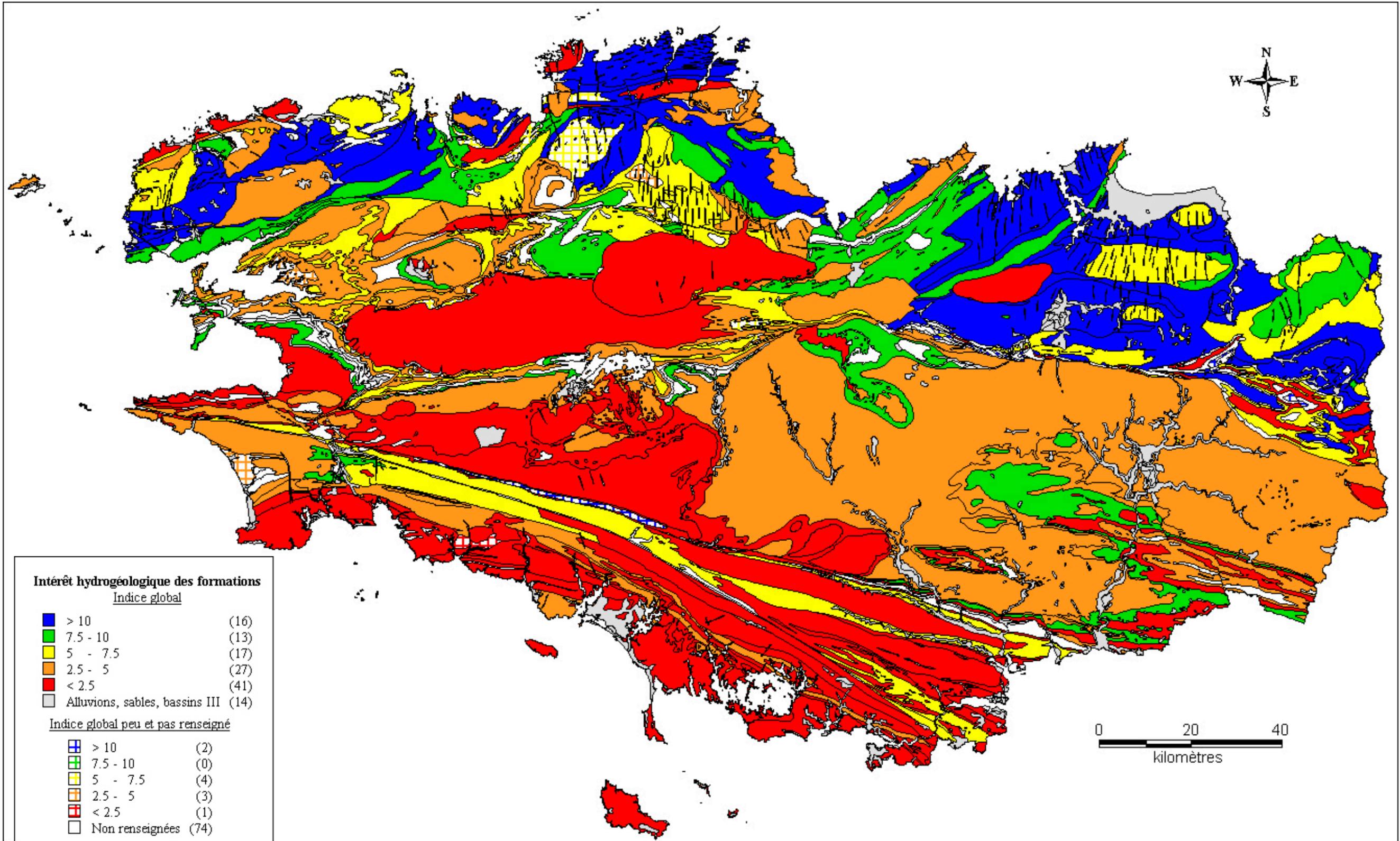


Illustration 10 - Carte d'intérêt hydrogéologique des aquifères de socle de Bretagne (échelle 1/250 000)

Une explication possible du découpage Nord Sud pourrait être l'âge des formations géologiques. En effet, le cisaillement Nord Armoricaïn partage des formations d'âges différents : les formations plus anciennes au Nord (Cadomien 700-540 Ma) pourraient avoir une altération plus poussée (plus d'altérites et de fissuration) et ainsi être meilleures conductrices d'eau souterraine.

Les formations du Sud de la Bretagne ayant localement un meilleur intérêt hydrogéologique ($5 < \text{Indice} < 7.5$) sont situées le long du cisaillement Sud Armoricaïn. Une fracturation perpendiculaire à ce cisaillement pourrait entraîner des roches localement plus conductrices.

La carte de l'illustration 10 représente ainsi (à l'échelle du 1/250 000) une sélection des zones les plus intéressantes pour l'exploitation de l'eau souterraine, celles où l'accès à cette eau apparaît le plus facile. A l'échelle de la région Bretagne, ces zones semblent être situées majoritairement au Nord du cisaillement Nord Armoricaïn.

Les caractéristiques hydrogéologiques ne sont pas équivalentes partout. La répartition et la fréquence des situations favorables sont très inégales selon les formations géologiques et les secteurs géographiques. Cette hétérogénéité marquée entre le Nord et le Sud de la Bretagne ne doit pas conduire à des conclusions manichéennes sur la présence ou l'absence d'eau souterraine.

L'interprétation de la carte de l'illustration 10 sera complétée en s'appuyant sur les autres documents réalisés dans le cadre du projet SILURES Bretagne : carte d'épaisseur des réservoirs aquifères (altérites et milieu fissuré) et carte de la fracturation régionale.

2.4. INTERPRETATION DES INFORMATIONS GEOLOGIQUES ET HYDROGEOLOGIQUES

2.4.1. Objectif et méthode de travail

L'interprétation des informations géologiques et hydrogéologiques fournies par les entreprises de forage, a pour but d'approcher la géométrie des réservoirs aquifères (épaisseurs des milieux altérés et fissurés) à l'échelle de la Bretagne. Celle-ci s'effectue à partir :

- des informations géologiques (nature et état de la roche traversée) et hydrogéologiques (localisation des différentes arrivées d'eau : fissures productives recoupées par le forage) fournies par les fiches de la Banque de données du Sous-Sol (BSS),
- et des champs lexicaux (termes utilisés) des foreurs.

Dans le cadre du projet SILURES Bretagne, la méthode de travail suivante a été adoptée :

- mise en place d'une échelle de fiabilité de l'interprétation des données,
- définition des termes utilisés pour le découpage des horizons géologiques,
- choix d'un secteur à interpréter,
- recensement des foreurs exerçant sur le secteur,
- inventaire des termes lithologiques utilisés par les foreurs,
- interprétation des données géologiques et hydrogéologiques.

Au cours des années 3 et 4 du projet, le travail décrit ci-dessus a été terminé sur les forages des Côtes d'Armor, d'Ille-et-Vilaine et du Morbihan (les forages du Finistère et une partie des forages des Côtes d'Armor ont été interprétés lors des 2 premières années du projet). Les forages ajoutés annuellement à la base SILURES Bretagne (recherche de forages complémentaires) ont également été interprétés.

En fin de 4^{ème} année du projet, le travail de découpage des horizons géologiques a donc été mené sur tous les forages localisés en Bretagne (12 127 forages).

2.4.2. Echelle de fiabilité de l'interprétation

En fonction de l'importance ou de l'absence des renseignements indiqués sur chaque forage, une échelle de fiabilité du découpage géologique a été établi de la manière suivante (BRGM/RP-51481-FR, année 1) :

- fiabilité 1, interprétation fiable : données sûres, suffisamment renseignées (il existe les côtes des bases des formations géologiques et les profondeurs des arrivées d'eau),

- fiabilité 2, interprétation estimée : découpage estimé par manque de données (il existe soit les profondeurs des arrivées d'eau soit les côtes géologiques),
- fiabilité 3, interprétation impossible : absence d'interprétation liée au manque de renseignements.

Une colonne d'observations et de remarques a été ajoutée au tableau d'interprétation des données (cf. illustration 11) : celle-ci permet de préciser les raisons entraînant une absence d'interprétation (fiabilité égale à 3) ou une difficulté d'interprétation (fiabilité 2). Parfois, l'interprétation fiable (fiabilité 1) est également renseignée.

	Fiabilité
A : Pas de coupe géologique, pas de mesure de débit	3
B : Pas de coupe géologique, un seul débit	2
C : Pas de coupe géologique, plusieurs débits	2
E : Description géologique sommaire, un seul débit	2
F : Description géologique sommaire, plusieurs débits	2
L : Coupe géologique détaillée, pas de mesure de débit	2 ou 3
J : Coupe géologique détaillée, un seul débit	2
P : L'altération est interprétée avec la première arrivée d'eau	2
K : L'horizon fissuré est décrit dans la coupe géologique comme arène + granite	1 ou 2
R : L'horizon fissuré est décrit dans la coupe géologique comme arène	1
O : Ouvrage décrit par un Bureau d'études	1 ou 2
N : Existence d'un niveau de quartz	1

Illustration 11 - Observations précisées lors de l'interprétation des données de forages

2.4.3. Découpage et dénomination des milieux rencontrés

Pour chaque interprétation de forage, l'épaisseur des formations rencontrées au niveau de chaque horizon géologique rencontré (altérites, horizon fissuré et roche saine), selon leur existence au niveau du forage, ont été relevées et informatisées.

Les catégories « altéré, fissuré, sain » ont été découpées en plusieurs sous-ensembles :

- AA : « Altéré Argileux », lorsque le matériau altéré est imperméable ;
- AP : « Altéré Perméable », lorsque le matériau altéré est assez perméable ;
 - ❖ en l'absence d'information géologique, la cote de la base de l'altération sera estimée égale à la profondeur de la première arrivée d'eau ;
- F : « Fissuré », quand le débit instantané du forage est supérieur à 3 m³/h et qu'il existe plusieurs arrivées d'eau successives espacées de moins de 30 m ;
- FF : « Faiblement Fissuré », quand le débit instantané du forage est inférieur ou égal à 3 m³/h ;

- SF : « Sain Fracturé », lorsqu'il existe encore une - voire plusieurs mais très distantes (plus de 30 m) - arrivée(s) d'eau dans la roche saine faillée ;
 - ❖ le SF est très souvent caractérisé au niveau des sondages implantés sur des photolinéaments et suivis par le BRGM ou par des bureaux d'étude ; les premières arrivées d'eau pouvant commencer à plus de 40 m ;
- S : « Sain », lorsque la roche saine est très dure par défaut (exemples : absence d'arrivées d'eau en fin de forage sur au moins 20 m, ou débit inférieur à 1 m³/h sur une profondeur supérieure à 50 m).

2.4.4. Exemple d'application dans le département du Finistère

Les forages du Finistère ont été interprétés lors des 2 premières années du projet (rapport BRGM/RP-52825-FR).

L'illustration 12 (page suivante) représente les forages présents dans la partie Sud du bassin versant de l'Horn (contour en rose) entre Landivisiau et St-Pol-de-Léon. Les résultats de l'interprétation, associés à chaque forage, concernent le milieu altéré.

Un levé de terrain a permis de cartographier les formations géologiques comportant des altérites ; celles-ci sont représentées en couleur (surfaces étagées en rouge, bleu, bleu clair et jaune, décalées par des failles) : rouge pour les altitudes les plus hautes (100-110 m) et jaune pour les plus basses (40-50 m).

Les forages d'eau sont représentés par des points bleu ou rouge selon la fiabilité de l'interprétation des informations géologiques et hydrogéologiques.

Sur l'image de gauche, l'altitude de la base des altérites est représentée (le chiffre -999 signale l'absence d'altérites). Sur l'image de droite, l'épaisseur des altérites est représentée (-999 signifie absence d'altérites).

L'illustration 12 montre la cohérence entre le travail d'interprétation et le levé de terrain.

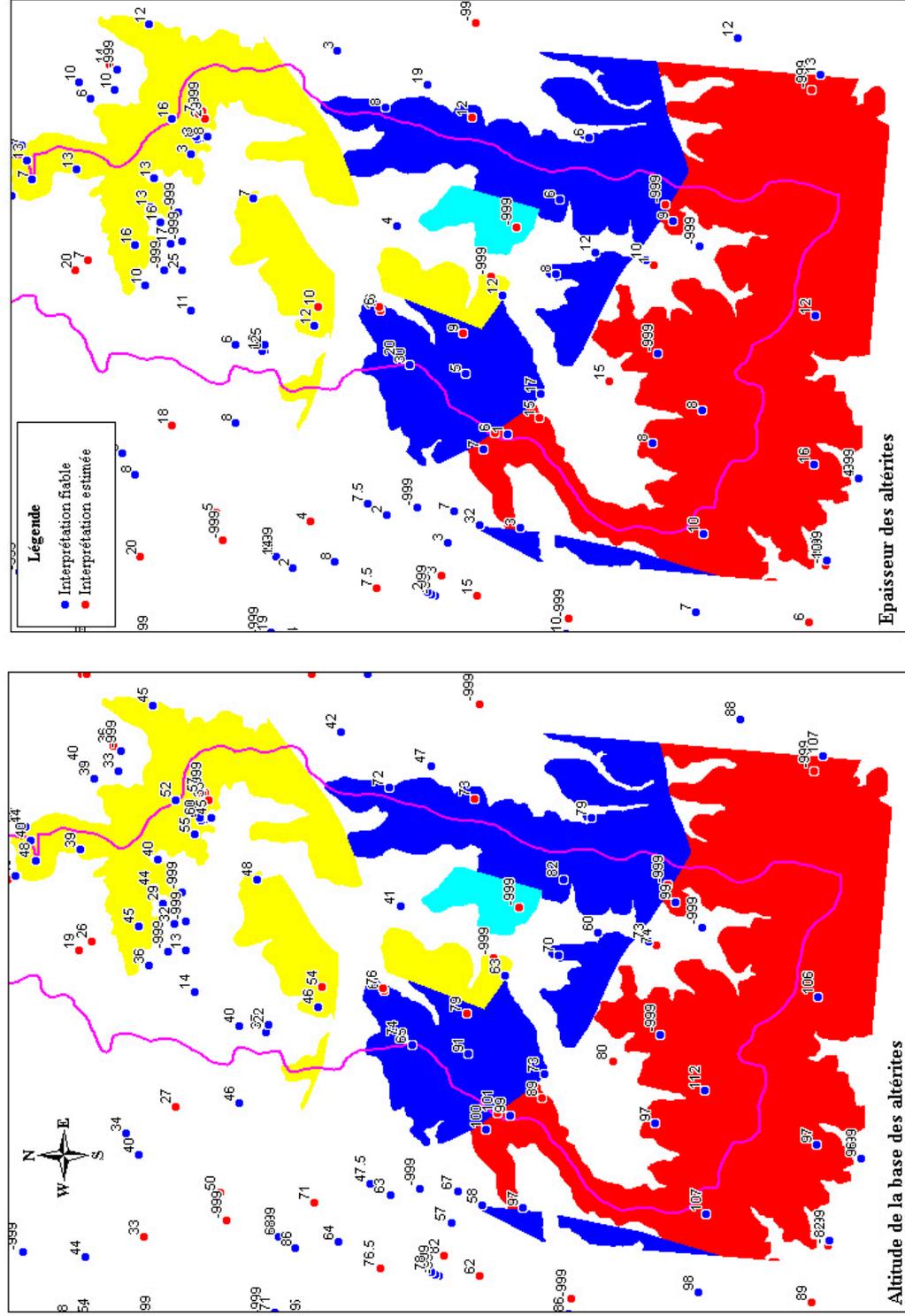


Illustration 12 - Exemple des résultats d'interprétation des forages d'eau (BV de l'Horn, Finistère)

2.4.5. Interprétation des données géologiques et hydrogéologiques des Côtes d'Armor

En fin de 3^{ème} année du projet, le travail de découpage des horizons géologiques a été mené sur tous les forages localisés des Côtes d'Armor (2474 ouvrages).

L'interprétation a été réalisée pour chaque forage, à partir des informations géologiques et hydrogéologiques fournies par la BSS, et des champs lexicaux des foreurs des Côtes d'Armor (décrits dans le rapport BRGM/RP-52825-FR).

Les résultats du travail d'interprétation de tous les forages des Côtes d'Armor montrent que l'interprétation des données est :

- fiable dans 60 % des cas (1485 ouvrages, fiabilité 1),
- estimée dans 39 % des cas (966 ouvrages, fiabilité 2),
- et impossible dans 1 % des cas (23 ouvrages, fiabilité 3).

L'estimation de l'interprétation est liée en grande partie (47 % des cas où la fiabilité est égale à 2) à une interprétation de la catégorie « B » (pas de coupe géologique, un débit), mais également aux catégories « P » (l'épaisseur du milieu altéré s'appuie sur la profondeur de la première arrivée d'eau), « E » (géologie sommaire, un débit) et « F » (géologie sommaire, plusieurs débits) de l'illustration 11 (respectivement 31, 14 et 6 % des cas).

L'impossibilité d'interprétation est due à l'absence d'information sur la géologie recoupée et sur le débit mesuré en fin de foration (cf. observation « A » de l'illustration 11).

2.4.6. Interprétation des données géologiques et hydrogéologiques du Morbihan

En fin de 3^{ème} année du projet et en début de 4^{ème} année, le travail de découpage des horizons géologiques a été mené sur tous les forages localisés du Morbihan (2979 ouvrages).

L'interprétation a été réalisée pour chaque forage, à partir des informations de la BSS, et des champs lexicaux des foreurs du Morbihan (décrits dans l'annexe 3).

Les résultats du travail d'interprétation de tous les forages du Morbihan montrent que l'interprétation des données est :

- fiable dans 38 % des cas (1138 ouvrages, fiabilité 1),
- estimée dans 61 % des cas (1824 ouvrages, fiabilité 2),
- et impossible dans 1 % des cas (17 ouvrages, fiabilité 3).

L'estimation de l'interprétation est liée en grande partie (44 % des cas où la fiabilité est égale à 2) à une interprétation de la catégorie « E » (géologie sommaire, un débit), mais également aux catégories « P » (l'épaisseur du milieu altéré s'appuie sur la profondeur de la première arrivée d'eau) et « B » (pas de coupe géologique, un débit) de l'illustration 11 (respectivement 39 et 14 % des cas).

2.4.7. Interprétation des données géologiques et hydrogéologiques d'Ille-et-Vilaine

En fin de 4^{ème} année du projet, le travail de découpage des horizons géologiques a été mené sur tous les forages localisés d'Ille-et-Vilaine (2761 ouvrages).

L'interprétation a été réalisée pour chaque forage, à partir des informations de la BSS, et des champs lexicaux des foreurs d'Ille-et-Vilaine (décrits dans l'annexe 3).

Les résultats du travail d'interprétation de tous les forages d'Ille-et-Vilaine montrent que l'interprétation des données est :

- fiable dans 45 % des cas (1238 ouvrages, fiabilité 1),
- estimée dans 54,6 % des cas (1512 ouvrages, fiabilité 2),
- et impossible dans 0,4 % des cas (11 ouvrages, fiabilité 3).

L'estimation de l'interprétation est liée en grande partie (43 % des cas où la fiabilité est égale à 2) à une interprétation de l'épaisseur du milieu altéré s'appuyant sur la profondeur de la première arrivée d'eau (cf. observation « P » de l'illustration 11), mais également aux catégories « E » (géologie sommaire, un débit), « F » (géologie sommaire, plusieurs débits) et « B » (pas de coupe géologique, un débit) de l'illustration 11 (respectivement 24, 20 et 11 % des cas).

2.4.8. Interprétation des piézomètres du projet SILURES Suivi

Les 38 piézomètres réalisés dans le cadre du projet SILURES Suivi ont été affectés d'un numéro BSS puis interprétés. Les 14 forages existants, déjà numérotés dans la BSS, ont également été interprétés.

2.4.9. Résultats obtenus

Les classes de fiabilité rencontrées par les forages interprétés sont :

Département	Nombre de forages ^(*)	Fiabilité 1 fiable	Fiabilité 2 estimée	Fiabilité 3 impossible
Finistère	4131	64 %	32 %	4 %
Côtes d'Armor	2474	60 %	39 %	1 %
Morbihan	2979	38 %	61 %	1 %
Ille-et-Vilaine	2761	45 %	54,6 %	0,4 %

Illustration 13 - Résultats sur la fiabilité de l'interprétation

La fiabilité 2 plus élevée dans le Morbihan et dans l'Ille-et-Vilaine s'explique par une moins bonne description des roches recoupées par les foreurs locaux.

Au terme de l'interprétation des données géologiques et hydrogéologiques des 12 345 forages bretons, les fichiers informatiques départementaux ont été insérés dans le fichier des caractéristiques des forages d'eau.

La base de données sur les eaux souterraines du projet SILURES Bretagne comporte donc les informations suivantes (pour chaque forage interprété) :

- numéro BSS du forage, commune où le forage existe,
- date de réalisation, entreprise réalisant le forage,
- coordonnées en Lambert 2 et altitude du sol au droit du forage,
- débit instantané mesuré en fin de foration, profondeur atteinte,
- diamètre de l'ouvrage, code géologique (géologie rencontrée),
- niveau de la première arrivée d'eau,
- épaisseur du milieu altéré (s'il existe), épaisseur du milieu fissuré (si recoupé totalement),
- chiffre correspondant à la fiabilité de l'interprétation,
- observation justifiant la fiabilité.

L'interprétation des informations géologiques et hydrogéologiques a pour but d'approcher la géométrie des réservoirs aquifères (épaisseurs des milieux altérés et fissurés) à l'échelle de la Bretagne. Des cartes seront réalisées en année 5 du projet.

^(*)Les forages ayant une fiabilité 3 ont été enlevés de la base SILURES Bretagne (218 forages en moins) qui comporte 12 127 ouvrages.

L'illustration 14 indique les différents types de forages recoupant les horizons géologiques du socle cristallin de Bretagne.

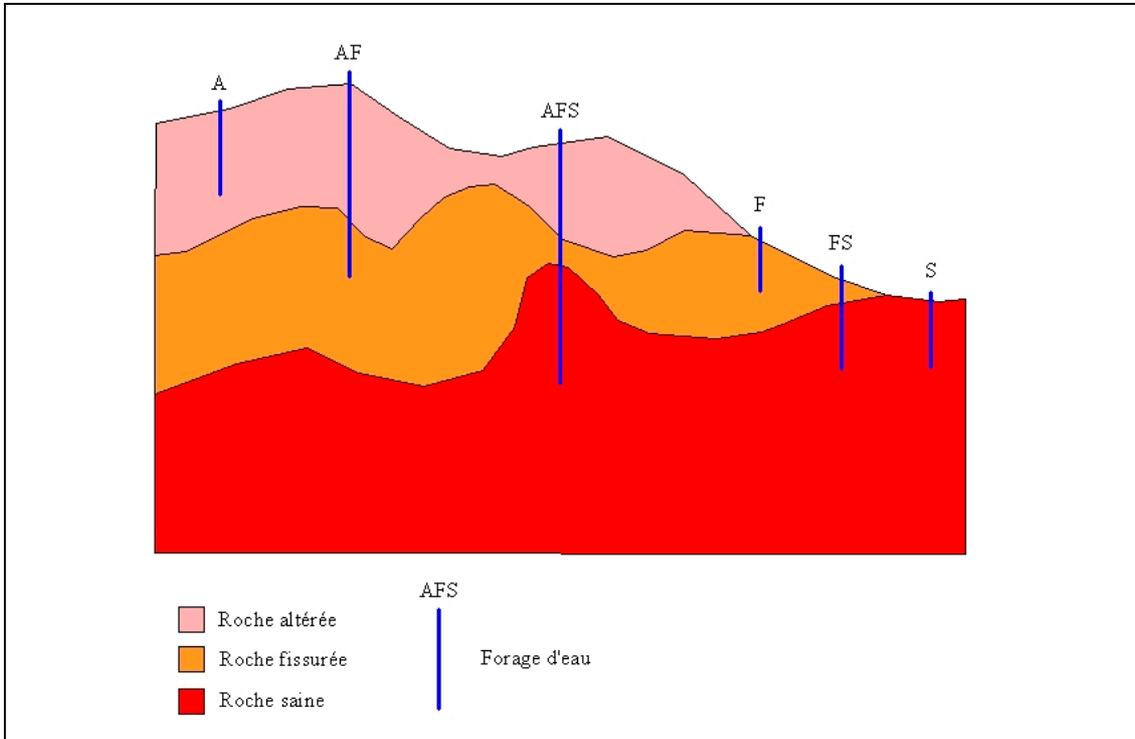


Illustration 14 - Représentation schématique des types de forages d'eau selon les horizons rencontrés en foration

Les résultats départementaux concernant la géométrie des réservoirs aquifères sont :

Département	% de forages caractérisant les altérites	Epaisseur moyenne des altérites (m)	% de forages caractérisant le milieu fissuré	Epaisseur moyenne (par défaut) du milieu fissuré (m)
Finistère	71 %	9.3	14 %	23.8
Côtes d'Armor	58 %	12.7	11 %	26.0
Morbihan	50 %	14.0	4 %	26.4
Ille-et-Vilaine	59 %	13.6	8 %	32.1

Illustration 15 - Résultats sur la géométrie des réservoirs aquifères

Pour approcher la géométrie des réservoirs aquifères (épaisseurs des milieux altérés et fissurés) à l'échelle de la Bretagne, les interfaces suivantes seront modélisées : base des altérites et base du milieu fissuré. Le nombre de points les caractérisant sont :

Département	Nb de forages caractérisant les altérites	Nb de forages caractérisant le milieu fissuré	Total des forages
Finistère	2827	568	3964
Côtes d'Armor	1427	267	2451
Morbihan	1481	113	2962
Ille-et-Vilaine	1621	207	2750
Total	7356	1155	12127

Illustration 16 - Nombre de forages de la base SILURES Bretagne caractérisant les interfaces des horizons géologiques

En complément des 1155 forages caractérisant la base du milieu fissuré par défaut (arrêt des arrivées d'eau en fin de forage sur au moins 20 m), les forages ne traversant pas totalement le milieu fissuré seront utilisés puisque l'interface devra se situer sous la profondeur du forage (environ 8000 points).

L'épaisseur des altérites sera obtenue par différence entre le modèle numérique de terrain (MNT) et la surface de base des altérites. De la même façon, l'épaisseur du milieu fissuré sera obtenue par différence entre la surface de base des altérites et la surface de base du milieu fissuré dans les secteurs où les altérites sont présentes, ou sinon entre le MNT et la surface de base du milieu fissuré.

3. Interprétation des hydrogrammes de rivières

3.1. TRAVAIL A REALISER DANS LE CADRE DU PROJET

L'objectif de cette partie est de représenter, à l'échelle de la Bretagne, la contribution globale des eaux souterraines à l'alimentation des rivières. Une carte sera alors créée à partir des contours des bassins versants au droit des stations de mesure du débit journalier des cours d'eau bretons.

La part d'apport souterrain à l'écoulement total (résultats pluriannuel, annuel et mensuel) est obtenue à la suite d'une modélisation des écoulements souterrains et superficiels en utilisant des données météorologiques (valeurs en « entrée » du modèle) et des données de débit (valeurs en « sortie » du modèle).

Plusieurs étapes sont alors nécessaires :

- recensement des stations hydrométriques et des bassins versants correspondants,
- choix des bassins à modéliser,
- achat des débits journaliers des rivières choisies,
- recensement des postes météorologiques présents sur la Bretagne,
- achat des données météorologiques existantes sur les bassins choisis,
- modélisation des hydrogrammes : calcul des parts d'écoulements souterrains participant aux débits des rivières, et approche des caractéristiques des réservoirs souterrains,
- comparaison des comportements des bassins en fonction des résultats obtenus.

3.2. CHOIX DES BASSINS A MODELISER

Plusieurs critères de choix ont été à l'origine du choix des bassins versants modélisés au cours des 3^{ème} et 4^{ème} année du projet SILURES Bretagne :

- besoin de connaissances vis-à-vis des partenaires du projet,
- correspondance entre les périodes de mesure des données climatiques et hydrométriques acquises,
- une éventuelle appartenance du bassin au programme Bretagne Eau Pure,
- existence d'une station hydrométrique (dont les mesures ont été validées) contrôlant une grande superficie du bassin versant.

En fonction des critères évoqués ci-dessus les 24 bassins versants suivants ont été choisis :

Cours d'eau	Dépt	Station hydrométrique	N° station	Superficie BV (km ²)
Noë Sèche	22	Quintin	/	8.1
Guindy	22	Plouguiel	J2034010	125
Jaudy	22	Mantallot	J2023010	164
Leff	22	Quemper-Guézenec	J1813010	339
Gouessant	22	Andel	J1313010	242
Blavet	22	Mûr-de-Bretagne [Guerlédan]	J5412110	620
Aber Ildut	29	Brélès [keringar]	J3323020	89.5
Mignonne	29	Irvillac	J3514010	70
Douffine	29	Saint-Ségal	J3834010	138
Goyen	29	Pont-Croix [Kermaria]	J4014010	89.1
Blavet	56+22	Languidic [Quellenec]	J5712130	1951
Oust	56+22	Saint-Gravé [Ecluse Le Guélin]	J8502310	2465
Couesnon	35	Romazy	J0121510	510
Nançon	35	Lécousse [Pont aux Anes]	J0014010	67
Loisance	35	Saint-Ouen-la-Rouërie	J0144010	81.5
Guyoult	35	Epiniac	J0323010	63
Néal	35	Médréac	J0626610	82
Meu	35+56	Montfort-sur-Meu [L'Abbaye]	J7353010	468
Ille	35	Montreuil-sur-Ille	J7103010	103
Illet	35	Chasné-sur-Illet	J7114010	107
Flume	35	Pacé	J7214010	93
Seiche	35	Bruz [Carcé]	J7483010	820
Semnon	35	Bain-de-Bretagne	J7633010	383
Vilaine	35	Cesson-Sévigné [Sévigné]	J7090630	854

Illustration 17 - Bassins versants retenus et stations hydrométriques associées

L'illustration 18 permet de localiser l'étendue des 24 bassins versants et les stations hydrométriques associées. Cette illustration montre également (en grisé) les 38 bassins versants modélisés lors des deux premières années du projet.

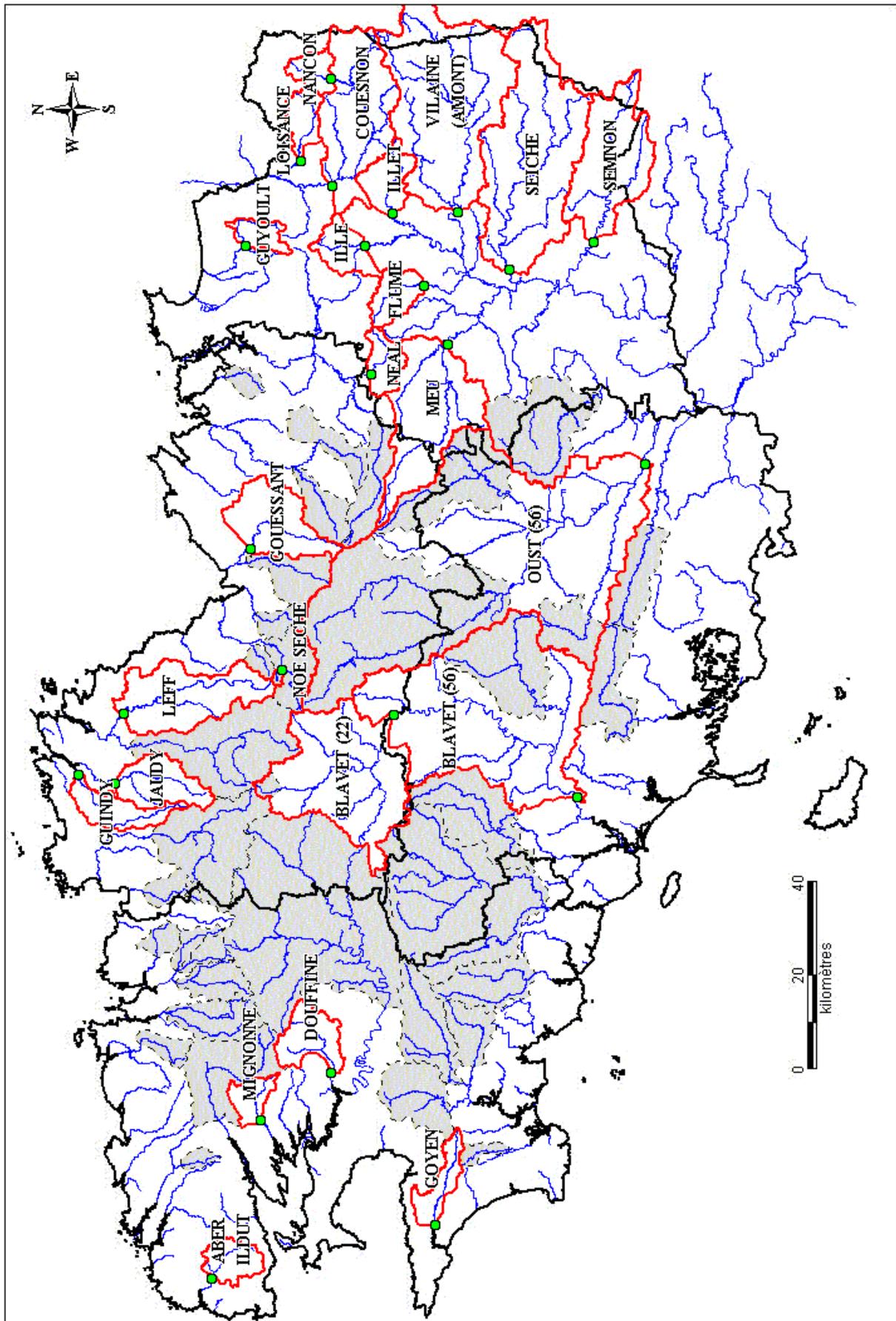


Illustration 18 - Localisation des 24 bassins versants modélisés lors des années 3 et 4 du projet

3.3. ACQUISITION DES DONNEES

3.3.1. Données météorologiques

Le BRGM Bretagne a signé une convention avec la Direction Inter-Régionale Ouest de Météo-France (2001-2004) concernant la mise à disposition des données suivantes :

- pluviométrie quotidienne issue des postes du réseau climatologique d'Etat (environ 150 postes)
- estimation de l'ETP journalière pour les stations météorologiques mesurant les paramètres nécessaires à son calcul (environ 20 stations).

Les demandes du BRGM Bretagne ont été suivies de plusieurs extractions et envois par mail du mois de novembre 2004 au mois de février 2005.

Par ailleurs, les données météorologiques extraites lors des deux premières années du projet ont été reprises et utilisées. L'illustration 19 (page suivante) détaille l'ensemble des données achetées dans le cadre du projet SILURES Bretagne.

3.3.2. Hydrogrammes des rivières

Le BRGM Bretagne dispose depuis avril 2001 d'un accès à la Banque HYDRO (Banque Nationale de Données pour l'Hydrométrie et l'Hydrologie) du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (MEDD).

En utilisant les données acquises lors des deux premières années du projet (coordonnées et caractéristiques des stations hydrométriques de Bretagne), les débits journaliers de certaines stations ont été extraits de la Banque HYDRO (cf. illustration 20).

Station climatique	N° station	Pluie/ETP	Début	Fin	Station climatique	N° station	Pluie/ETP	Début	Fin
BAUD	56010001	Pluie	2001	2003	PIPRIAC	35219002	Pluie	1994	2003
BEDEE	35023001	Pluie	1982	2003	PLELAN	35223001	Pluie	2001	2003
BLERUAIS	35026001	Pluie	1982	2003	PLEMET	22183001	Pluie	2001	2003
BRASPARTS	29016001	Pluie	1994	1996	PLESIDY	22189001	Pluie	1994	1996
BRASPARTS	29016002	Pluie	1998	2003	PLESIDY	22189002	Pluie	1996	2003
BREST GUIPAVAS	29075001	Pluie	1980	2003	PLESTAN	22193001	Pluie	1994	2003
BREST GUIPAVAS	29075001	ETP	2000	2003	PLEUCADEUC	56159001	Pluie	1994	2003
BRIELLES	35042001	Pluie	1982	2003	PLOERDUT	56163001	Pluie	2000	2003
BROUALAN	35044001	Pluie	1980	2003	PLOERMEL	56165003	Pluie	2001	2003
CAVAN	22034001	Pluie	2000	2003	PLOERMEL	56165003	ETP	2000	2003
CORPS NUDS	35088001	Pluie	1994	2003	PLONEVEZ DU FAOU	29175001	Pluie	1994	2003
DINARD	35228001	ETP	1980	2003	PLOUGONVEN	29191002	Pluie	1994	2003
ESSE	35108001	Pluie	1982	2003	PLOUGUENAST	22219003	Pluie	2001	2003
FEINS	35110002	Pluie	1982	2003	PLOUGUENAST	22219003	ETP	2001	2003
FOUGERES	35115001	Pluie	1994	2003	PLOURAY	56170001	ETP	2000	2003
GOUDELIN	22065002	Pluie	1988	2003	PLOURIN PLOUDAL	29208001	Pluie	1993	2003
GOURIN	56066001	Pluie	2000	2003	PLOZEVET	29215001	Pluie	1989	1994
GRANDCHAMP	56067002	Pluie	2000	2003	POMMERIT-JAUDY	22247002	Pluie	1994	2003
GUER	56075001	Pluie	1993	2003	POMMERIT-JAUDY	22247002	ETP	1994	2003
GUERLESQUIN	29067001	Pluie	2001	2003	PONT L'ABBE	29220002	Pluie	2001	2003
GUICHEN	35126001	Pluie	1982	2001	PONTIVY	56178003	Pluie	1994	2003
GUIPRY	35129001	Pluie	1982	1999	PONTIVY	56178003	ETP	2000	2003
GUISCRIFF	56081001	Pluie	1993	2003	QUEMENEVEN	29229001	Pluie	2000	2003
KERPENT	22092001	ETP	2001	2003	QUIMPER	29216001	Pluie	1989	1993
KERRIEN	22088001	Pluie	1980	2003	QUIMPER	29216001	Pluie	2001	2003
LA NOE BLANCHE	35202001	Pluie	1994	2003	QUIMPER	29216001	ETP	2000	2003
LA NOE BLANCHE	35202001	ETP	1994	2003	QUIMPERLE	29233003	ETP	2000	2003
LAMBALLE	22093001	Pluie	2001	2003	QUINTENIC	22261002	ETP	2001	2003
LANDEAN	35142002	Pluie	1994	2003	QUISTINIC	56188001	Pluie	1988	2003
LANDIVISIAU	29264001	Pluie	2000	2003	RENNES ST JACQUES	35281001	Pluie	1982	1999
LANDIVISIAU	29264001	ETP	2000	2003	RENNES ST JACQUES	35281001	ETP	1982	2003
LANDUDEC	29108001	Pluie	1989	2003	ROSTRENEEN	22266001	Pluie	1980	2003
LANGAN	35144001	Pluie	1982	2003	ROSTRENEEN	22266001	ETP	1980	1999
LANLEFF	22108001	Pluie	1988	2003	ROSTRENEEN	22266001	ETP	2001	2003
LANNEANOU	29114001	Pluie	1994	2003	SIBIRIL	29276001	Pluie	2001	2003
LANRELAS	22114003	Pluie	2001	2003	SIZUN	29277001	Pluie	1992	1996
LANRODEC	22116001	Pluie	1988	1993	SIZUN	29277001	Pluie	2000	2003
LANRODEC	22116003	Pluie	2001	2003	ST AUBIN DU CORMIER	35253001	Pluie	1982	2003
LANVENEZEN	56105001	Pluie	1993	2003	ST BRIEUC	22372001	Pluie	1988	1993
LE VIEUX MARCHE	22387001	Pluie	1994	2003	ST BRIEUC	22372001	ETP	2001	2003
LIFFRE	35152001	Pluie	1995	2000	ST BRIEUC	22372001	ETP	1988	1993
LIZIO	56112002	Pluie	1994	2003	ST CHRISTOPHE	35260001	Pluie	1982	2003
LORIENT LAN BIHOUE	56185001	ETP	1987	2003	ST DIDIER	35264001	Pluie	1982	2003
LOUARGAT	22135001	Pluie	2001	2003	ST DONAN	22287001	Pluie	1988	1993
LOUARGAT	22135001	ETP	2000	2003	ST DONAN	22287001	Pluie	2001	2003
LOUVIGNE	35162003	ETP	1994	2003	ST GERMAIN	35273001	Pluie	1994	2003
LUITRE	35163001	Pluie	1982	2003	ST IGEAUX	22334001	Pluie	1980	2003
MARTIGNE FERCHAUD	35167003	Pluie	1982	2003	ST JACUT LES PINS	56221001	ETP	1993	2003
MARTIGNE FERCHAUD	35167003	ETP	1994	2003	ST PERN	35307001	Pluie	1994	2003
MAURON	56127001	Pluie	2001	2003	ST RENAN	29260002	Pluie	1980	1998
MELESSE	35173001	Pluie	1994	2003	ST RENAN	29260003	Pluie	1999	2003
MELGVEN	29146001	Pluie	2001	2003	ST SEGAL	29263002	Pluie	1994	2003
MERDRIGNAC	22147006	Pluie	2001	2003	ST SEGAL	29263002	ETP	1994	2003
MONTAUBAN DE B	35184002	Pluie	1994	2003	ST VRAN	22333001	Pluie	2001	2003
MONTERFIL	35187001	Pluie	1986	2003	STE BRIGITTE	56209001	Pluie	1980	2003
MONTERFIL	35187001	ETP	1994	2003	THOURIE	35335001	Pluie	1982	2003
MOREAC	56140001	Pluie	2001	2003	TREMEUR	22389001	ETP	2001	2003
NOYAL SOUS BAZOUGES	35205001	Pluie	1994	2003	TREMOREL	22371001	Pluie	1986	2003
PENCRAN	29156001	Pluie	1992	2003	UZEL	22384001	Pluie	1998	2003
PEUMERIT	29159001	Pluie	1994	2003					

Illustration 19 - Périodes d'extraction des pluviométries et ETP journalières à Météo-France

Cours d'eau	Dépt	Station hydrométrique	N° station	Superficie BV (km ²)	Période extraite
Noë Sèche	22	Quintin	/	8.1	1999-2003
Guindy	22	Plouguiel	J2034010	125	1995-2003
Jaudy	22	Mantallot	J2023010	164	1995-2003
Leff	22	Quemper-Guézennec	J1813010	339	1989-2003
Gouessant	22	Andel	J1313010	242	1995-2002
Blavet	22	Mûr-de-Bretagne [Guerlédan]	J5412110	620	1981-1999
Aber Ildut	29	Brélès [keringar]	J3323020	89.5	1990-2003
Mignonne	29	Irvillac	J3514010	70	1993-2003
Douffine	29	Saint-Ségal	J3834010	138	1995-2003
Goyen	29	Pont-Croix [Kermaria]	J4014010	89.1	1990-2003
Blavet	56+22	Languidic [Quellenec]	J5712130	1951	1995-2003
Oust	56+22	Saint-Gravé [Ecluse Le Guélin]	J8502310	2465	1995-2003
Couesnon	35	Romazy	J0121510	510	1995-2003
Nançon	35	Lécousse [Pont aux Anes]	J0014010	67	1995-2003
Loisance	35	Saint-Ouen-la-Rouërie	J0144010	81.5	1995-2003
Guyoult	35	Epiniac	J0323010	63	1981-2003
Néal	35	Médréac	J0626610	82	1995-2003
Meu	35+56	Montfort-sur-Meu [L'Abbaye]	J7353010	468	1995-2003
Ille	35	Montreuil-sur-Ille	J7103010	103	1995-2003
Illet	35	Chasné-sur-Illet	J7114010	107	1995-2003
Flume	35	Pacé	J7214010	93	1983-2003
Seiche	35	Bruz [Carcé]	J7483010	820	1995-2003
Semnon	35	Bain-de-Bretagne	J7633010	383	1995-2003
Vilaine	35	Cesson-Sévigné [Sévigné]	J7090630	854	1989-2003

Illustration 20 - Périodes d'extraction des débits journaliers de la Banque HYDRO

3.4. MODELISATION DES HYDROGRAMMES DES RIVIERES

Des modélisations des écoulements mesurés dans les cours d'eau aux stations hydrométriques citées ci-dessus ont été effectuées avec le logiciel Gardénia[®], développé par le BRGM, afin d'évaluer, pour chaque rivière, la participation du ruissellement et des écoulements souterrains à l'écoulement global.

Les modélisations des 24 bassins versants ont été réalisées avec un modèle à deux réservoirs profonds pour simuler les deux régimes d'écoulement souterrain existant

dans les roches de socle en Bretagne : un écoulement dans les roches altérées et un écoulement plus profond dans le milieu fissuré.

Le principe de la modélisation Gardénia a été détaillé dans le rapport d'avancement de la première année du projet (BRGM/RP-51481-FR), il ne sera donc pas repris dans ce rapport.

3.4.1. Validation et mise en forme des données

Validation des données de départ

Avant l'utilisation des données brutes de débit, pluie et ETP, une phase de validation des valeurs s'avérait nécessaire. Cette étape consiste à comparer la lame d'eau écoulee sur le bassin versant (volume d'eau écoulé au niveau de l'exutoire divisé par la surface du bassin) à la totalité des pluies efficaces.

L'ETP (cf. illustration 21) représente la quantité d'eau théorique qui retourne à l'atmosphère par l'intermédiaire de l'évaporation directe ou de la transpiration des plantes avant de pouvoir s'écouler. La quantité réelle d'eau qui subit l'évapotranspiration (évapotranspiration réelle ETR) dépend d'une part des pluies tombées, et d'autre part de l'état de la Réserve Facilement Utilisable (RFU), qui représente l'eau retenue par une couche très superficielle du sol dans laquelle se produit l'évapotranspiration (zone d'influence des racines de la végétation).

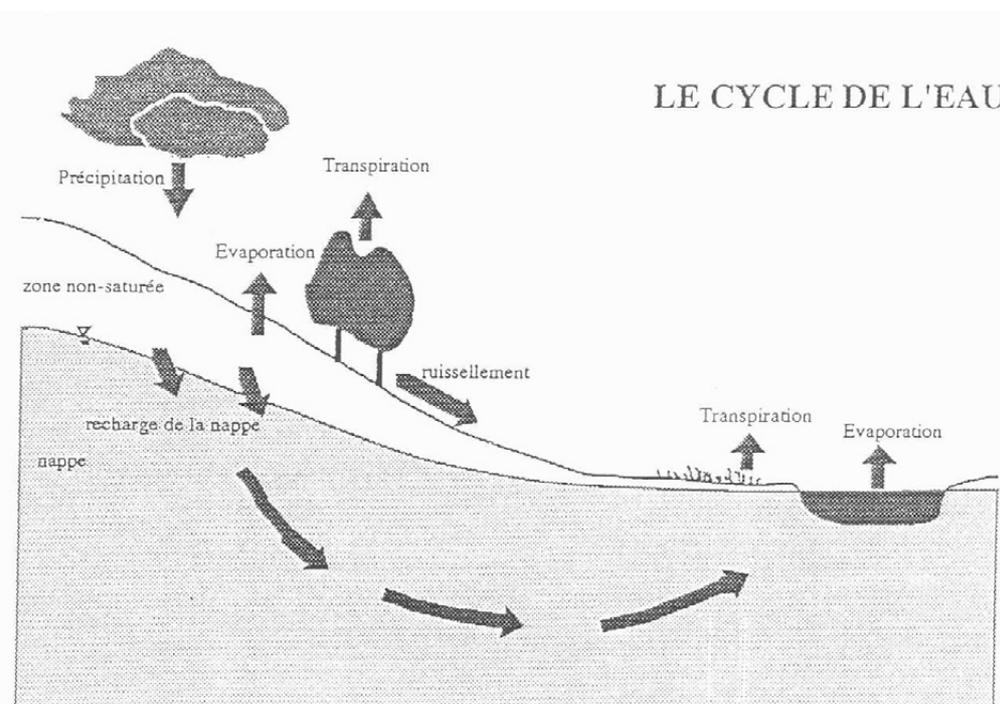


Illustration 21 - Schéma du cycle de l'eau

Les pluies efficaces représentent la quantité d'eau journalière, issue des pluies, sujette à écoulement. Cette quantité est la différence entre les pluies totales et l'ETR. Cette eau peut ruisseler (écoulement rapide) ou s'écouler par voie souterraine (écoulement lent). Le ruissellement peut être épidermique (de surface) ou hypodermique (dans la couche superficielle du sol).

La comparaison entre les pluies efficaces et la lame d'eau écoulée doit faire apparaître deux grandeurs égales puisque la totalité des pluies, participant soit au ruissellement soit à l'infiltration, doivent se retrouver au niveau de l'exutoire du bassin versant.

Mise en forme des données

Le logiciel Gardénia[®] nécessite « en données d'entrée », les pluies et ETP journalières des bassins versants étudiés. Le calcul de ces valeurs uniques (pluie ou ETP représentative de l'ensemble de la surface du bassin versant), a été réalisé à partir des données ponctuelles localisées aux stations de Météo France.

Le contour de chaque bassin versant a été recoupé avec la carte des normales de pluies interannuelles sur la période 1961-1990 (origine Météo France). Le bassin a ainsi été divisé en secteurs pluviométriques dans lesquels se situait au moins une station Météo France. Un poids proportionnel à la surface de la zone météorologique du bassin versant a alors été affecté à chaque station.

Les régressions obtenues pour les 21 bassins versants sont précisées dans le tableau de l'annexe 4 (sélection des pluies et ETP journalières des bassins versants retenus).

Comparaison de la lame d'eau et des pluies efficaces

La comparaison entre les pluies efficaces et la lame d'eau écoulée sur les bassins versants s'effectue au pas de temps de l'année hydraulique, c'est à dire de septembre à août (par exemple, l'année hydraulique 1995 se déroule du 01/09/1994 au 31/08/1995). En effet, en vue de cette comparaison, il est plus logique de considérer les pluies à partir de septembre car elles contribuent aux débits pendant la période de crue et la période d'étiage.

Les graphiques de l'annexe 4 (un graphique par bassin versant) présentent ces comparaisons.

Les adéquations entre les pluies efficaces et les lames d'eau ne sont pas tout à fait parfaites pour deux raisons :

- d'une part, le calcul de la pluie efficace utilise arbitrairement une RFU pour l'ensemble du bassin versant, or cette valeur peut être très hétérogène sur le bassin versant et peut même être en moyenne distincte de la valeur choisie,
- d'autre part, l'ETP affectée à l'ensemble du bassin versant provient d'une seule station de Météo France.

3.4.2. Calage des paramètres du modèle

Le calage consiste à ajuster les paramètres du modèle de telle sorte qu'ils permettent de calculer des débits aussi proches que possible des débits mesurés.

Les paramètres caractérisant les réservoirs de la modélisation sont les suivants (Cf. illustration 22) :

- RUMAX (mm) : Réserve Facilement Utilisable maximale du sol (RFU moyenne à l'échelle du bassin versant) = capacité du réservoir U ou réserve disponible pour l'ETP,
- RUIPER (mm) : hauteur dans le réservoir H pour laquelle il y a répartition égale entre écoulement rapide et percolation (hauteur d'équilibre ruissellement-percolation),
- TPER1 (mois) : temps de demi-percolation du réservoir H (temps caractéristique de percolation de l'eau de la surface vers la nappe) = temps de demi-montée du réservoir G1,
- TAR1 (mois) : temps de demi-tarissement du premier réservoir souterrain G1,
- TPER2 (mois) : temps de demi-percolation du réservoir G1 (temps caractéristique de percolation de l'eau du réservoir G1 au réservoir G2), = temps de demi-montée du réservoir G2,
- TAR2 (mois) : temps de demi-tarissement du deuxième réservoir souterrain G2.

Le temps de demi-tarissement est le temps au bout duquel, en l'absence de recharge du réservoir souterrain, le débit souterrain du réservoir est divisé par deux.

Le temps de demi-percolation caractérise la vitesse de réponse entre une pluie efficace et un accroissement du débit souterrain.

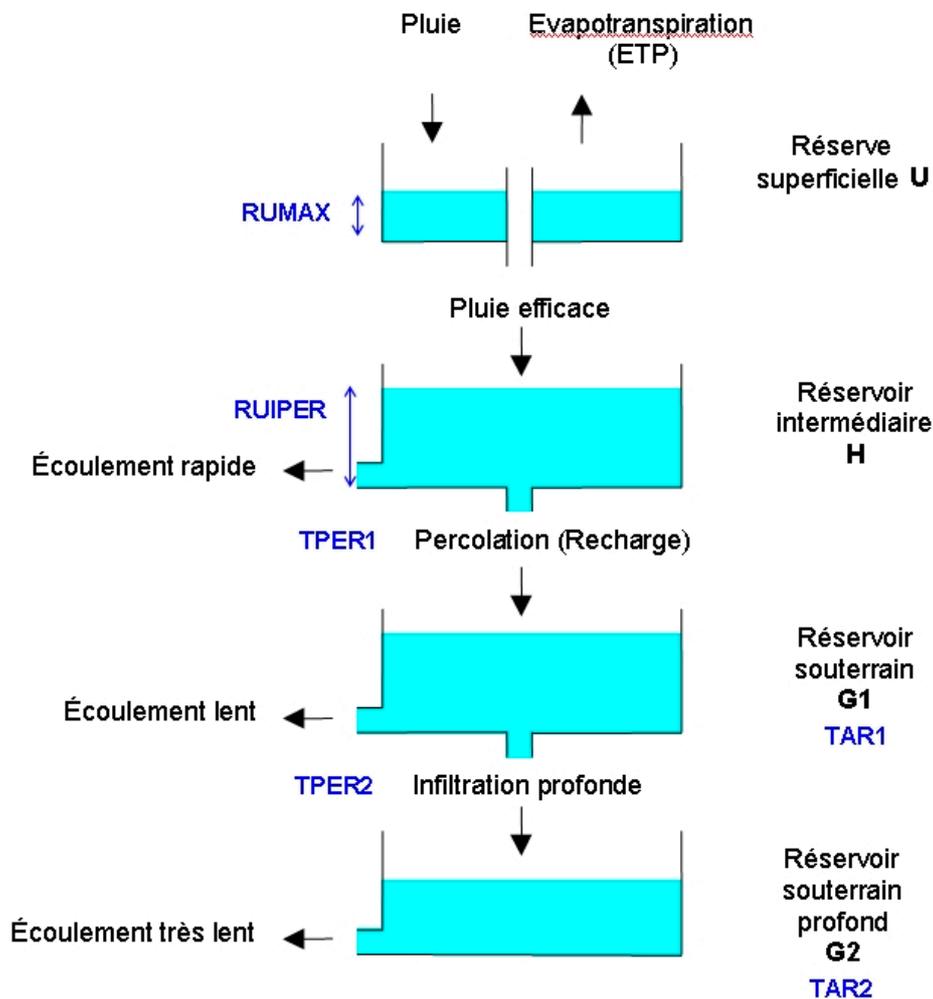


Illustration 22 - Modèle Gardénia® et organisation des réservoirs

Le paramètre RUMAX est estimé suite à la comparaison des pluies efficaces et de la lame d'eau écoulee. C'est un paramètre nécessaire au calcul des pluies efficaces (RFU). Les temps de demi-tarissement des deux réservoirs souterrains (TAR1 et TAR2) sont calculés d'après les courbes exponentielles de décrues régulières (pas ou peu d'influence de la pluviométrie) des débits journaliers des cours d'eau.

Les autres paramètres doivent être calés en respectant les inégalités suivantes :

- $TPER1 \leq TAR1 \leq TAR2$,
- $TPER1 \leq TPER2 \leq TAR2$.

3.4.3. Résultats corrigés sur les bassins versants du Scorff et de l'Evel

Bassin du Scorff

Les résultats obtenus lors de la 1^{ère} année du projet sur le bassin versant du Scorff (56-29) au droit de la station de Plouay (Pont Kerlo) (J5102210, superficie 300 km²) ont été revus et corrigés.

Le calage des paramètres sur les années 1998-1999 n'était en effet pas optimal (corrélation 73 %, et 80 % sur les années 1994-2000) en raison d'un paramètre TPER1 un peu fort.

Un meilleur calage des paramètres sur les années 1995-1996 (années fréquemment utilisées pour le calage) a fourni un meilleur résultat (coefficient de corrélation : 89 %).

En utilisant ces paramètres pour la modélisation Gardénia sur les années 1994-2000, ce coefficient est égal à 85 % ; le résultat obtenu étant plus satisfaisant en comparant les signaux modélisés et observés (pic de crue et temps de décroissance).

Après correction, la contribution des eaux souterraines au régime du Scorff s'élève donc à 50 % de l'écoulement total (contre 48 % initialement calculés).

Les nouveaux résultats obtenus sur le bassin versant du Scorff sont reportés dans les tableaux de l'annexe 5.

Bassin de l'Evel

Les résultats obtenus lors de la 1^{ère} année du projet sur le bassin versant de l'Evel (56) au droit de la station de Guénin (J5613010, superficie 316 km²) ont été revus et corrigés.

Le calage des paramètres sur les années 1996-1997 n'était en effet pas optimal (corrélation 78 %, et 87 % sur les années 1995-2000) en raison d'un paramètre TPER1 un peu faible.

Un meilleur calage des paramètres sur les années 1995-1996 (années fréquemment utilisées pour le calage) a fourni un meilleur résultat (coefficient de corrélation : 93 %).

En utilisant ces paramètres pour la modélisation Gardénia sur les années 1995-2000, ce coefficient est égal à 91 % ; le résultat obtenu étant plus satisfaisant en comparant les signaux modélisés et observés (pic de crue et temps de décroissance).

Après correction, la contribution des eaux souterraines au régime de l'Evel s'élève donc à 51.5 % de l'écoulement total (contre 55 % initialement calculés).

Les nouveaux résultats obtenus sur le bassin versant de l'Evel sont reportés dans les tableaux de l'annexe 5.

3.4.4. Résultats obtenus sur les 24 bassins versants

Les simulations suivantes ont été testées : aquifères souterrains à 2 réservoirs, pas de temps journalier.

Compte-tenu de la disponibilité des données, les modélisations ont été réalisées pour les périodes indiquées dans le premier tableau de l'annexe 5, après un calage des paramètres sur deux années. Les ajustements susceptibles de représenter au mieux la réalité ont été obtenus en considérant les paramètres détaillés dans le premier tableau de l'annexe 5.

Les graphiques des premières figures de l'annexe 5 (deux graphiques pour chaque bassin : deux années de calage puis toutes les années) illustrent l'ajustement du débit total calculé (en vert) au débit mesuré à la station hydrologique (en rouge), et les débits des deux réservoirs souterrains (supérieur en bleu et inférieur en violet) lors des périodes de calage et de modélisation.

Pour la période considérée, les précipitations tombées sur le bassin représentent une lame d'eau moyenne exprimée en millimètres par an (cf. second tableau de l'annexe 5). L'évapotranspiration est également exprimée en millimètres par an et les précipitations efficaces correspondant au solde restant disponible pour le ruissellement et/ou l'infiltration, se répartissent en un écoulement arrivant à la rivière après un cheminement rapide (ruissellement, écoulement retardé) et en un cheminement lent (écoulement souterrain). Le second tableau de l'annexe 5 rassemble les résultats ultimes des modélisations.

Les contributions des eaux souterraines au régime des cours d'eau s'élèvent entre 38 et 83 % de l'écoulement total (respectivement BV de la Rance et de la Noë Sèche). La participation moyenne est d'environ 55 %.

Les graphiques des dernières figures de l'annexe 5 (deux graphiques pour chaque bassin) montrent l'influence de l'écoulement souterrain durant les différentes années hydrauliques, et durant les mois de ces années. Les différents débits sont exprimés en terme de lame d'eau écoulée sur le bassin versant (en mm).

Les graphiques des différentes années hydrauliques détaillent l'importance que prend l'écoulement souterrain lors d'une année sèche (1984, 1989, 1992, 1996, 1997 et 2002) où le débit rapide (ruissellement) décroît plus fortement que les débits souterrains (1 : réservoir supérieur et 2 : réservoir inférieur). Ce phénomène illustre le soutien de la nappe en période de sécheresse. Ces graphiques mettent également en évidence la participation respective des deux réservoirs souterrains à l'écoulement global mesuré à l'exutoire, qui peut être équivalente ou différente.

Les graphiques des mois des années hydrauliques montrent une influence prépondérante du réservoir souterrain inférieur (2), par rapport au réservoir supérieur (1), lors de la période d'étiage : globalement du mois de juin au mois de septembre. La tendance s'inverse pour les autres mois de l'année. Ce soutien de la nappe en période d'étiage (l'écoulement souterrain total étant supérieur à environ 80-90 % de

l'écoulement global) atteint même son paroxysme aux mois de juillet, août, et septembre où la totalité (100 %) de l'écoulement de la rivière provient de l'écoulement souterrain. Pendant la période de crue (décembre et janvier) ce pourcentage diminue et se situe autour de 40-50 %.

Les écoulements souterrains amortissent les variations climatiques, leur poids relatif augmente :

- vers l'étiage, où ils peuvent représenter la totalité de l'écoulement observable dans la rivière (cas des mois de juillet, août, et septembre),
- et en année « sèche » : pour les années hydrologiques 1992, 1996 et 1997, les cours d'eau sont alimentés à hauteur de 56 à 83 % par les apports souterrains.

3.5. CONCLUSION ET COMPARAISON DES BASSINS EN FONCTION DES RESULTATS OBTENUS

Les coefficients de corrélation (ajustement entre le débit mesuré et calculé de la rivière) obtenus suite aux modélisations varient entre 73 et 92 % (cf. premier tableau de l'annexe 5). Ces coefficients sont très satisfaisants (> 80 %), sauf pour les bassins versants : du Nançon (coefficient 73 %), du Blavet (à Mûr-de-Bretagne, coefficient 77 %) et de la Flume (78 %). Pour le bassin du Nançon, il existe une chronique incomplète d'ETP journalières (ETP à Louvigné-du-Désert) et l'année 1997 très sèche est difficilement prise en compte dans les modélisations en raison de la faiblesse des débits mesurés. Le débit du Blavet à Mûr-de-Bretagne est mesuré à l'aval d'un barrage, ceci entraîne un problème de modélisation entre 1991 et 1994, années où le débit estimé est globalement supérieur au débit mesuré. La mesure du débit de la Flume à Pacé semble erronée entre 1990 et 1992, années où le débit estimé est supérieur au débit mesuré, malgré un bon calage pour les autres années.

Les graphiques des mois des années hydrauliques (débits mesurés en millimètres) mettent en évidence :

- des rivières à étiages peu soutenus liés au fait que leurs bassins versants sont soumis aux phénomènes de ruissellement (Illet, Néal, Flume, Semnon...). Ceci est confirmé par des paramètres RUIPER faibles (10-15 mm) retenus pour la modélisation, qui favorise l'écoulement rapide donc le ruissellement,
- des cours d'eau à étiages soutenus liés au fait que leurs bassins versants sont soumis aux phénomènes d'infiltration (Noë Sèche, Leff, Blavet à Mûr-de-Bretagne, Guindy...). Dans ces bassins, la contribution des eaux souterraines au régime des rivières est très forte,
- des rivières à étiages « intermédiaires ».

L'illustration 23 montre les résultats obtenus sur les 62 bassins modélisés lors des quatre premières années du projet (17 lors de la 1^{ère} année, 21 lors de la 2^{nde} année et 24 lors des 3^{ème} et 4^{ème} années).

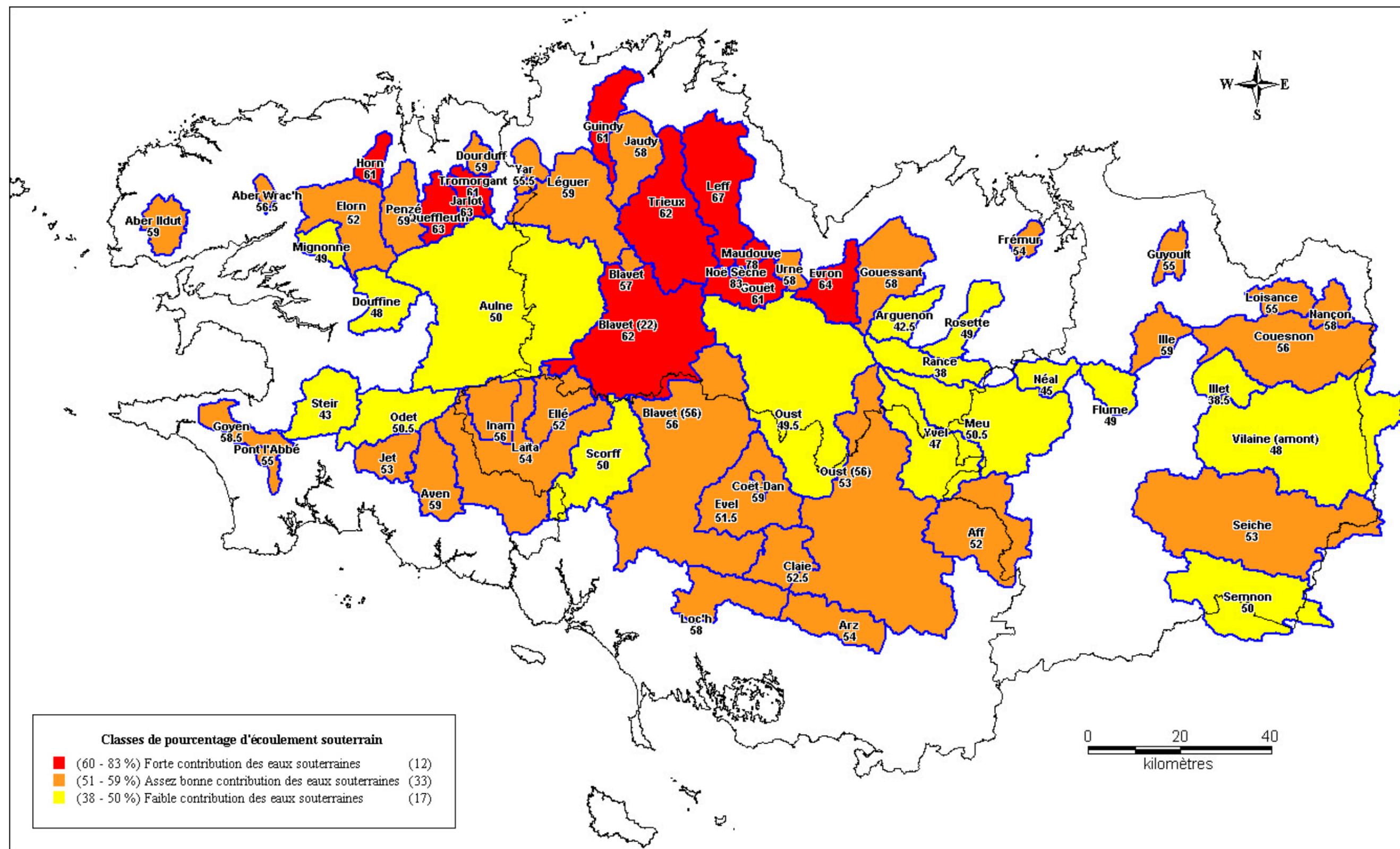


Illustration 23 - Synthèse des résultats obtenus sur les bassins modélisés au cours des quatre premières années du projet

En fonction des résultats obtenus (pourcentage d'apport souterrain à l'écoulement global, cf. second tableau de l'annexe 5), les bassins versants peuvent être classés en 3 catégories (cf. illustration 23) :

- bassins à forte contribution des réservoirs souterrains aux débits des cours d'eau (apport souterrain supérieur à 60 %),
- bassin à assez bonne contribution des réservoirs souterrains aux débits des cours d'eau (apport souterrain de 51 à 59 %),
- bassin à faible contribution des eaux d'origine souterraine aux débits des cours d'eau : le ruissellement est majoritaire (apport souterrain inférieur à 50 %).

La disparité des résultats s'explique par les différences suivantes entre les bassins :

- géologies plus ou moins favorables aux phénomènes d'infiltration/ruissellement,
- encaissement plus ou moins prononcé des vallées des cours d'eau (pentes des versants),
- occupation du sol sur les bassins...

La carte d'intérêt hydrogéologique des aquifères de socle (réalisée au chapitre 2.3., cf. illustration 10) a permis de hiérarchiser les formations géologiques de Bretagne en fonction de leurs propriétés hydrogéologiques. Une superposition de l'illustration 23 avec cette carte issue de la carte géologique synthétique de la Bretagne (à l'échelle du 1/250 000) permet de commencer à formuler des conclusions :

- les bassins versants septentrionaux des Côtes d'Armor (Guindy, Leff, Evron...) et du Finistère (Aber Ildut, Horn, Penzé, Queffleuth...) sont caractérisés par des roches relativement conductrices où la vidange des stocks d'eau souterraine ainsi que le renouvellement des réserves doivent être plus rapides (indice global > 7.5). Ces roches sont plutoniques, volcaniques et métamorphiques. Au niveau de ces bassins, la participation des eaux souterraines aux débits des cours d'eau est plutôt élevée (supérieure à 58-59 %) ;
- de la même façon, pour les bassins situés au Nord de l'Ille-et-Vilaine (Guyoult, Ille, Couesnon...) où les roches ont un indice global > 5 (formations plutoniques et métamorphiques), la participation des eaux souterraines aux débits des cours d'eau est assez bonne (supérieure à 55 %) ;
- à l'inverse, les bassins versants situés en Centre Bretagne (Mignonne, Aulne, Steir, Oust, Rance, Meu, Flume, Vilaine...) sont contrôlés par des formations géologiques peu conductrices où les déstockages par les aquifères (altérites et milieu fissuré) doivent être plus lents (indice global < 5). Ces roches sont métasédimentaires (schistes Briovérien et schistes et grès Primaires). Sur ces bassins à faible contribution des eaux d'origine souterraine aux débits des cours d'eau, le ruissellement est majoritaire (apport souterrain inférieur à 50 %) ;
- au Sud Bretagne, selon la carte d'intérêt des aquifères de socle, les roches plutoniques et métamorphiques sont généralement peu conductrices (indice

global < 5) mais peuvent être localement plus perméables (indice compris entre 5 et 7.5 pour les formations situées le long du cisaillement Sud Armoricaïn). Les bassins versants caractérisés par ces formations ont des contributions des réservoirs souterrains aux débits des cours d'eau assez variables (apport souterrain de 50 à 59 %). Les participations des eaux souterraines les plus faibles (50-52 %) se trouvent sur les bassins composés uniquement de formations peu conductrices (Odet, Ellé, Scorff, Evel, Aff, Semnon).

Suite aux résultats obtenus, les bassins seront comparés entre eux et classés afin de mettre en évidence leurs tendances vis-à-vis de l'infiltration et du ruissellement. La classification actuelle des différentes catégories de bassins versants (en fonction du pourcentage d'apport souterrain) sera éventuellement revue et corrigée selon les résultats issus des dernières modélisations Gardénia[®] à venir.

Par ailleurs, la modélisation des données issues des forages permettra de caractériser l'épaisseur des réservoirs aquifères (altérites et milieu fissuré) dans les quatre départements bretons. La présence de fortes épaisseurs d'aquifères sur un bassin versant pourra par exemple assurer le soutien d'étiage du cours d'eau. Cette cartographie permettra d'argumenter l'interprétation des résultats des modélisations Gardénia[®].

4. Planification du travail de l'année 5

Dans le cadre du projet SILURES Bretagne, le travail d'interprétation des hydrogrammes des rivières se finalisera au cours de la 5^{ème} année du projet (15-20 bassins versants). Il sera suivi d'une organisation et d'un archivage des données, puis d'un travail de réalisation et d'édition des cartographies de synthèse.

Pour achever le projet fin 2007, il est prévu de réaliser les tâches suivantes :

- création de la base de données :
 - ❖ utilisation du Modèle Numérique de Terrain,
 - ❖ réalisation de l'architecture de la base de données,
 - ❖ archivage des données (forages, pluviométrie, débits des rivières, données de la facturation),
 - ❖ archivage d'une carte des grands ensembles géologiques (échelle 1/250 000),
 - ❖ traitement des données sous le logiciel BRGM GDM[®] (voir point suivant), croisements multicritères,
 - ❖ implantation de la base de données actualisable sur un serveur.
- création de documents de synthèse :
 - ❖ géométrie des réservoirs (épaisseur du milieu altéré superficiel, épaisseur du milieu fissuré profond - valeur approchée),
 - ❖ isovaleurs du rapport du débit instantané sur la profondeur de l'ouvrage.
- réalisation des cartes de synthèse :
 - ❖ sur les secteurs potentiellement favorables à l'exploitation d'eau souterraine de bonne qualité (échelle 1/250 000),
 - ❖ et cartes des secteurs à préserver (échelle 1/250 000).

5. Conclusion

Ce rapport constitue un état d'avancement des 3^{ème} et 4^{ème} années du projet SILURES Bretagne.

Au cours de ces années, deux phases d'interprétations débutées lors des deux premières années du projet se sont poursuivies et ont été menées en parallèle :

- l'interprétation des données de forages,
- l'interprétation des hydrogrammes des rivières.

La première phase a été divisée en trois parties :

- une alimentation de la base de données des forages par environ 1 500 ouvrages complémentaires : 300 localisés précisément sur le terrain et 1 200 extraits de la BSS avec informations et coordonnées,
- à partir des résultats des débits instantanés des forages recensés sur les formations géologiques bretonnes, celles-ci ont été classées en fonction de leur intérêt hydrogéologique,
- une interprétation des données géologiques de tous les forages de Bretagne (plus de 12 000 ouvrages) afin d'approcher la géométrie des réservoirs aquifères (milieux altéré et fissuré).

La cartographie de l'intérêt hydrogéologique des aquifères de socle breton a montré un découpage de la Bretagne de part et d'autre du cisaillement Nord Armoricaïn avec au Nord des roches plus perméables et au Sud des roches peu conductrices (n'excluant pas localement des situations plus favorables).

La deuxième phase a permis d'interpréter les hydrogrammes de 24 cours d'eau et d'en déduire une classification des bassins versants contrôlés selon les pourcentages de participation des eaux souterraines à l'écoulement global des rivières (en tout 62 bassins modélisés sur les 4 premières années du projet). Sur ces bassins, les contributions globales des eaux souterraines au régime des cours d'eau s'élèvent entre 38 et 83 % de l'écoulement total (moyenne annuelle, sur des périodes de modélisation d'environ 10 ans). La participation moyenne est d'environ 55 %.

Le travail d'interprétation des hydrogrammes des rivières se poursuivra au cours de la 5^{ème} et dernière année du projet. Il sera suivi d'une organisation et d'un archivage des données, puis d'un travail de réalisation et édition des cartographies de synthèse.

6. Bibliographie

Carn A. - Etude du gisement aquifère. Chapitre 3. In Contribution à l'étude hydrogéologique des volcanites du Trégor. Thèse : Sciences Naturelles. Soutenue le 24 Mai 1983 à Montpellier 172 p.

Mougin B., collaboration : **Carn A., Thomas E., Jégou J-P.** (2002) - SILURES Bretagne - Etat d'avancement de l'année 1 - BRGM/RP-51481-FR - 53 p., 18 tab., 24 fig., 6 annexes.

Mougin B., Carn A., Debégli N., Perrin J. et Thomas E. avec la collaboration de **Jégou J-P.** (2004) - SILURES Bretagne - Rapport d'avancement de l'année 2 - BRGM/RP-52825-FR - 62 p., 15 tabl., 23 fig., 3 ann.

Mougin B., Debégli N., Perrin J. et Thomas E. (2005) - SILURES Bretagne - Valorisation des données de géophysique aéroportée - Rapport d'avancement de l'année 3 - BRGM/RP-53621-FR - 85 p., 11 tabl., 44 fig.

Rabu D., Chantraine J. et Béchenec F., 2001. Carte géologique du Massif Armoricaïn à 1/ 250 000. BRGM.

Annexe 1

**Courrier de la Préfecture de Région -
Courrier du Conseil Général d'Ille-et-Vilaine -
Compte-rendu de réunion du comité de pilotage
de mars 2004 -
Compte-rendu de réunion du comité de pilotage
de juin 2005**

Courrier de la Préfecture de Région



Liberté - Égalité - Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFECTURE DE LA RÉGION BRETAGNE

15 MARS 2004

Secrétariat Général pour
les Affaires Régionales

Dossier suivi par:
Michèle Mercier
Chef du Bureau des Affaires Européennes
Tel : 02 99 02 17 50
Fax : 02 99 02 17 59
e.mail : michele.mercier@bretagne.pref.gouv.fr
REF/INFO : PR/30/03/04 - MM

Monsieur Michel LECLERCQ
Directeur du Service Géologique Régional
Bretagne
Rennes Atalante Beaulieu
2 rue de Jouanet
35700 RENNES

Rennes, le 12 MARS 2004

Monsieur le Directeur,

Comme suite aux différents échanges que vous avez eus avec mes services, je vous confirme que les disponibilités financières de la mesure 21 "protéger et améliorer l'environnement" du programme objectif 2 ne permettent pas de prendre en compte le projet SILURES – volet Bretagne – bassins versants pour lequel vous aviez sollicité une subvention du FEDER.

En effet, le Comité régional de Suivi des Fonds Européens du 15 décembre dernier et les travaux de sanctuarisation menés sur cette mesure ont confirmé la priorité réservée aux projets de lutte contre les inondations et à l'élaboration des documents Natura 2000.

J'ai noté que l'examen de ce dossier sera effectué lors du comité de pilotage "SILURES" qui se réunit le 17 mars prochain afin de trouver un palliatif au financement européen.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'assurance de ma considération très distinguée.

La Préfète de Région,

Bernadette MALGORN

Copie à :
M. le Directeur Régional de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
M. le Directeur Régional de l'Environnement
M. le Chef de la Mission Régionale et Interdépartementale de l'Eau
M. Aubert, Chargé de Mission

Courrier du Conseil Général d'Ille-et-Vilaine

R E P U B L I Q U E F R A N Ç A I S E



DIRECTION GÉNÉRALE
DES SERVICES DÉPARTEMENTAUX

POLE ROUTES,
INFRASTRUCTURES ET
ENVIRONNEMENT

AFFAIRE SUIVIE PAR
Bernard SEVELLEC

ITB POSTE 36,00

FAX : 02.99.02.39.23

prie@cg35.fr

Rennes, le

12 JUL. 2005

**Bureau de Recherches Géologiques
et Minières
Rennes Atalante Beaulieu
2 rue de Jouanet
35700 RENNES**

18 JUL. 2005

76

Monsieur le Directeur,

J'ai l'honneur de porter à votre connaissance que, lors de sa session, 1^{er} juillet 2005, le Conseil Général d'Ille et Vilaine a décidé de participer au projet SILURES. Cette participation sera théoriquement la suivante :

- Silures Bretagne	55 670 €
- Silures Bassins Versants	<u>19 060 €</u>
Total	74 730 €

Toutefois, compte tenu du fait que les investigations et synthèses de ce programme constitueront un outil d'aide à la décision en terme de ressource en eau potable et de gestion de la qualité des eaux, cette démarche présente aussi un grand intérêt pour le Syndicat Mixte de Gestion d'eau potable (SMG) avec lequel une participation à parité pourrait donc être recherchée.

Dans ces conditions la part de chacun des partenaires serait ainsi de 37 365 €, soit 18 682,50 € sur 2005 et 2006.

Je vous engage donc à contacter le SMG afin de lui présenter le projet SILURES et solliciter une participation de sa part à hauteur de 37 365 € sur les deux ans. Le bassin versant expérimental sera choisi conjointement par le Conseil Général et le SMG.

Je vous prie de croire, **Monsieur le Directeur**, à l'assurance de ma considération distinguée.

**Le Vice-Président chargé de
l'Environnement, l'Eau et l'Assainissement**

Christian COUET

Hôtel du Département • 1, avenue de la Préfecture • CS 24218 • 35042 Rennes Cedex • Tél. 02 99 02 35 35

Compte-rendu de réunion du comité de pilotage de mars 2004

COMPTE RENDU DE RÉUNION	
Opération : SILURES Bretagne, Bassins Versants et Suivi	Numéro : ML/BM - 04.40
Objet : Comité de pilotage des projets SILURES	
Date : 17/03/2004 à 14h30	Lieu : Région Bretagne Salle Châteaubriant
Participants : <ul style="list-style-type: none"> • Mme CHRETIEN (Conseil Régional de Bretagne) • Mme DUBOULET (Agence de l'Eau Loire Bretagne) • M. MONOT (Conseil Général 29) • M. TOUFFET (DIREN Bretagne) • M. AUBERT (Préfecture SGAR) • M. CHARVET (DRIRE Bretagne) • M. SCHERR (brgm Direction Service Public) • M. LECLERCQ et M. MOUGIN (brgm Bretagne) 	
Absents : M. AUBRY (Conseil Général 56), M. MARJOLET (Conseil Général 22) excusés	
Diffusion : Participants, équipe de projet brgm	

INTRODUCTION
L'ordre du jour de la 3 ^{ème} réunion du comité de pilotage des 3 projets SILURES (Bretagne, Bassins Versants et Suivi) était le suivant : <ul style="list-style-type: none"> • état d'avancement technique des projets SILURES à fin février 2004, • avancement de la signature des conventions, • révision du plan de financement suite au retrait du FEDER.

RESUME ET CONCLUSIONS
Documents présentés et remis aux participants : Courrier de la Préfecture du 12/03/2004 (non obtention FEDER) Diaporamas de présentation de l'avancement des 3 projets Références bibliographiques Diaporama de présentation des plans de financement et conventions

Evolution plan de financement initial, plan de financement avec FEDER (page A3)

2 hypothèses de plans de financements palliatifs (page A3)

M. LECLERCQ (brgm) introduit la réunion et explique que les projets SILURES Bretagne et Bassins Versants ont pris un an de retard en raison de la sollicitation de fonds FEDER.

Questions posées (-> réponses) :

SILURES Bretagne

M. MONOT (CG29) demande pourquoi Brest n'apparaît pas sur les cartes de discontinuités aéromagnétiques (-> pour des raisons d'autorisation de survol).

Dans la phase d'interprétation des données d'aéromagnétisme, M. SCHERR (brgm) précise que le lever du Massif Armoricaïn a coûté 1,5 millions d'euros.

Dans la phase d'interprétation des hydrogrammes de rivières, M. MONOT (CG29) demande de faire attention aux données de Météo-France parfois critiquables (-> Dans le cadre de sa démarche Qualité, il est prévu que le brgm demande à Météo-France de préciser la fiabilité des données achetées : P et ETP).

Mme CHRETIEN (CR) s'informe de la fiabilité des interprétations notamment les pourcentages de participation des eaux souterraines aux débits des cours d'eau (-> une fois toutes les modélisations réalisées, les modèles seront recalés en fin d'étude).

Le brgm explique que le programme SILURES fait l'objet d'un suivi en interne car il est techniquement innovant et financièrement complexe ; Mme CHRETIEN (CR) demande s'il existe des projets identiques dans d'autres régions (-> M. SCHERR (brgm) répond qu'en France, SILURES Bretagne est une démarche originale, mais dont la reproduction dans d'autres régions, dont notamment le Limousin, est encouragée).

SILURES Bassins Versants Pas de questions.

SILURES Suivi

Mme CHRETIEN (CR) pose la question de la représentativité régionale des 42 points du réseau piézométrique (-> La valorisation des nouvelles et des anciennes chroniques piézométriques - 28 nouveaux points et 14 existants depuis 1980-1990 - sous forme de bulletin de tendance et rapport annuel permettra de répondre à cette question ; on peut actuellement dire que certains points éloignés de 70 km ont des battements similaires).

M. MONOT (CG29) précise que dans le Finistère le travail d'interprétation mené avec M. TALBO (brgm retraité) a permis de conclure qu'il fallait 30 à 40 points sur le département pour avoir une représentativité.

Au niveau de l'apport des données piézométriques pour appréhender les inondations, M. AUBERT (SGAR) explique que le nouveau système d'annonce de crue tiendra compte de l'alimentation des rivières par les nappes, et M. TOUFFET (DIREN) ajoute que l'apport de ces piézomètres peut se faire vis-à-vis de la saturation du sous-sol provoquant une imperméabilisation et des écoulements très réactifs observés sur certaines stations

hydrologiques.

Conventions

M. MONOT (CG29) demande au brgm de solder la convention 2003 par la remise d'un rapport d'avancement SILURES Bassins Versants, et parallèlement à la convention 2004 actuellement en cours, de préparer la convention 2005 afin de réserver la somme de 8,77 k€ TTC inscrite au budget.

Mme CHRETIEN (CR) demande au brgm de solder l'année 1 (en cours) et de solliciter l'année 2.

Mme CHRETIEN (CR) et M. MONOT (CG29) insistent sur les dates des demandes du brgm qui doivent se caler sur les dates des Comités et des réunions de préparation du budget.

Plans de financement palliatifs au défaut du FEDER

Mme CHRETIEN (CR) et M. MONOT (CG29) précisent qu'ils maintiennent leurs participations à hauteur du plan de financement initial et qu'ils ne peuvent participer davantage.

M. LECLERCQ (brgm) évoque le contact téléphonique d'avant réunion (16 mars 2004) avec M. AUBRY (CG56) : le CG56 est prêt à étudier un complément de financement. Par ailleurs, M. MARJOLET (CG22) a précisé dans son mail du 9 mars 2004 qu'il était réservé sur la position du CG22 vis à vis de la proposition du brgm.

Mme DUBOULET (AELB) maintient sa position précisée dans son mail du 12 mars 2004 : l'AELB ne s'oppose pas à une participation supplémentaire.

Le comité de pilotage, qui s'interroge sur le financement du travail à réaliser sur le 35, conseille au brgm de solliciter le CG35 pour participer au projet SILURES Bretagne. M. AUBERT (SGAR) est prêt à appuyer et relayer la demande. Si le CG35 ne souhaite pas participer, le comité souhaite que le projet se réalise dans la limite des crédits disponibles en réalisant ce qu'il est possible de faire sur le 35.

Le comité de pilotage s'accorde sur le fait de rester sur 5 ans de projet.

ACTIONS A MENER	Délai	Responsable
Répondre aux demandes du CR et du CG29 au niveau des conventions à solder et à préparer	Mars 2004	brgm
Valider la position des CG22 et CG56 suite au comité de pilotage	Mars 2004	brgm
Solliciter une participation financière de l'AELB pour les projets SILURES Bretagne et BV avant le 22 mai 2004	Avril 2004	brgm
Solliciter le CG35 avec l'appui du SGAR	Mars-Avril 2004	brgm, SGAR

Compte-rendu de réunion du comité de pilotage de juin 2005

COMPTE RENDU DE RÉUNION	
Opération : SILURES Bretagne, Bassins Versants et Suivi	Numéro : ML/BM - 05.35
Objet : Comité de pilotage des projets SILURES	
Date : 02/06/2005 à 10h00	Lieu : Région Bretagne Salle Ernest RENAN
Participants : <u>Partenaires</u> <ul style="list-style-type: none"> • Mme CHRETIEN (Conseil Régional de Bretagne) • Mme DUBOULET (Agence de l'Eau Loire Bretagne) • M. MONOT (Conseil Général 29) • Mme JEHANNO (Conseil Général 56) • M. BONO (Conseil Général 22) • M. NAULEAU (DIREN Bretagne) • M. PRIGENT (DRIRE Bretagne) • M. LECLERCQ et M. MOUGIN (BRGM Bretagne) <u>Invités</u> <ul style="list-style-type: none"> • Mme JALLET (Ville de Rennes, Direction des Services à Caractère Industriel et Commercial) • M. TROUSLARD (Directeur du Syndicat Mixte de Gestion d'Eau Potable de l'Ille et Vilaine) 	
Absents : MM. SEVELLEC (Conseil Général 35) et MARJOLET (Conseil Général 22) excusés	
Diffusion : Participants, équipe de projet BRGM	

INTRODUCTION

L'ordre du jour de la 4^{ème} réunion du comité de pilotage des 3 projets SILURES (Bretagne, Bassins Versants et Suivi) était le suivant :

état d'avancement technique des projets SILURES à fin mai 2005,
 avancement de la signature des conventions,
 révision du plan de financement suite au retrait du FEDER.

RESUME ET CONCLUSIONS

Documents présentés et remis aux participants :

Diaporamas de présentation de l'avancement des 3 projets

Diaporama de présentation des plans de financement et conventions

Références bibliographiques

M. LECLERCQ (BRGM) introduit la réunion et explique l'invitation de représentants de la Ville de Rennes et du Syndicat Mixte de Gestion d'Eau Potable de l'Ille et Vilaine. Conformément à la demande exprimée lors du 3^{ème} Comité de pilotage, le BRGM a fait une présentation du programme SILURES à MM. COUET et SEVELLEC du Conseil Général d'Ille et Vilaine, afin qu'ils puissent re-examiner une éventuelle participation dans le partenariat et ainsi réaliser un travail sur toute la région Bretagne.

Questions posées (-> réponses) :

SILURES Bretagne

La présentation s'est essentiellement appuyée sur le rapport de l'année 3 du projet.

La valorisation des données géophysiques du levé aéroporté a permis de mettre en évidence des directions de discontinuités favorables à l'implantation de forages d'eau.

Ce volet du projet a été apprécié par le Comité de pilotage.

M. LECLERCQ précise que la relation entre les propriétés des forages et les discontinuités est analysée sur la tranche 0-100 m (profondeur renseignée par les forages). Il ajoute que le BRGM s'intéresse actuellement aux ressources en eau à grande profondeur (> 150 m) et qu'un projet est en phase de lancement sur le département d'Ille et Vilaine qui permettra de valider et de valoriser les outils développés dans SILURES.

SILURES Bassins Versants

La présentation s'est appuyée sur le rapport final de l'année 2 du projet.

L'objectif du projet était de cartographier et quantifier les volumes d'eau souterraine présents sur les 4 BV. Cette carte a ensuite permis : 1) de définir des zones propices à l'exploitation des eaux souterraines, 2) d'estimer les temps de renouvellement des aquifères, et 3) de définir la capacité du sous-sol à absorber les eaux d'infiltration.

M. MONOT (Conseil Général 29) explique qu'il faudra être prudent sur la communication des résultats concernant les temps de renouvellement qui conditionnent les plans de gestion des bassins.

Le BRGM précise qu'il est à la disposition des Conseils Généraux pour faire une présentation locale des résultats dans chacun des 3 départements concernés par les BV.

M. MONOT (CG29) propose que les résultats soient présentés aux techniciens et aux élus lors du prochain Comité de pilotage du plan de gestion du BV du Dourduff.

Mme JEHANNO (Conseil Général 56) est favorable à ce type de réunion qui nécessite au préalable une vulgarisation des résultats : remise aux futurs participants d'un document de synthèse avec des cartes et une note détaillant les résultats et leur utilisation potentielle.

M. MOUGIN (BRGM) évoque la discussion téléphonique du 31 mai avec M. MARJOLET (Conseil Général 22) qui est d'accord pour une réunion technique avec la Direction de l'Agriculture et de l'Environnement du CG22 et le bureau d'étude Géoarmor.

Mme DUBOULET (Agence de l'Eau Loire Bretagne) souhaite être invitée à ces réunions locales, ainsi que les délégations de Nantes et de Saint-Brieuc.

Le Comité de pilotage s'accorde sur l'intérêt de ces réunions qui seront organisées par les Conseils Généraux.

SILURES Suivi

La présentation s'est appuyée sur le rapport de l'année 2 du projet.

Le réseau piézométrique de Bretagne est désormais opérationnel (42 points automatisés et télétransmis) et les niveaux de nappe mesurés sont disponibles sur le site internet ADES. Il est prévu que ce réseau s'agrandisse de 10 nouveaux points pour renseigner les masses d'eau souterraine définies par l'Agence de l'Eau Loire Bretagne.

Mme DUBOULET (AELB) précise que certaines masses vont être redécoupées.

Suite aux discussions avec M. NAULEAU (DIREN Bretagne) sur le bulletin de tendance des niveaux de nappe (3 par an), M. MOUGIN demande au Comité de pilotage de statuer sur : la forme à adopter pour le document et sur son mode de publication.

Mme DUBOULET (AELB) dit que le bulletin du BRGM Centre peut être pris comme exemple (utilisation des pluies efficaces et comparaison aux moyennes interannuelles).

M. NAULEAU (DIREN) propose un zoom de la carte établie au niveau national sur le site internet du MEDD (position par rapport moyenne-min-max et évolution récente).

Mme CHRETIEN (CR) propose de mettre le document sur le portail de l'Observatoire de l'Eau Régional, avec bien entendu le logo des partenaires.

Conventions

Mme JEHANNO (CG56) précise que la demande de 12,98+19.06 k€ TTC (SILURES Bretagne + BV année 3) passera en Commission Permanente de juillet-septembre 2005 et que le montant de l'année 4 sera inscrite au budget 2006.

Plans de financement palliatifs au défaut du FEDER

La position de chacun des partenaires financiers est évoquée.

Mme CHRETIEN (CR) et M. MONOT (CG29) précisent qu'ils maintiennent leurs participations à hauteur du plan de financement initial et qu'ils ne peuvent participer davantage.

M. LECLERCQ (BRGM) annonce que le projet SILURES a été présenté au Conseil Général 35. La réunion s'est déroulée le 13 avril 2005 en présence de M. COUET (Vice-président

chargé de l'environnement, de l'eau et de l'assainissement) et M. SEVELLEC (Directeur du service Eau et Environnement). Divers scénarii de participation du CG 35 ont été évoqués. A noter que pour le volet SILURES BV, le BRGM a proposé au CG35 une liste de bassins présentant un intérêt technique.

M. LECLERCQ (BRGM) ajoute que le projet SILURES a été présenté au SMGD et à la Ville de Rennes le 3 mai 2005 en présence de M. HERY (Président du Syndicat Mixte de Gestion d'Eau Potable de l'Ille et Vilaine : SMGD), M. FAUTREL (Directeur adjoint des Services à Caractère Industriel et Commercial à la Ville de Rennes) et M. ISAMBERT (Ingénieur du SMGD).

Les années de fin prévisibles des projets sont les suivantes : SILURES Bretagne 2006, SILURES BV 2005 (achevé) et SILURES Suivi 2007.

ACTIONS A MENER	Délai	Responsable
Organisation de réunions locales de présentation des résultats du projet SILURES Bassins versants (1/département)	Courant 2005	Conseils Généraux 29-56-22
Pour ces réunions, préparer un document de synthèse à remettre aux futurs participants (contenu à valider par les Conseils Généraux)	2005	BRGM, Conseils Généraux 29-56-22
Diffuser le bulletin de tendance du projet SILURES Suivi aux partenaires du programme SILURES et mettre le document sur le portail de l'Observatoire de l'Eau Régional	2005	BRGM

Annexe 2

Communes concernées par la recherche de forages complémentaires (années 3 et 4)

Inventaire de forages complémentaires - Année 3		
Département du Finistère		
NUMERO	NOM COMMUNE	Forages localisés
29003	AUDIERNE	4
29006	BENODET	5
29028	CLEDEN-CAP-SIZUN	1
29065	GOURLIZON	3
29071	GULLIGOMARC'H	1
29072	GUILVINEC	2
29136	LOCUNOLE	3
29158	PENMARCH	10
29159	PEUMERIT	2
29161	PLEUVEN	1
29168	PLOGOFF	5
29214	PLOVAN	5
29252	SAINT-JEAN-TROLIMON	6
29269	SAINT-THURIEN	3
29292	TREGUENNEC	6
		57

Inventaire de forages complémentaires - Année 3		
Département des Côtes d'Armor		
NUMERO	NOM COMMUNE	Forages localisés
22006	BERHET	2
22007	BINIC	9
22011	BOQUEHO	3
22018	BRELIDY	2
22019	BRINGOLO	3
22057	FAOUE (LE)	1
22065	GOUDELIN	8
22091	KERMOROC'H	1
22095	LANDEBAERON	3
22112	LANNEBERT	3
22121	LANVOLLON	6
22144	MEAUGON (LA)	2
22150	MERZER (LE)	3
22161	PABU	4
22188	PLERNEUF	4
22206	PLOUAGAT	4
22212	PLOUEC-DU-TRIEUX	5
22215	PLOUFRAGAN	8
22223	PLOUISY	4
22225	PLOUMAGOAR	5
22248	POMMERIT-LE-VICOMTE	5
22250	PONTRIEUX	3
22254	PRAT	3
22264	ROCHE-DERRIEN (LA)	1
22269	RUNAN	1
22283	SAINT-CLET	1
22291	SAINT-GILDAS	3
22304	SAINT-JEAN-KERDANIEL	2
22307	SAINT-JULIEN	2
22322	SAINT-PEVER	1
22325	SAINT-QUAY-PORTRIEUX	11
22356	TREGOMEUR	5
22358	TREGONNEAU	1
22359	TREGROM	3
22361	TREGUIDEL	1
22375	TRESSIGNAUX	3
		126

SILURES Bretagne

Inventaire de forages complémentaires - Année 4					
Département des Côtes d'Armor					
NUMERO	NOM COMMUNE	Forages localisés	NUMERO	NOM COMMUNE	Forages localisés
22001	ALLINEUC	1	22196	PLEUDANIEL	1
22004	BEGARD	2	22197	PLEUDIHEN-SUR-RANCE	2
22006	BERIET	2	22198	PLEUMEUR-BODOU	8
22007	BINIC	1	22199	PLEUMEUR-GAUTIER	1
22013	BOURBRIAC	1	22202	PLEVIN	1
22014	BOURSEUL	2	22203	PLEUC-SUR-LIE	1
22015	BREHAND	2	22205	FLOREC-SUR-ARGUENON	1
22020	BROONS	1	22206	FLOUAGAT	2
22025	CALLAC DE BRETAGNE	2	22207	FLOUARET	5
22026	CALORGUEN	2	22208	FLOUASNE	1
22032	CAULNES	2	22210	FLOUBAZLANEC	7
22034	CAVAN	3	22211	FLOUBEZRE	2
22035	CHAMPS-GERAUD(LES)	1	22213	FLOUER-LANGROLAY-SUR-RAN	1
22042	COATREVEN	1	22214	FLOUEZEC	15
22043	COETLOGON	1	22215	FLOUFRAGAN	1
22045	COHINIAC	1	22217	FLOUGRAS	1
22048	CORSBUL	3	22218	FLOUGRESCANT	2
22049	CREHEN	1	22219	FLOUGUENAST	6
22053	EREAC	1	22221	FLOUGUIEL	2
22054	EROUY	3	22222	FLOUHA	1
22055	ETABLES-SUR-MER	1	22224	FLOULECH	1
22056	EVUAN	1	22225	FLOUMAGOAR	2
22059	FOEIL	8	22227	FLOUNERIN	2
22060	GAUSSON	1	22228	FLOUNEVEZ-MOEDEC	5
22062	GOMENE	2	22229	FLOUNEVEZ-QUINTIN	1
22065	GOUDELIN	1	22231	FLOURACH	1
22068	GRACE-UZEL	1	22232	FLOURHAN	5
22070	GUINGAMP	3	22233	FLOURIVO	10
22072	GURUNHUEL	1	22236	FLUDUAL	2
22073	LA HARMOYE	9	22240	PLUMAUGAT	1
22074	HAUT-CORLAY	1	22246	POMMERET	1
22076	HENANBIHEN	2	22247	POMMERT-JAUDY	1
22078	HENGOAT	1	22248	POMMERT-LE-VICOMTE	1
22079	HENON	3	22251	PORDIC	1
22081	HILLION	1	22258	QUESSOY	1
22083	ILLIFAUT	3	22261	QUINTENIC	3
22084	JUGON-LES-LACS	1	22263	QUIOU (LE)	1
22087	KERGRIST-MOELOU	3	22265	RO3FEZ	2
22092	KERPET	2	22266	ROSTRENEH	1
22093	LAMBALLE	2	22269	RUNAN	1
22098	LANDEHEN	1	22272	SAINT AGATHON	1
22100	LANGAST	1	22273	SAINT-ALBAN	1
22101	LANGOAT	1	22278	SAINT-BRIEUC	2
22106	LANGURUX	5	22279	SAINT-CARADBC	1
22110	LANMERIN	1	22280	SAINT-CARNE	2
22113	LANNION	6	22281	SAINT-CARREUC	1
22115	LANNIVAIN	1	22282	SAINT-CAST-LE-GUILD	5
22121	LANNOLLON	2	22284	SAINT-CONNAN	2
22127	LEZARDRIEUX	1	22285	SAINT-CONNEC	1
22131	LOGUIVY PLOUGRAS	4	22287	SAINT DONAN	13
22132	LOHUEC	1	22292	SAINT-GILLES-DU-MENE	2
22134	LOUANNEC	2	22297	SAINT-GOUENO	1
22135	LOUARGAT	3	22299	SAINT-HELEN	3
22136	LOUDEAC	6	22302	SAINT-JACUT-DE-LA-MER	1
22143	MATIGNON	2	22306	SAINT-JUDOCE	1
22145	MEGRIT	3	22307	SAINT-JULIEN	1
22147	MERDRIGNAC	1	22309	SAINT-LAUNEUC	1
22152	MINIHY-TREGUIER	4	22321	SAINT-NICOLAS-DU-PELEM	1
22158	MUR-DE-BRETAGNE	2	22335	SENVEN-LEHART	1
22160	NOYAL	1	22337	SEVIGNAC	1
22161	PABU	1	22338	SQUIFFIEC	1
22162	PAIMPOL	7	22339	TADEN	2
22164	PEDERNEC	6	22340	TONQUEDEC	2
22166	PENVENAN	3	22342	TREBDAN	1
22168	PERROS-GUIREC	2	22343	TREBURDEN	2
22170	PLAINE-HAUTE	2	22344	TREBRIVAN	1
22172	PLANCOET	1	22345	TREBRY	1
22173	PLANGUENOUAL	4	22350	TREDUDER	1
22174	PLEBOULLE	1	22352	TREFUMEL	4
22175	PLEDELIAC	1	22353	TREGASTEL	3
22176	PLEDRAN	7	22357	TREGON	1
22182	PLELO	1	22359	TREGROM	1
22183	PLEMET	1	22360	TREGEUX	4
22185	PLENEE-JUGON	3	22369	TREMEUR	1
22186	PLENEUF-VAL-ANDRE	4	22372	TREMUSON	1
22187	PLERIN	1	22375	TRESSIGNAUX	1
22191	PLESSALA	7	22387	VIEUX-MARCHE	3
22194	PLESTIN-LES-GREVES	2	22390	YVIAS	1
22195	PLEUBIAN	1			183

Inventaire de forages complémentaires - Année 4					
Département du Finistère					
NUMERO	NOM COMMUNE	Forages localisés	NUMERO	NOM COMMUNE	Forages localisés
29004	Bannalec	1	29163	Pleyber Christ	3
29005	BAYE	6	29165	Plobannaec	1
29006	Bénodet	3	29167	PLOGASTEL SAINT GERMAIN	4
29008	Beuzec Cap Sizun	3	29170	Plomelin	2
29010	Bodilis	3	29171	Plomeur	3
29011	Bohars	1	29174	PLONEOUR LANVERN	15
29015	Bourg-Blanc	2	29175	Plonevez du Faou	3
29016	Braspart	1	29176	Plonevez Porzay	1
29017	Breles	1	29177	Plouarzel	5
29019	Brest	8	29178	Ploudalmézeau	4
29027	Chateaufeu du Faou	2	29179	Ploudaniel	3
29028	Cleden Cap Sizun	1	29182	Plouegat Guérand	4
29030	Cleder	4	29184	Plouénan	2
29031	Clohars Carnoet	3	29185	Plouescat	1
29033	Le Cloître Pleyben	1	29186	PLOUEZOC'H	2
29035	Coat Meal	1	29187	Plougar	2
29037	COMBRIT	1	29188	PLOUGASNOU	6
29038	COMMANA	2	29189	Plougastel Daoulas	2
29039	Concarneau	1	29190	Plougonvelin	2
29040	Le Conquet	1	29191	Plouigneau	1
29045	Dirinon	1	29192	Plougoulm	2
29046	Douarnenez	1	29195	Plouguerneau	7
29048	Edern	1	29196	Plouguin	6
29049	Eliant	1	29197	Plouhinec	1
29052	Esquibien	1	29199	Plouigneau	10
29058	Fouesnant	1	29202	Plounéour Menez	2
29059	Garlan	2	29204	Plouneventer	1
29062	Gouezec	1	29205	Plounevezel	2
29063	Goulien	1	29206	Plounevez Lochrist	1
29066	Guengat	2	29209	Plouvien	2
29067	Guerlesquin	5	29210	Plouvorn	5
29068	Guiclan	1	29213	Plouzévédé	2
29069	Gulers	2	29214	PLOVAN	3
29071	GUILIGOMARCH	2	29215	PLOZEVET	9
29073	GUTMAEC	8	29216	PLUGUFFAN	1
29074	Guimiliau	1	29224	Pouldergat	2
29075	Guipavas	1	29225	POULDREUZIC	5
29076	Guipronvel	4	29226	Poullan sur mer	1
29078	Hanvec	2	29227	Poullaouen	3
29089	kerloff	1	29232	Quimper	3
29091	Kerlouan	2	29233	QUIMPERLE	4
29095	Kersaint Plabennec	1	29235	Relecq Kerhuon	1
29101	Landeda	1	29236	RIEC SUR BELON	12
29103	Landerneau	2	29241	Rosporden	1
29105	Landivisiau	1	29244	Saint Derrien	1
29106	Landrévarzec	2	29245	Saint Divy	1
29108	LANDUDEC	2	29251	SAINTE-JEAN-DU-DOIGT	2
29112	Lanildut	1	29254	Saint Martin des Champs	7
29113	Lanmeur	8	29255	Saint Meen le Petit	1
29114	Lanneanou	1	29256	SAINTE-NIC	1
29117	Lanmlis	1	29259	Saint Pol de Léon	4
29119	Lanivoare	3	29260	Saint Renan	3
29126	Loc Brevalaire	1	29263	Saint Segal	2
29128	Loc Eguiner	1	29268	Saint Thonan	1
29135	Loctudy	2	29271	Saint Vougay	2
29140	Loperhet	3	29273	Santec	2
29147	MELLAC	1	29274	Scaer	3
29148	Mespaul	1	29275	Scrignac	1
29149	Milizac	9	29278	SPEZET	1
29150	Moëlan	4	29279	Taulé	2
29151	Morlaix	6	29284	Tréffiagat	1
29152	Motreff	1	29292	Tréguennec	1
29156	Pencran	2	29293	TREGUNC	2
29158	Penmarch	1	29295	Trémaouézan	1
29160	Plabennec	6	29296	TREMEOC	3
29162	Pleyben	1	29298	TREOGAT	1
			29300	LE TREVOUX	4
					149

SILURES Bretagne

Inventaire de forages complémentaires - Année 4								
Département de l'Ille-et-Vilaine								
NUMERO	NOM COMMUNE	Forages localisés	NUMERO	NOM COMMUNE	Forages localisés	NUMERO	NOM COMMUNE	Forages localisés
35001	ACIGNE	1	35124	GRAND-FOUGERAY	4	35239	RETIERS	8
35003	ANDOUILLE-NEUVILLE	1	35125	GUERCHE-DE-BRETAGNE	2	35240	RHEU	2
35004	ANTRAIN	1	35126	GUICHEN	1	35241	RICHARDAIS(LA)	1
35005	ARBRISSEL	1	35128	GUIPEL	3	35242	RIMOU	2
35006	ARGENTRE-DU-PLESSIS	13	35129	GUIPRY	3	35243	ROMAGNE	6
35009	BAGUER-MORVAN	10	35133	IFFENDIC	5	35246	ROZ-LANDRIEUX	5
35010	BAGUER-PICAN	8	35134	IFFS(LES)	1	35247	ROZ-SUR-COUESNON	2
35012	BAIN-DE-BRETAGNE	8	35135	IRODOUER	5	35249	SAINTE-ANNE-SUR-VILAINE	2
35013	BAINS-SUR-OUST	2	35136	JANZE	3	35251	SAINTE-AUBIN-D'AUBIGNE	2
35014	BAIS	7	35137	JAVENE	2	35252	SAINTE-AUBIN-DES-LANDES	1
35015	BALAZE	2	35139	LAILLE	2	35253	SAINTE-AUBIN-DU-CORMIER	1
35016	BAULON	1	35140	LALLEU	1	35254	SAINTE-AUBIN-DU-PAVAIL	1
35018	BAZOUGE-DU-DESERT	2	35146	LANGOJET	1	35256	SAINTE-BRIAC-SUR-MER	10
35019	BAZOUGES-LA-PEROUSE	6	35147	LANHELIN	2	35257	SAINTE-BRICE-EN-COGLES	10
35025	BILLE	1	35150	LECOUSSE	1	35259	SAINTE-GEORGES-DE-REDNTEMPLE	1
35027	BOISGERVILLY	3	35151	LIEURON	2	35262	SAINTE-COLOMBE	1
35028	BOISTRUDAN	1	35152	LIFFRE	1	35263	SAINTE-COULOMB	3
35029	BONNEMAIN	4	35159	LOURMAIS	3	35266	SAINTE-ERBLON	1
35033	BOURG-DES-COMPTES	1	35162	LOUVIGNE-DU-DESERT	4	35267	SAINTE-ETIENNE-EN-COGLES	3
35034	BOUSSAC	7	35167	MARTIGNE-FERCHAUD	3	35269	SAINTE-GEORGES-DE-CHESNE	2
35035	BOVEL	1	35168	MAURE-DE-BRETAGNE	1	35271	SAINTE-GEORGES-DE-REDNTEMPLE	3
35037	BREAL-SOUS-MONTFORT	2	35169	MAXENT	1	35273	SAINTE-GERMAIN-EN-COGLES	1
35038	BREAL-SOUS-VITRE	1	35171	MEDREAC	2	35274	SAINTE-GERMAIN-SUR-ILLE	1
35041	BRIE	1	35172	MELLAC	4	35275	SAINTE-GILLES	2
35042	BRIELLES	1	35173	MELESSE	10	35278	SAINTE-GREGOIRE	2
35043	BROONS-SUR-VILAINE	1	35175	MERNEL	1	35280	SAINTE-HILAIRE-DES-LANDES	2
35044	BROULAN	2	35176	MESSAC	1	35281	SAINTE-JACQUES-DE-LA-LANDE	1
35045	BRUC-SUR-AFF	1	35178	MEZIERES-SUR-COUESNON	1	35282	SAINTE-JEAN-SUR-COUESNON	2
35046	BRULAIS	2	35179	MINIAC-MORVAN	4	35283	SAINTE-JEAN-SUR-VILAINE	1
35047	BRUZ	1	35180	MINIAC-SOUS-BECHEREL	1	35284	SAINTE-JOUAN-DES-GUERETS	7
35049	CANCALE	6	35181	MINIHIC-SUR-RANCE	1	35287	SAINTE-LUNAIRE	2
35050	CARDROC	1	35184	MONTAUBAN	1	35288	SAINTE-MALO	10
35051	CESSON-SEVIGNE	1	35185	MONTAUTOUR	2	35292	SAINTE-MARC-LE-BLANC	4
35052	CHAMPEAUX	1	35186	MONT-DOL	1	35293	SAINTE-MARC-SUR-COUESNON	1
35056	CHAPELLE-AUX-FILTZMEENS(LA)	1	35187	MONTERFIL	1	35294	SAINTE-MARIE	3
35058	CHAPELLE-CHAUSSEE (LA)	1	35189	MONTGERMONT	1	35296	SAINTE-MEDARD-SUR-ILLE	1
35062	CHAPELLE-JANSON	3	35191	MONTTOURS	1	35297	SAINTE-MEEN-LE-GRAND	5
35068	CHATEAUBOURG	12	35192	MONTREUIL-DES-LANDES	1	35299	SAINTE-MELOIR-DES-ONDES	15
35071	CHATELLIER	3	35194	MONTREIL-SOUS-PEROUSE	1	35303	SAINTE-OUEN-LA-ROUERIE	4
35072	CHATELLON-EN-VENDELAIS	2	35196	MORDELLES	1	35306	SAINTE-PERE	7
35075	CHAUVIGNE	1	35198	MOULINS	2	35308	SAINTE-PIERRE-DE-PLESGUEN	1
35082	COESMES	4	35200	MOUTIERS	2	35309	SAINTE-REMY-DU-PLAIN	4
35083	COGLES	1	35201	MUEL	4	35310	SAINTE-SAUVEUR-DES-LANDES	1
35085	COMBOURG	9	35202	NOE-BLANCHE (LA)	1	35314	SAINTE-SULLAC	4
35087	CORNILLE	1	35204	NOUVOITOU	1	35318	SAINTE-THUAL	1
35088	CORPS-NUDS	2	35205	NOYAL-SOUS-BAZOUGES	4	35322	SEL-DE-BRETAGNE	1
35089	COUYERE	1	35206	NOYAL-SUR-SEICHE	2	35323	SELLE-EN-COGLES(LA)	1
35092	CUGUEN	1	35209	OSSE	3	35324	SELLE-EN-LUITRE	5
35093	DINARD	6	35210	PACE	1	35326	SENS-DE-BRETAGNE	1
35094	DINGE	3	35211	PAIMPONT	3	35327	SERVON-SUR-VILAINE	2
35095	DOL-DE-BRETAGNE	11	35212	PANCE	1	35328	SIXT-SUR-AFF	3
35096	DOMAGNE	1	35215	PARIGNE	3	35329	SOUGEAL	2
35097	DOMALAIN	2	35219	PIPRIAC	4	35331	TALENSAC	2
35099	DOMLOUP	2	35220	PIRE-SUR-SEICHE	1	35334	THORIGNE-SUR-VILAINE	1
35101	DOURDAIN	1	35221	PLECHATEL	5	35336	TIERCENT	1
35102	DROUGES	1	35222	PLEINE-FOUGERES	5	35337	TINTENIAC	2
35103	EANCE	3	35223	PLELAN-LE-GRAND	1	35339	TRANS	1
35104	EPIGNAC	8	35224	PLERGUER	1	35341	TREMBLAY	4
35105	ERBREE	2	35225	PLESDER	1	35343	TRESBOEUF	1
35108	ESSE	1	35226	PLEUGUENEUC	4	35347	VAL-D'IZE	5
35110	FEINS	1	35227	PLEUMELEUC	1	35353	VEZIN-LE-COQUET	1
35112	FLEURIGNE	1	35228	PLEURTUIT	4	35354	VIEUX-VIEL	1
35113	FONTENELLE	3	35231	POLIGNE	1	35355	VIEUX-VY-SUR-COUESNON	1
35114	FORCES-LA-FORET	1	35232	PRINCE	3	35356	VIGNOC	1
35115	FOUGERES	1	35234	QUEDILLAC	2	35358	VILLE-ES-NONAI	1
35117	GAEI	2	35235	RANNEE	2	35360	VITRE	11
35119	GENNES-SUR-SEICHE	1	35236	REDON	1	35362	TRONCHET(LE)	1
			35238	RENNES	2			195

Inventaire de forages complémentaires - Année 4					
Département du Morbihan					
NUMERO	NOM COMMUNE	Forages localisés	NUMERO	NOM COMMUNE	Forages localisés
56001	ALLAIRE	1	56133	MISSIRIAC	1
56004	ARZAL	5	56134	MOHON	4
56006	AUGAN	1	56140	MOREAC	3
56008	BADEN	2	56143	MUZILLAC	1
56010	BAUD	1	56144	NAIZIN	2
56012	BEIGNON	1	56145	NEANT-SUR-YVEL	8
56015	BERRIC	6	56146	NEULLIAC	3
56017	BIGNAN	6	56147	NIVILLAC	1
56024	BREHAN-LOUDEAC	3	56149	NOYAL-MUZILLAC	3
56026	BUBRY	1	56151	NOYAL-PONTIVY	1
56028	CADEN	1	56153	PEAULE	3
56032	CAMPENEAC	2	56157	PLAUDREN	1
56033	CARENTOIR	11	56158	PLESCOP	1
56045	COURS (LE)	1	56159	PLEUCADEUC	5
56047	CRE DIN	6	56160	PLEUGRIFFET	1
56048	CROISTY(LE)	1	56162	PLOEMEUR	20
56049	CROIXANVEC	1	56163	PLOERDUT	2
56053	ELVEN	1	56165	PLOERMEL	3
56054	ERDEVEN	3	56166	PLOUAY	1
56058	FEREL	3	56168	PLOUHARNEL	1
56067	GRAND-CHAMP	9	56170	PLOURAY	1
56069	GROIX	42	56178	PONTIVY	2
56072	GUELTAS	2	56184	QUESTEMBERT	1
56075	GUER	3	56194	RIEUX	1
56077	GUERNO(LE)	3	56197	ROC-SAINT-ANDRE(LE)	2
56080	GULLIERS	1	56198	ROHAN	3
56081	GUISCRIF	1	56206	SAINT-AVE	1
56083	HENNEBONT	3	56207	SAINT-BARTHELEMY	3
56091	JOSSELIN	7	56218	SAINT-GRAVE	1
56092	KERFOURN	1	56219	SAINT-GUYOMARD	5
56100	LANGONNET	1	56221	SAINT-JACUT-LES-PINS	2
56101	LANGUIDIC	1	56225	SAINT-LERY	1
56107	LARMOR-PLAGE	3	56232	SAINT-PERREUX	2
56109	LAUZACH	4	56240	SARZEAU	2
56113	LOCMALO	1	56242	SEGLIEN	2
56116	LOCMARIAQUER	1	56244	SERENT	1
56117	LOCMINE	3	56245	SILFIAC	1
56121	LORIENT	2	56249	TAUPONT	1
56122	LOYAT	3	56251	THEIX	3
56123	MALANSAC	2	56253	TREAL	1
56127	MAURON	1	56255	TREFFLEAN	1
56129	MENEAC	4	56261	VRAIE-CROIX(LA)	4
			56262	BONO	1
					155

Annexe 3

Champs lexicaux des foreurs du Morbihan - Champs lexicaux des foreurs d'Ille-et-Vilaine

Champs lexicaux des foreurs du Morbihan

Une carte des forages recensés dans la base de données SILURES Bretagne, a été éditée à l'échelle du département du Morbihan (cf. page suivante). Une analyse thématique sur les entreprises ayant réalisé les forages met en évidence les foreurs suivants les plus présents sur le département : PICAUT (1240 forages réalisés), CHICOINE (462), LE POL (205), FORAFRANCE (178), GOEFFIC (156) et BERTIN CORBE (103).

Pour chacun de ces foreurs, les termes les plus utilisés ont été recensés et affectés à la dénomination des milieux rencontrés. Le détail de cette recherche est précisé ci-dessous.

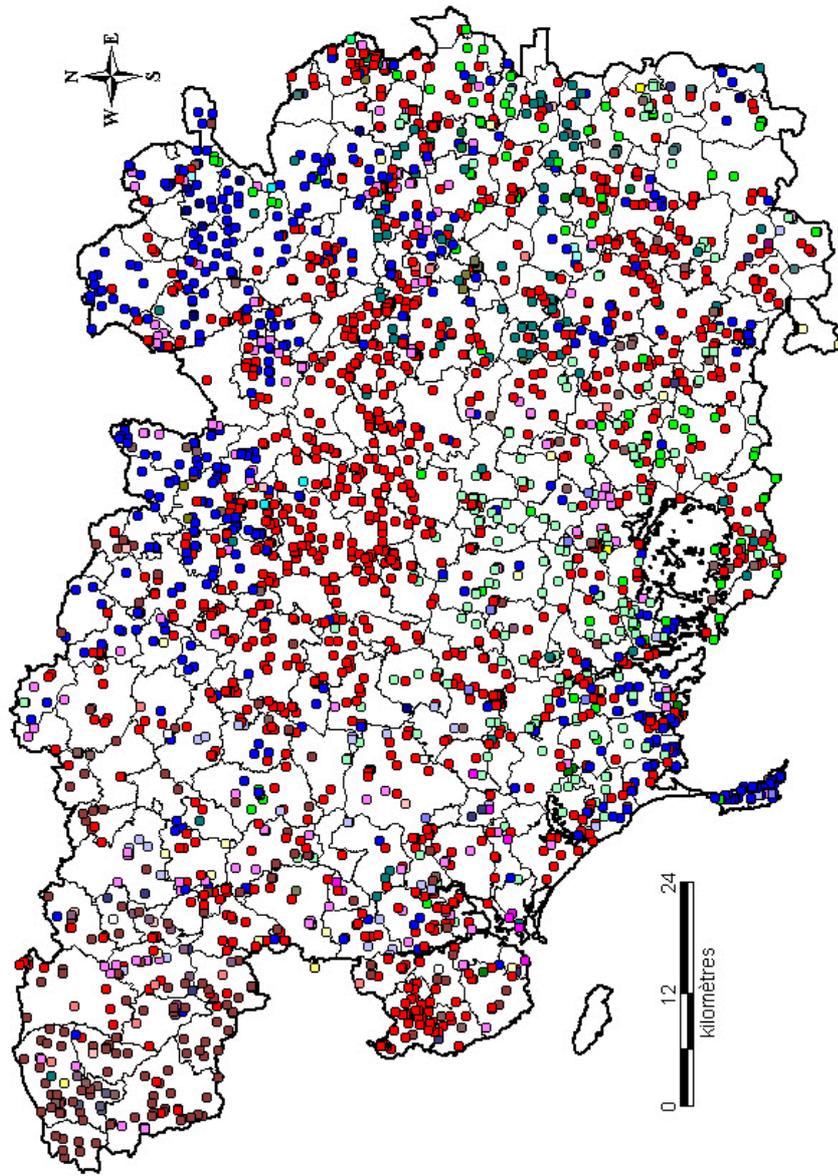
Dans le texte ci-dessous, en raison de l'analyse critique des descriptions géologiques et hydrogéologiques des forages que les entreprises ont réalisés, celles-ci ne seront pas nommées (affectées d'une lettre A, B, C...).

Entreprise A

La description géologique des forages est soit unique (schiste ou granite) soit absente. Seuls le débit obtenu en fin de foration et parfois la 1^{ère} arrivée d'eau sont indiqués (pas d'indication sur la profondeur des arrivées d'eau). L'interprétation de l'épaisseur des altérites devra s'appuyer sur la profondeur de la 1^{ère} arrivée d'eau quand elle existe. Les quelques termes utilisés sont les suivants :

- AA : arène argileuse,
argile sableuse, argile d'altération
- AP : sable
- FF et F : granite, granite dur,
schiste, schiste et quartz, micaschistes

Entreprises de forages (nombre de forages réalisés*)	
○ non défini	(5)
● BERTIN CORBE	(103)
● BONNIER GILBERT	(2)
● BONAMY	(1)
● BRUNEL	(1)
● BOTTE	(6)
● BONNIER VICTOR	(13)
● CHICOINE	(462)
● DENIS	(13)
● DOL FORAGE	(1)
● EAUREKA	(8)
● FORAFRANCE	(178)
● FIAB	(2)
● FORLOC	(3)
● GOEFFIC	(156)
● HUET	(8)
● INCONNU	(15)
● LE BONNIEC	(1)
● LE CAIGNARD	(5)
● LEFEUVRE	(91)
● LE MAGOUROU	(10)
● LE POL	(205)
● LE BORGNE	(32)
● MOLAC	(3)
● NSSR	(22)
● SOFO	(4)
● PERFORA	(53)
● PICAUT	(1240)
● LE PAPE	(5)
● PRISER	(19)
● S.F.S.	(15)
● SETRASOL	(15)
● STENWICK	(18)



(*) Les forages représentés sont ceux qui sont répertoriés dans la base de données et donc localisés

Répartition de l'intervention des foreurs dans le Morbihan

Entreprise B

Avant 1989 et après 1999, la description géologique des forages est unique et les arrivées d'eau sont détaillées. Entre 1989 et 1999, seuls le débit obtenu en fin de foration et une géologie sont précisés. L'interprétation de l'épaisseur des altérites devra s'appuyer sur la profondeur de la 1^{ère} arrivée d'eau quand elle existe. Les quelques termes utilisés sont les suivants :

AA : argile, terre
AP : sable
FF et F : granite, granite et quartz,
grès,
granite jaune, gris, bleu,
schiste et quartz

Entreprise C

Cette entreprise de forage n'a exercée que jusqu'en 1983. Les forages sont décrits par une géologie unique, par la profondeur des arrivées d'eau qui est notée mais sans débit associé, et par le débit obtenu en fin de foration. L'interprétation devra s'appuyer sur la profondeur des arrivées d'eau. Les quelques termes utilisés sont les suivants :

AA : arène argileuse
AP : sable, arène granitique
FF et F : granite bleu, granite altéré, granite et quartz,
gneiss,
schistes

Entreprise D

Les forages ont une description géologique plus ou moins approfondie et des arrivées d'eau détaillées. L'interprétation devra se baser obligatoirement sur les profondeurs des arrivées d'eau (qui sont bien renseignées) et la profondeur d'arrêt de ces arrivées. Les termes les plus fréquemment utilisés par l'entreprise sont les suivants :

AA : argile, kaolin
AP : arènes,
tourbe
FF et F : granite altéré,
granite avec quartz, schiste avec quartz,
granite gris avec passages jaunâtres

Entreprise E

Les forages sont bien renseignés en terme d'arrivées d'eau et parfois en terme de côtes géologiques (parfois une géologie unique). L'interprétation devra se baser sur les profondeurs des informations géologiques, et à défaut sur les profondeurs des arrivées d'eau. Les termes les plus fréquemment utilisés par l'entreprise de forage sont les suivants :

- AA : kaolin, argile, glaise,
schiste jaune
- AP : granites pourris
- FF et F : schistes et grès,
schistes et quartz,
schistes bruns et gris,
granite jaune, blanc, gris,
pierre grise, blanche, noire
- SF et S : pierre grise (sans arrivées d'eau)

Entreprise F

Cette entreprise de forage n'a exercée que jusqu'en 1988. Les forages ont une description géologique plus ou moins approfondie et des arrivées d'eau rarement détaillées. L'interprétation devra se baser sur les profondeurs des informations géologiques, et à défaut sur la profondeur de la 1^{ère} arrivée d'eau. Les termes les plus fréquemment utilisés par l'entreprise sont les suivants :

- AA : glaise
- AP : pierre tendre, pierre rouillée,
sable
- FF et F : schistes bleus tendres,
pierre bleue,
grès gris jaunes,
granite altéré, bleu, jaune

Champs lexicaux des foreurs d'Ille-et-Vilaine

Une carte des forages recensés dans la base de données SILURES Bretagne, a été éditée à l'échelle du département d'Ille-et-Vilaine (cf. page suivante). Une analyse thématique sur les entreprises ayant réalisé les forages met en évidence les foreurs suivants les plus présents sur le département : DOL FORAGE (652 forages réalisés), HELBERT (221), BONNIER GILBERT (189), BERTIN CORBE (177), BONNIER VICTOR (143) et PERFORA (138).

Pour chacun de ces foreurs, les termes les plus utilisés ont été recensés et affectés à la dénomination des milieux rencontrés. Le détail de cette recherche est précisé ci-dessous.

Dans le texte ci-dessous, en raison de l'analyse critique des descriptions géologiques et hydrogéologiques des forages que les entreprises ont réalisés, celles-ci ne seront pas nommées (affectées d'une lettre A, B, C...).

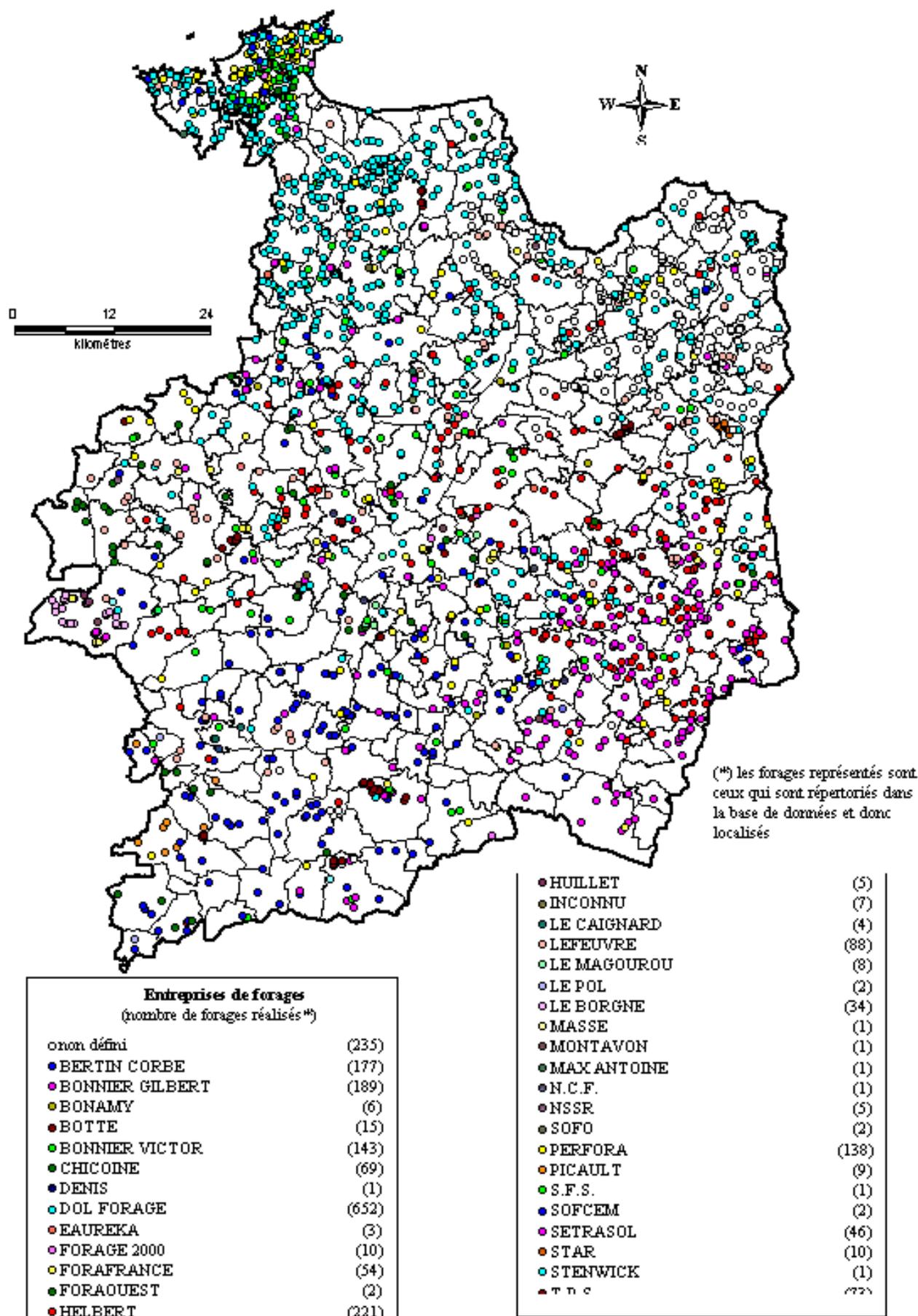
Entreprise A

Les forages ont une description géologique unique (parfois approfondie) et des arrivées d'eau détaillées. En l'absence d'information géologique, l'interprétation devra se baser sur les profondeurs des arrivées d'eau, sur la première arrivée d'eau (très souvent renseignée) et sur la profondeur d'arrêt de ces arrivées. Les termes les plus fréquemment utilisés par l'entreprise sont les suivants :

AA : argiles, schistes tendres jaunes, schistes altérés jaunes ou bleutés

AP : sable, sable rouge,
limons, sables, schistes

FF et F : granite, granite bleu,
schistes, schiste jaune gris, schistes bleus,
schistes durs, schistes tendres



Répartition de l'intervention des foreurs dans l'Ille-et-Vilaine

Entreprise B

Les forages ont soit une description géologique unique soit absente (parfois « argile schistes ») et des arrivées d'eau bien détaillées. En l'absence d'information géologique, l'interprétation devra se baser sur les profondeurs des arrivées d'eau, sur la première arrivée d'eau (souvent renseignée) et sur la profondeur d'arrêt de ces arrivées. Les termes les plus fréquemment utilisés par l'entreprise sont les suivants :

- AA : schiste friable,
argile, mélange sable et argile
- AP : sable
- FF et F : granites, cornéennes,
schistes, schistes très friables,
grès, grès et schistes

Entreprise C

Les forages sont décrits par une géologie unique et par des arrivées d'eau rarement détaillées (souvent un débit final). L'interprétation devra s'appuyer sur la profondeur de la 1^{ère} arrivée d'eau (souvent notée). Les quelques termes utilisés sont les suivants :

- AA : terre bleue, terre argile bleue
- FF et F : schistes plus ou moins gréseux,
schiste riche en quartz, schiste et quartz,
pierre bleue,
schistes, schistes ardoisiers

Entreprise D

Cette entreprise de forage n'a exercée que jusqu'en 1989. Les forages ont une description géologique plus ou moins approfondie et des arrivées d'eau qui ne sont pas détaillées (uniquement un débit final). L'interprétation devra se baser sur les profondeurs des informations géologiques, et à défaut sur la profondeur de la 1^{ère} arrivée d'eau (notée systématiquement, comme le niveau piézométrique). Les termes les plus fréquemment utilisés par l'entreprise sont les suivants :

- AA : pierre et glaise jaune,
schistes jaunes
- AP : pierre blanche,
grès jaune, gravier blanc

FF et F : schistes ardoisiers, ardoise, schistes rouges,
 pierre bleue, pierre blanche,
 grès gris, grès bleu tendre,
 tuf noir

Entreprise E

Cette entreprise de forage n'a exercée que jusqu'en 1984. Beaucoup de forages ne sont décrits que par leurs profondeurs et n'ont donc pas d'informations (géologie et débit). Les autres forages ont une description géologique plus ou moins approfondie et des arrivées d'eau qui ne sont pas détaillées (uniquement un débit final). L'interprétation devra se baser sur les profondeurs des informations géologiques, et à défaut sur la profondeur de la 1^{ère} arrivée d'eau (notée systématiquement). Les termes les plus fréquemment utilisés par l'entreprise sont les suivants :

AA : argile, schiste tendre

FF et F : schistes, schiste dur,
 schiste gris moyen, schiste gréseux,
 granite avec informations : profondeur du quartz ou d'une faille,
 micaschistes et gneiss

SF et S : schiste très dur

Entreprise F

Cette entreprise de forage n'a exercée que jusqu'en 1978. La géologie décrite lors de la réalisation des forages d'eau est très peu détaillée (un mot voir aucun) et les arrivées d'eau sont régulièrement mesurées. L'interprétation devra s'appuyer sur les profondeurs des arrivées d'eau et sur la profondeur de la 1^{ère} arrivée d'eau. Les termes les plus fréquemment utilisés par l'entreprise de forage sont les suivants :

AA : argile, vase

AP : sable, arène

FF et F : granite,
 schiste, schiste gréseux

Annexe 4

Régressions climatiques des 24 bassins versants

-

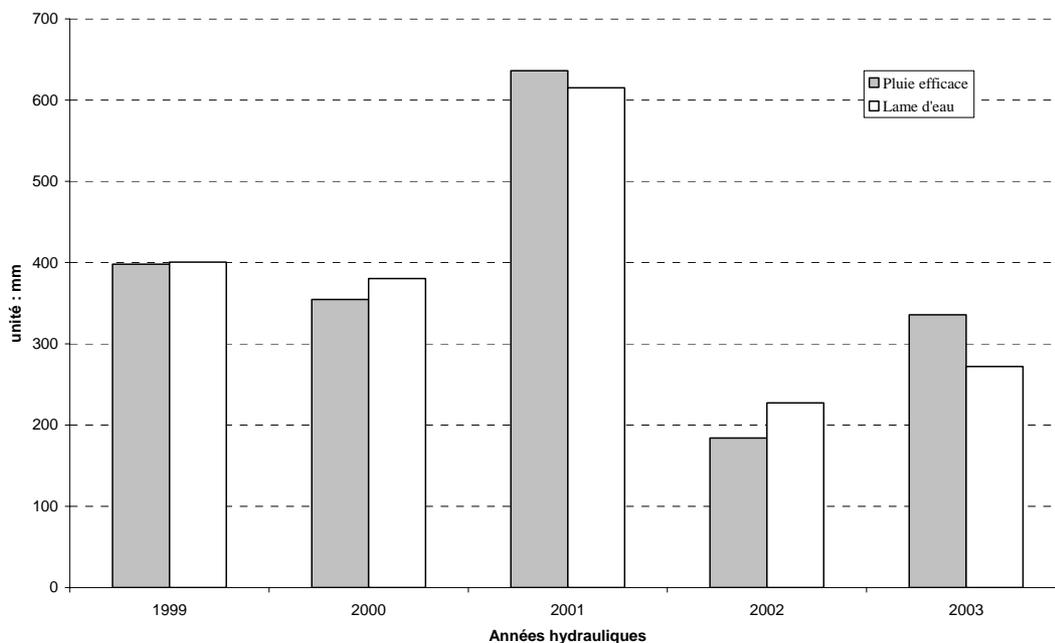
Comparaison de la lame d'eau et des pluies efficaces

Bassin versant	Dépt	Station hydrométrique	N° station	Superficie BV (km²)	Pluie BV	ETP BV
N°e Stéche	22	Quintin	/	8.1	P St-Donan	ETP St-Erneuc
Gandy	22	Plouguel	J2034010	125	0.75 P Pomment-Jaudy + 0.22 P Le Vieux Marché/Cavan + 0.03 P Louargat	0.97 ETP Pomment-Jaudy + 0.03 ETP Louargat
Jaudy	22	Mantalot	J2023010	164	0.19 P Pomment-Jaudy + 0.51 P Le Vieux Marché/Cavan + 0.25 P Louargat + 0.05 P Plésidey	0.70 ETP Pomment-Jaudy + 0.30 ETP Louargat
Leff	22	Quemper-Guézennec	J1813010	339	0.09 P Goudélin + 0.66 P Lanleff + 0.16 P Lanrodec + 0.09 P St-Donan	ETP St-Erneuc
Gouessant	22	Andel	J1313010	242	0.43 P Lamballe + 0.52 P Pléstan + 0.05 P Lanrelas	ETP Quinéfic
Blavet	22	Mûr-de-Bretagne (Guerédan)	J5412110	620	0.13 P Rostrenen + 0.63 P St-Igeaux + 0.18 P Kénten + 0.06 P Ste-Brigitte	ETP Rostrenen
Aber Ildit	29	Brétis [Keringar]	J3323020	89.5	P St-Renan	ETP Guipavas
Mignonne	29	Irvillac	J3514010	70	0.84 P Guipavas + 0.16 P Sizun	0.84 ETP Guipavas + 0.16 ETP St-Sarvas (Landivisau)
Douffine	29	Saint-Ségal	J3834010	138	0.14 P St-Ségal + 0.22 P Plonévez-du-Faou + 0.64 P Brasparts	ETP St-Ségal
Goyen	29	Pont-Croix [Kermaina]	J4014010	89.1	0.14 P Plozévet + 0.55 P Landudec + 0.31 P Quimper	ETP Pluguffan
Blavet	56+22	Langadic [Quellennec]	J5712130	1951	0.16 P Moréac + 0.16 P Pontivy + 0.20 P Baud + 0.21 P St-Igeaux + 0.08 P Quistin + 0.09 P Ste-Brigitte + 0.04 P Rostrenen + 0.06 P Kénten	0.69 ETP Pontivy + 0.31 ETP Kerpert
Oust	56+22	Saint-Gravé [Ecluse Le Guélin]	J8502310	2465	0.07 P Marcon I 0.19 P Floermel I 0.10 F Merdignac I 0.16 F Flénet I 0.12 P Pleucadeuc + 0.04 P St-Vran + 0.12 P Plouguenast + 0.20 P Lizio	0.68 ETP Floermel + 0.32 ETP Plouguenast
Couesnon	35	Romazy	J0121510	510	0.18 P Landéan + 0.30 P Fougères + 0.19 P Noyal-sous-Bazouges + 0.23 P St-Aubin-du-Cormier + 0.10 P St-Christophe	ETP Louigné-du-Désert
Nançon	35	Lécousse [Pont aux Arès]	J0014010	67	0.90 P Landéan + 0.10 P Fougères	ETP Louigné-du-Désert
Loisance	35	Saint-Ouen-la-Routière	J0144010	81.5	0.13 P Landéan + 0.60 P St-Germain + 0.27 P Noyal-sous-Bazouges	ETP Louigné-du-Désert
Groyut	35	Epinac	J0323010	63	P Broualan	ETP Pleurtuit
Néal	35	Médéac	J0626610	82	0.41 P Montauban + 0.59 P St-Pern	ETP Tréneur
Meu	35+56	Montfort-sur-Meu [L'Abbaye]	J7353010	468	0.02 P St-Vran + 0.03 P Merdignac + 0.12 P Trémorel + 0.34 P Montauban + 0.34 P Bléruas + 0.07 P Bédée + 0.08 P Monterfil	0.27 ETP Monterfil + 0.73 ETP Tréneur
Ille	35	Montreuil-sur-Ille	J7103010	103	0.95 P Melesse + 0.05 P Feins	ETP St-Jacques-de-la-Lande
Illet	35	Chasné-sur-Illet	J7114010	107	0.13 P Melesse + 0.87 P St-Aubin-du-Cormier	ETP St-Jacques-de-la-Lande
Flume	35	Paecé	J7214010	93	P Langgan	ETP St-Jacques-de-la-Lande
Seiche	35	Bruz [Carcé]	J7483010	820	0.26 P Corps-Nuds + 0.37 P Essé + 0.37 P Brielles	0.26 ETP St-Jacques-de-la-Lande + 0.74 ETP Martigné-Ferchaud
Sernon	35	Bain-de-Bretagne	J7633010	383	0.42 P Thourie + 0.58 P Martigné-Ferchaud	ETP Martigné-Ferchaud
Vilaine	35	Cesson-Sévigné [Stégné]	J7090630	854	0.19 P Lutré + 0.37 P St-Christophe + 0.37 P Luffé + 0.07 P St-Aubin-du-Cormier	0.44 ETP St-Jacques-de-la-Lande + 0.56 ETP Louigné-du-Désert

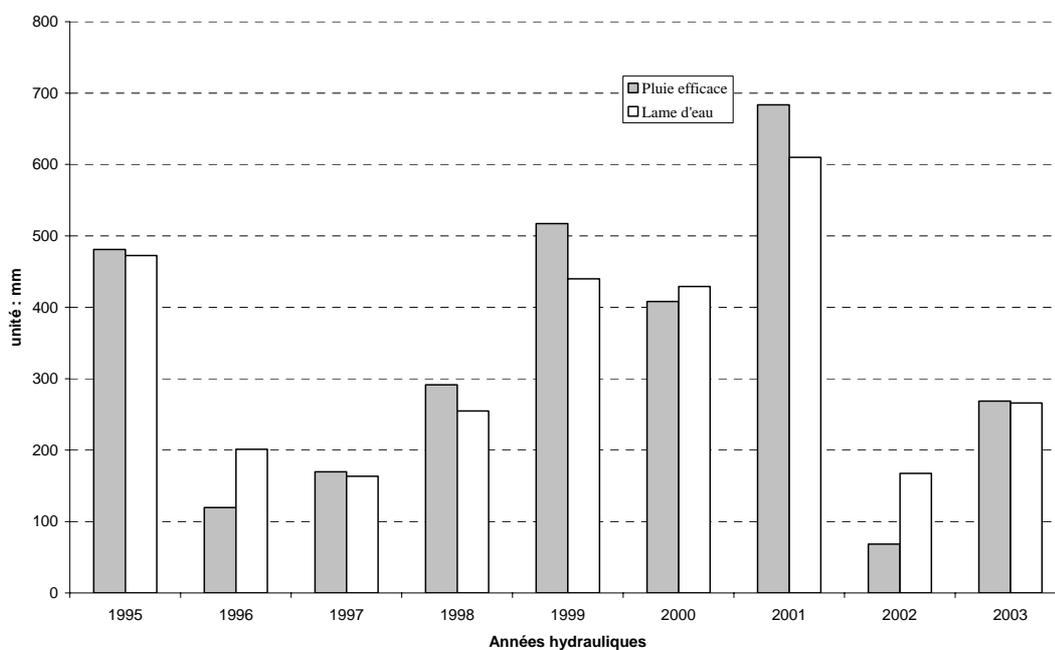
Régressions climatiques des 24 bassins versants

Comparaison entre pluie efficace et lame d'eau pour les 24 bassins versants

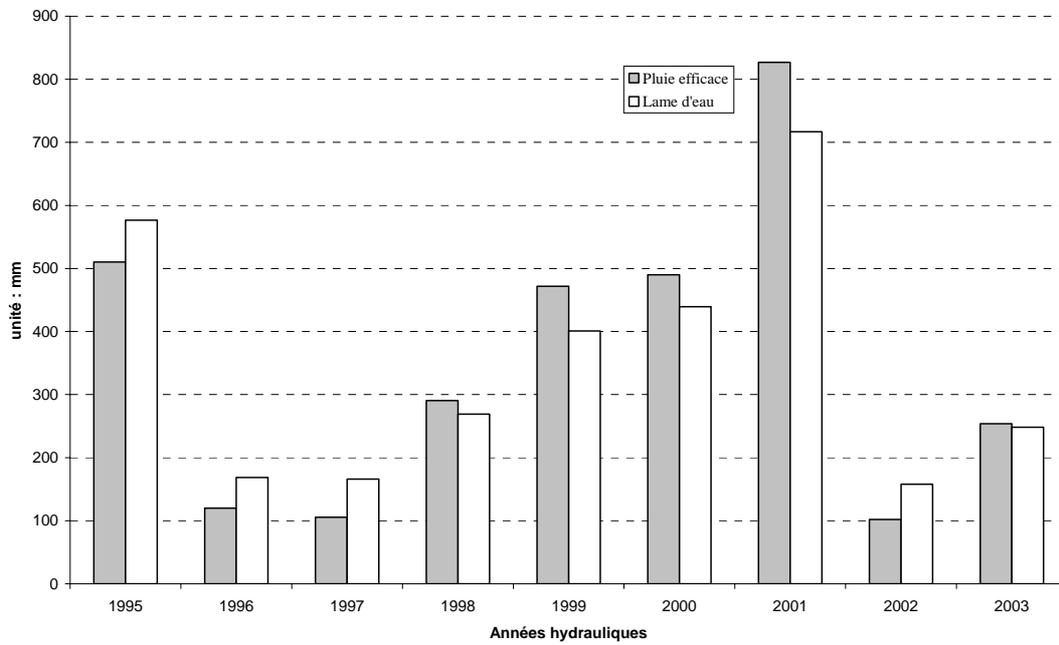
NOE SECHE



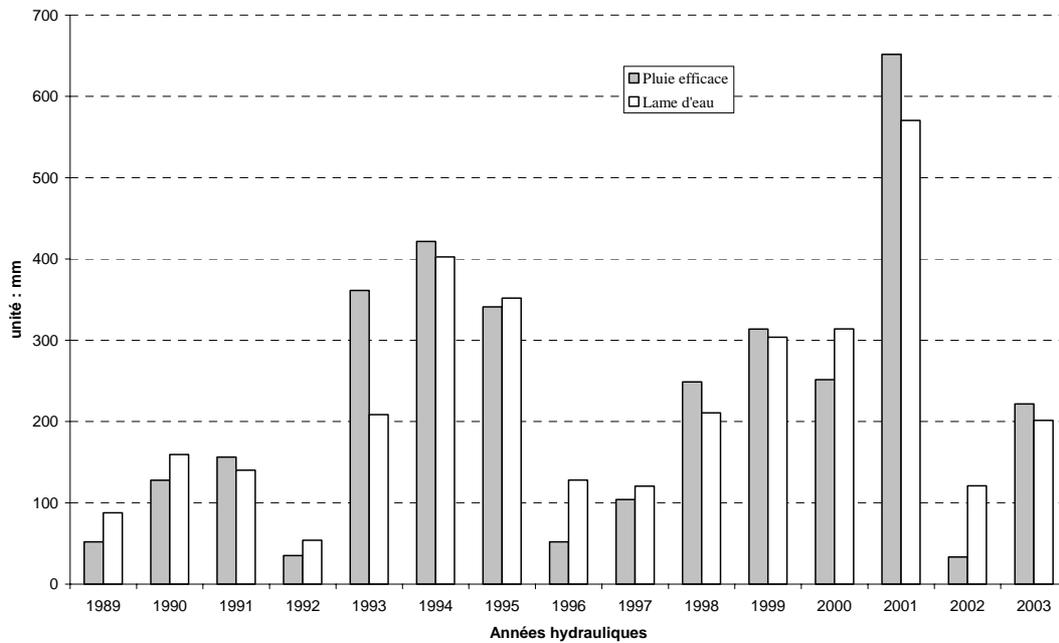
GUINDY



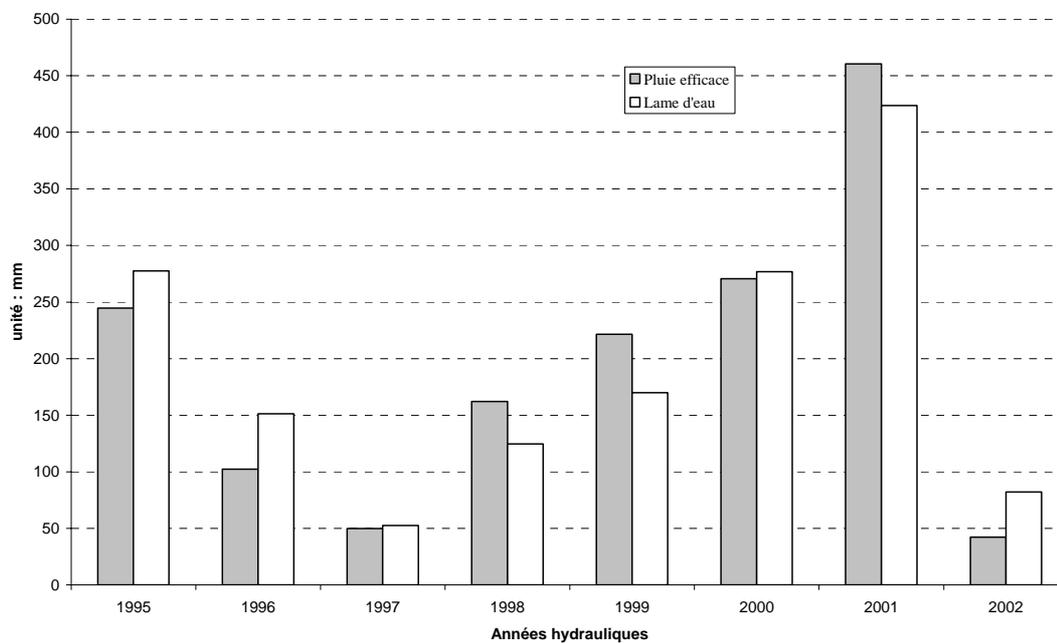
JAUDY



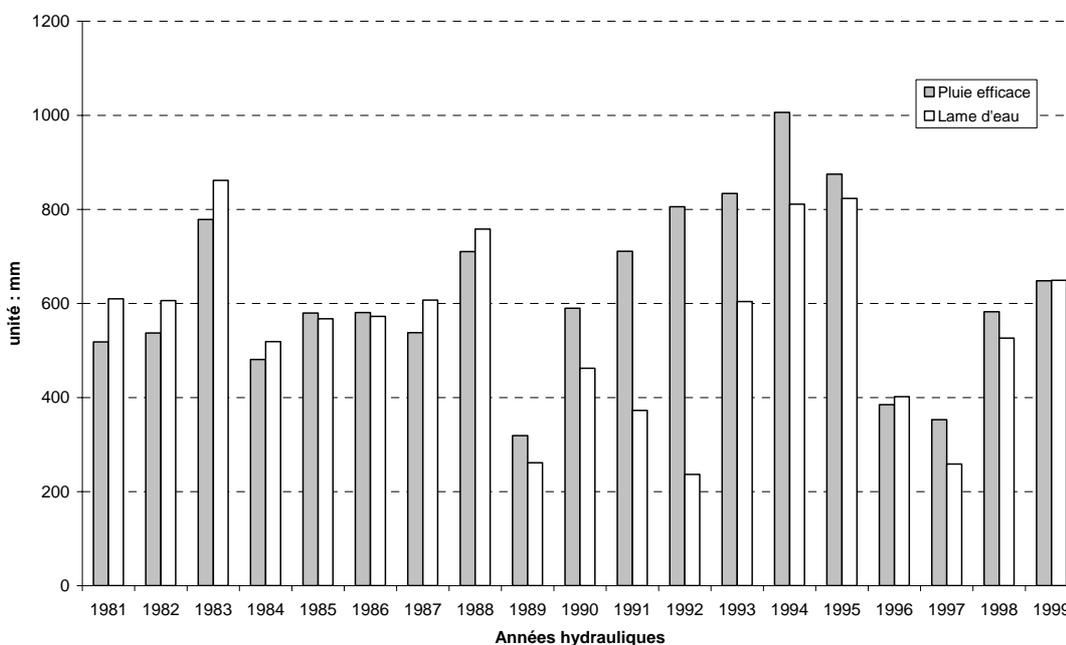
LEFF



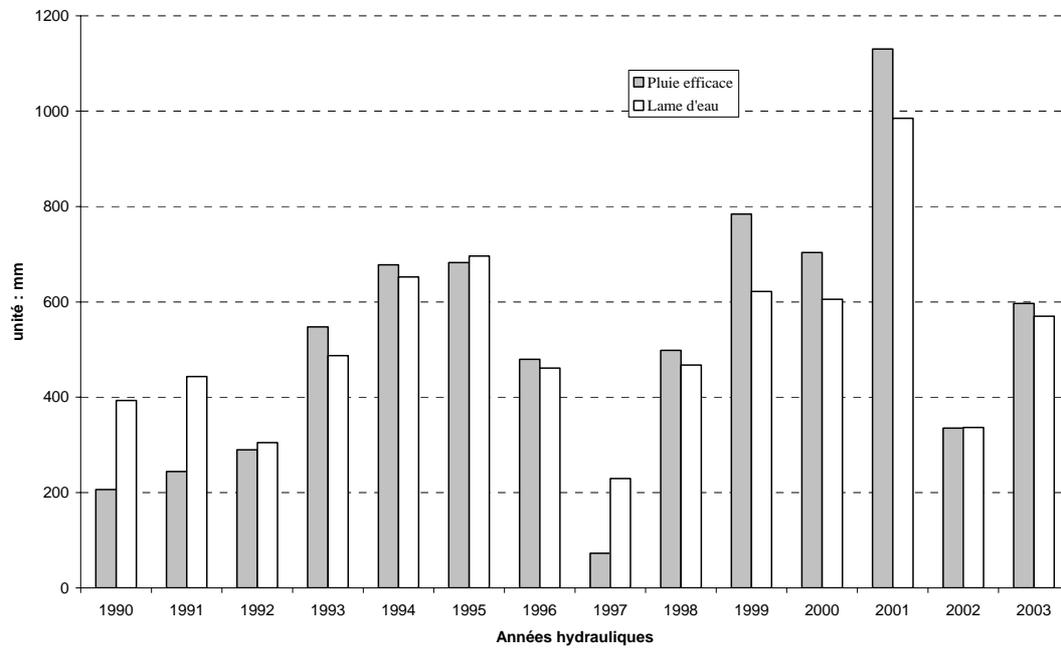
GOUESSANT



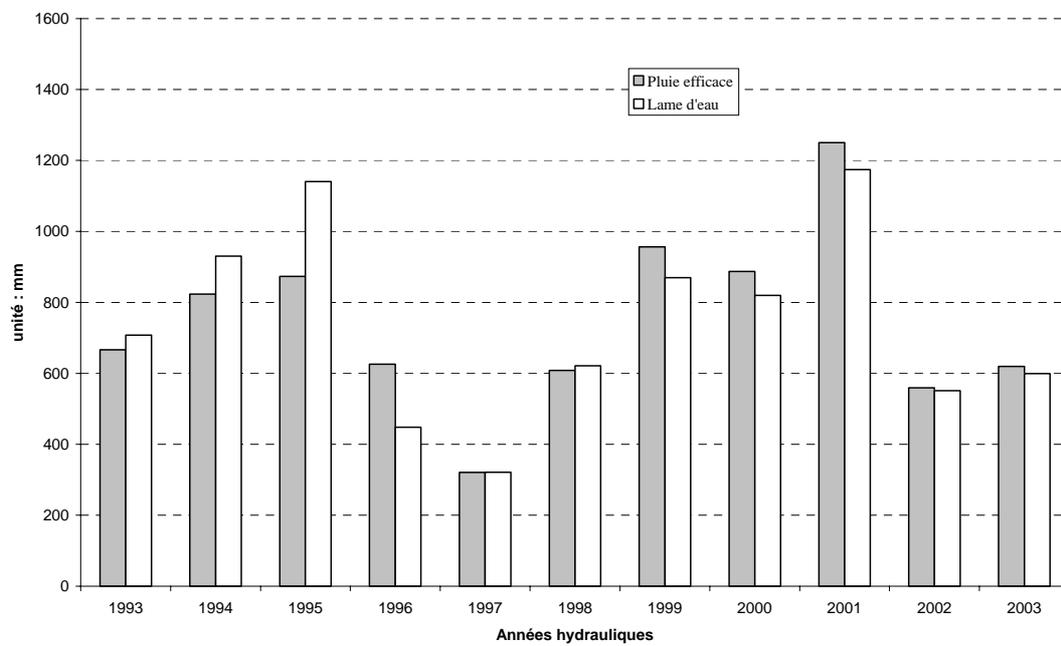
BLAVET (22)



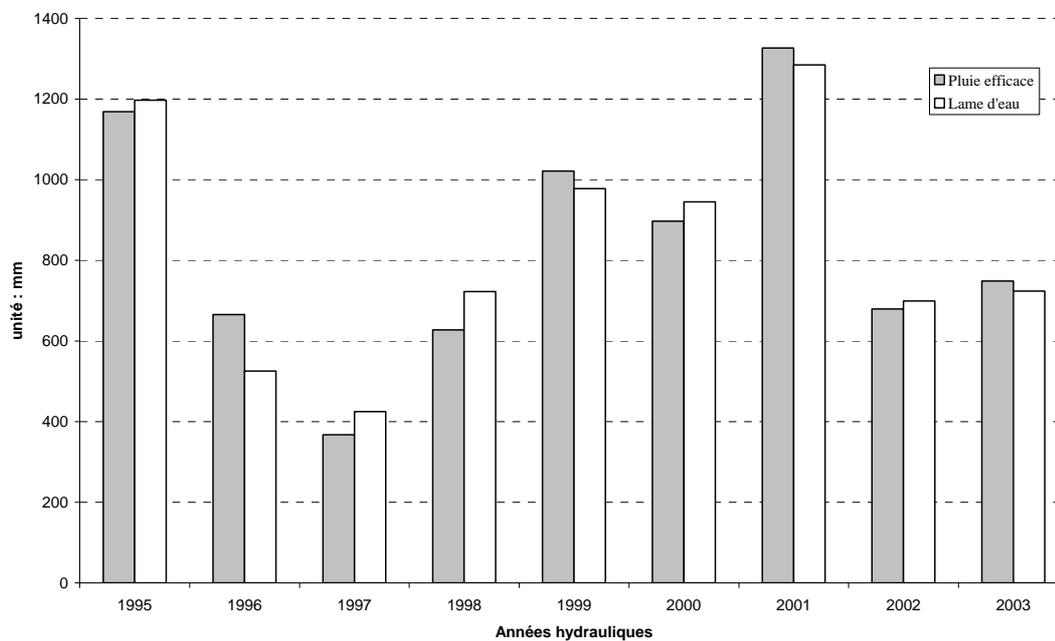
ABER ILDUT



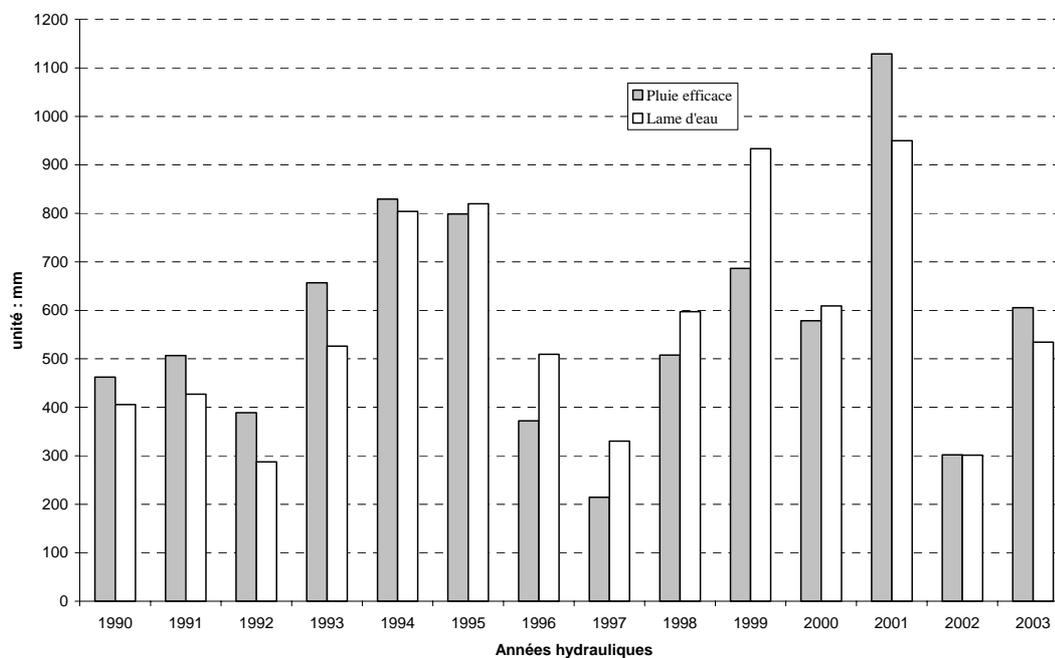
MIGNONNE



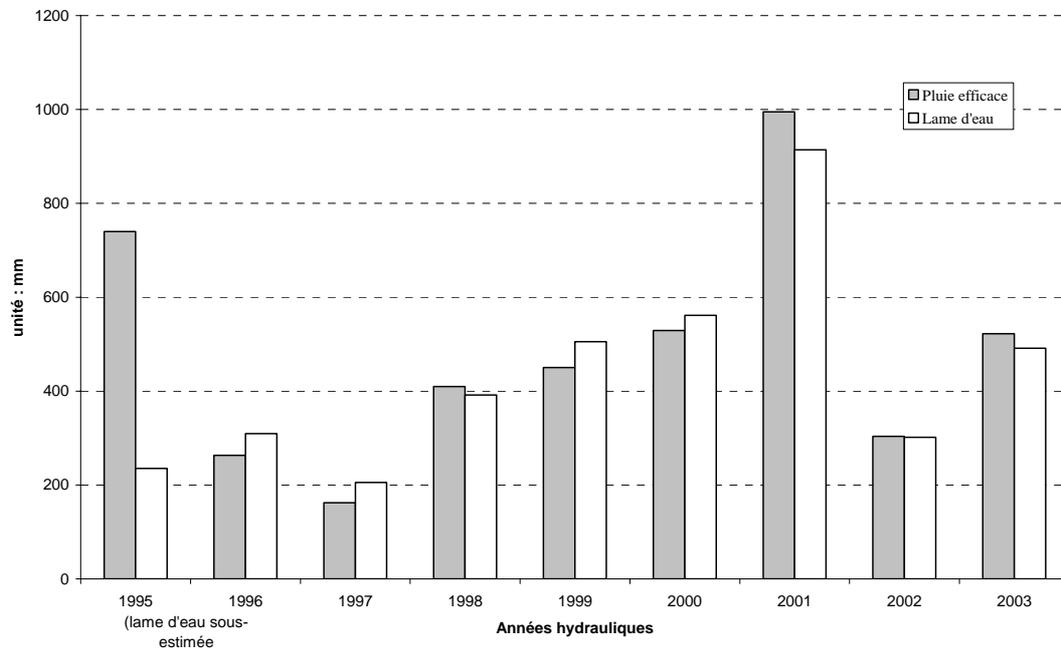
DOUFFINE



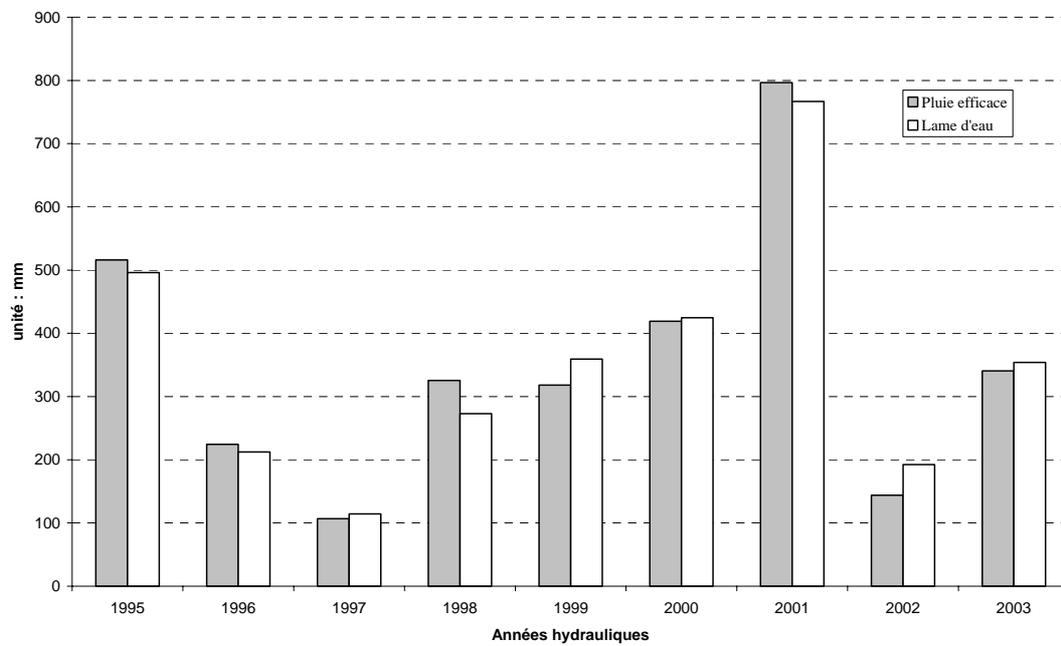
GOYEN



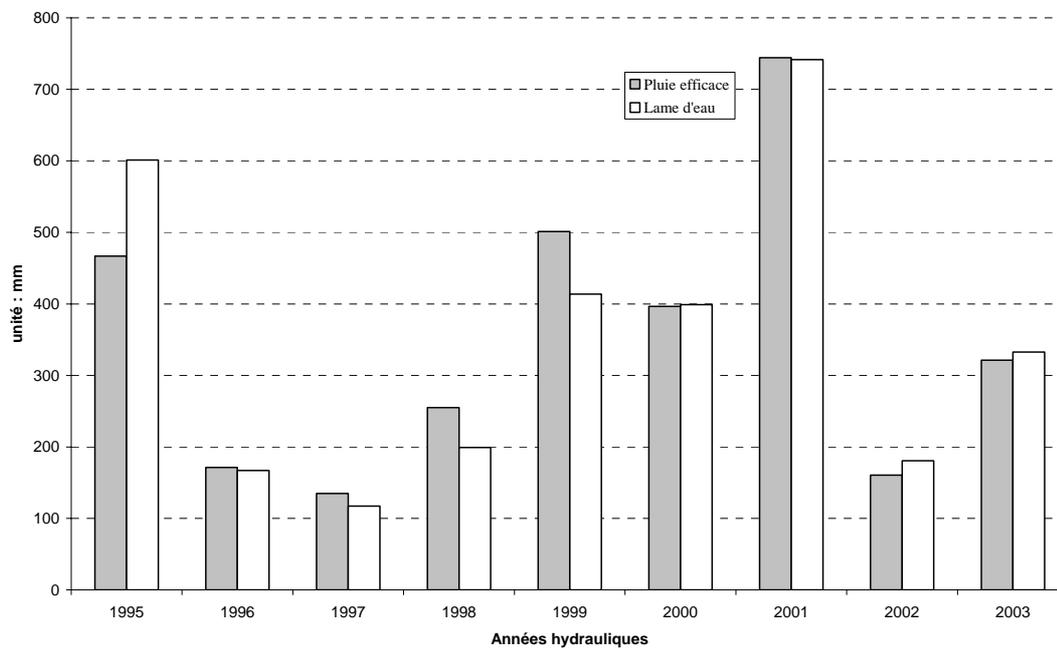
BLAVET (56)



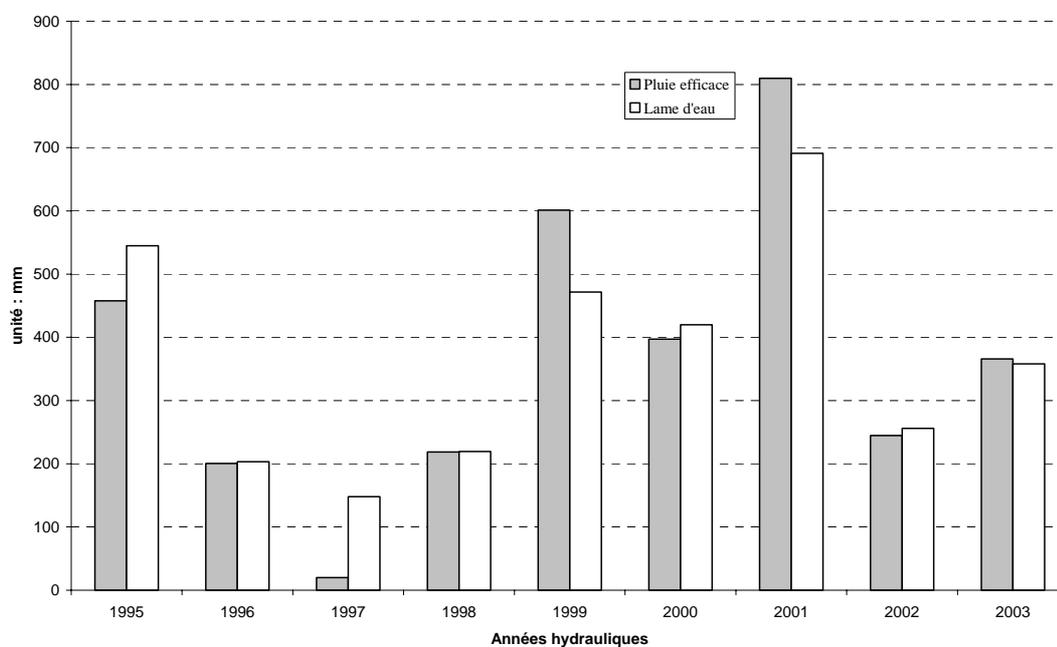
OUST (56)



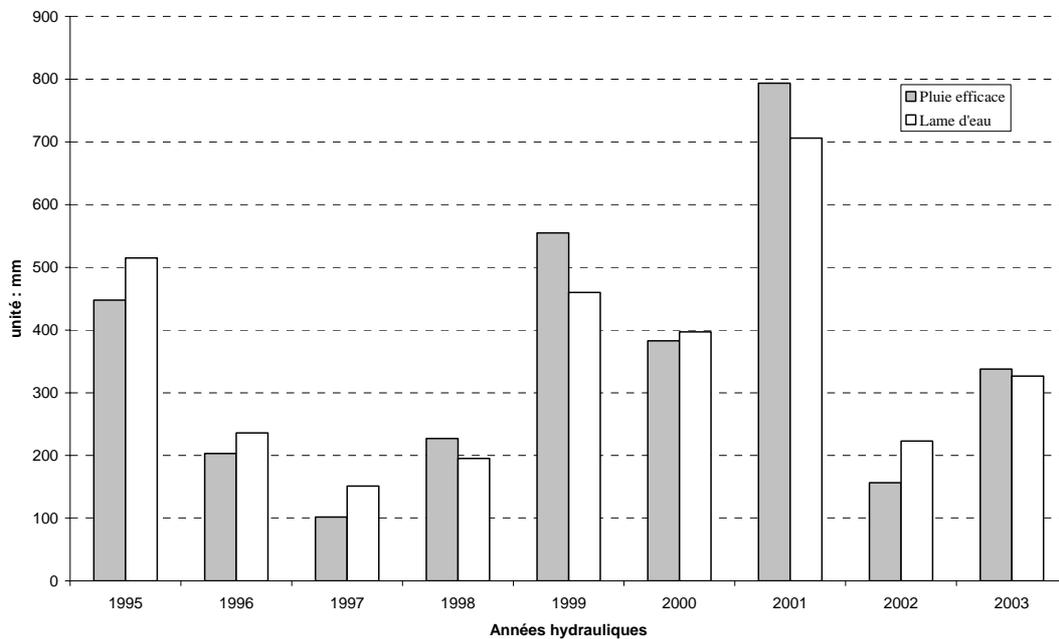
COUESNON



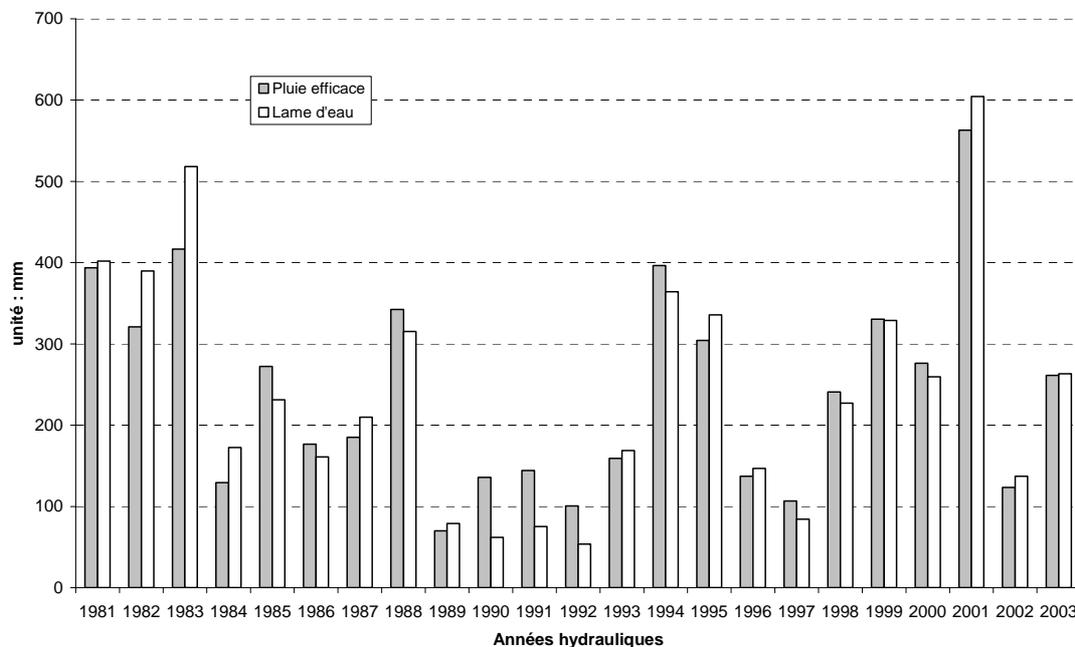
NANCON



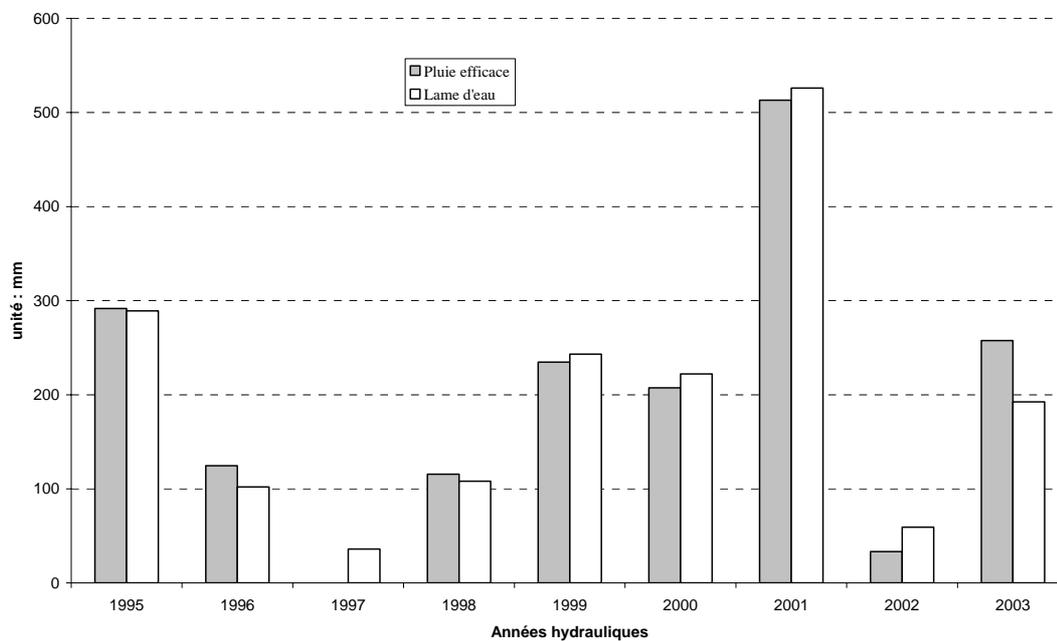
LOISANCE



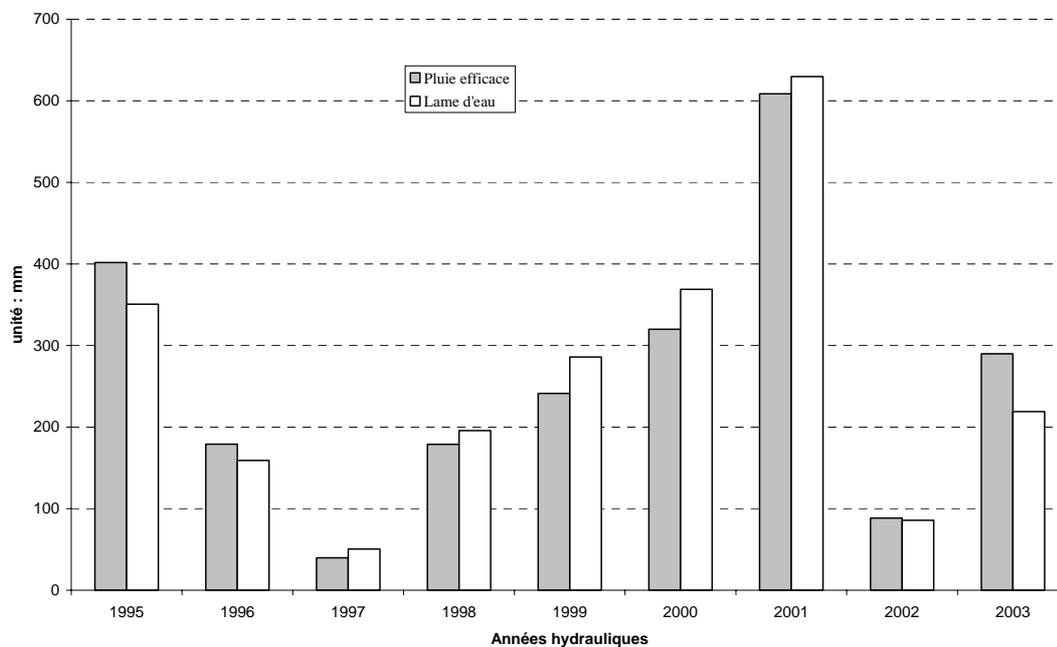
GUYOULT



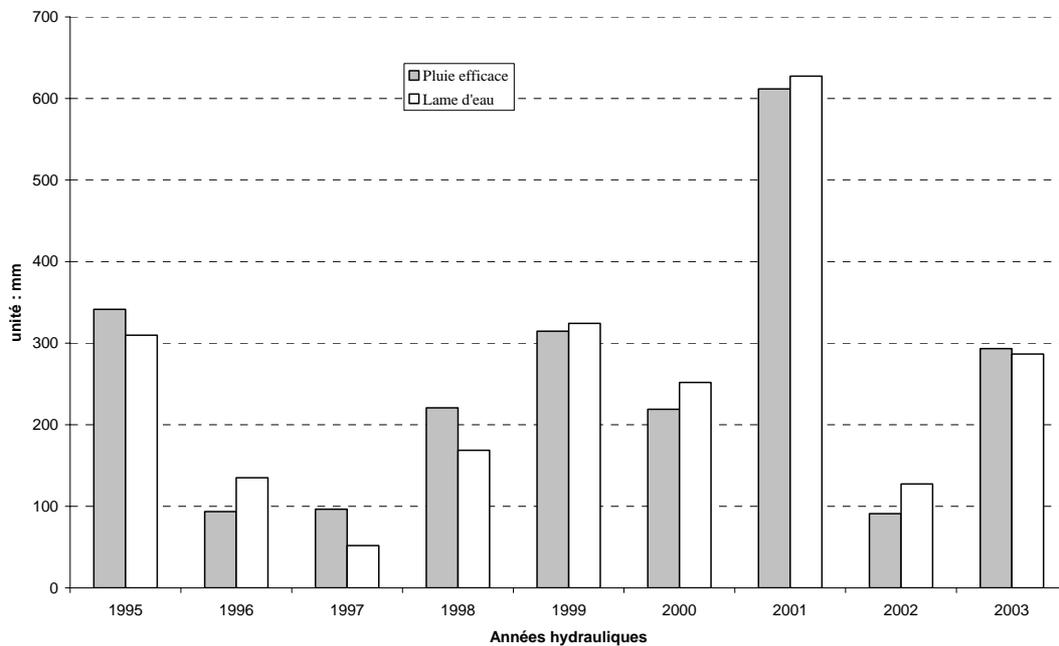
NEAL



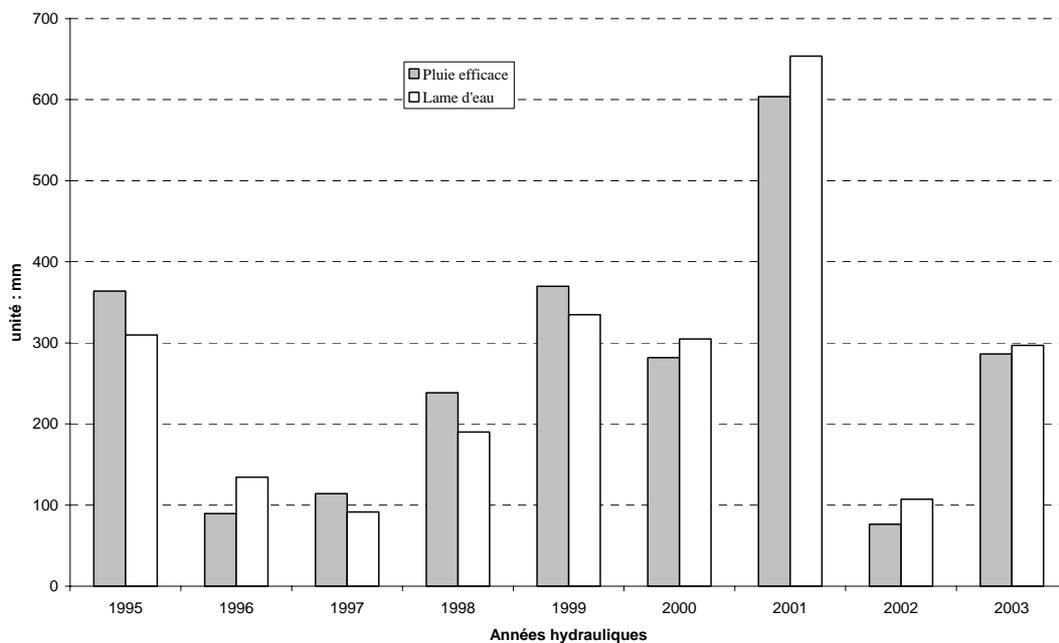
MEU



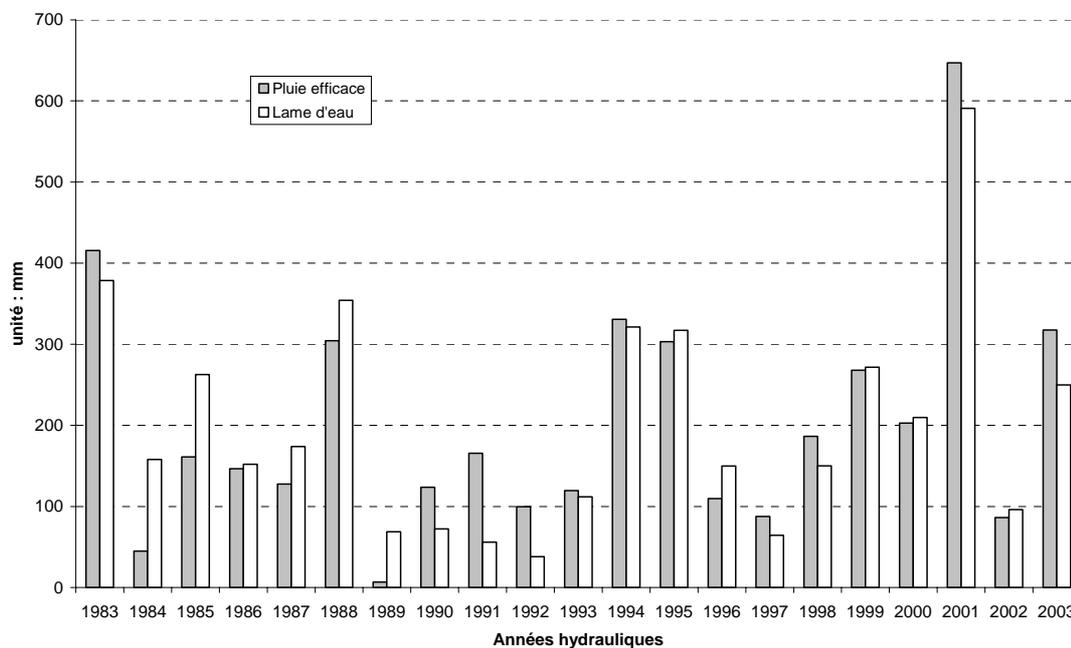
ILLE



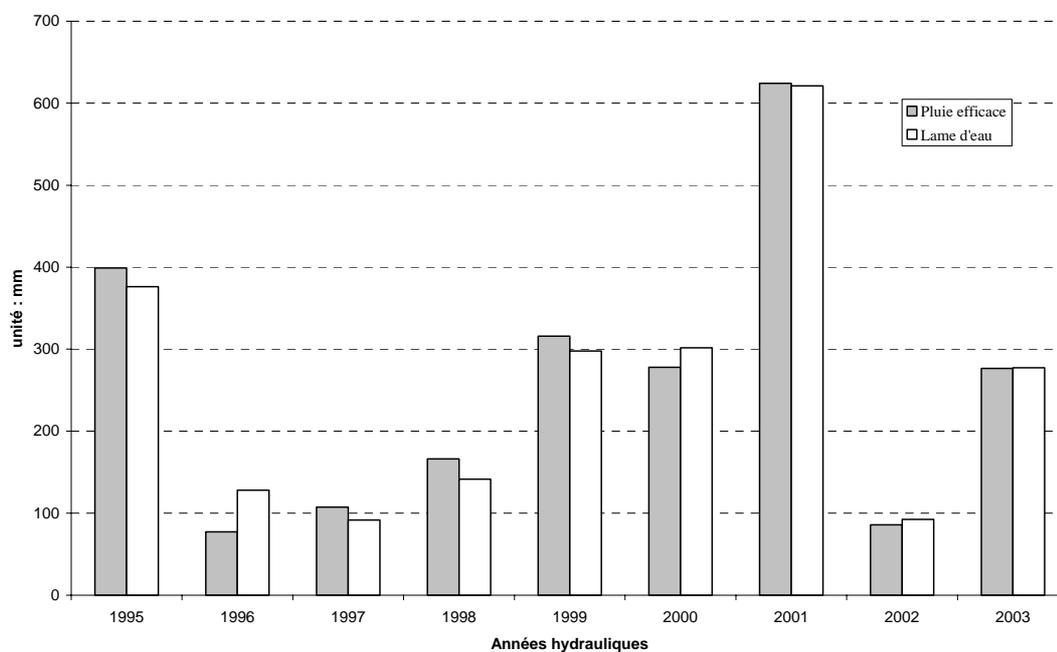
ILLET



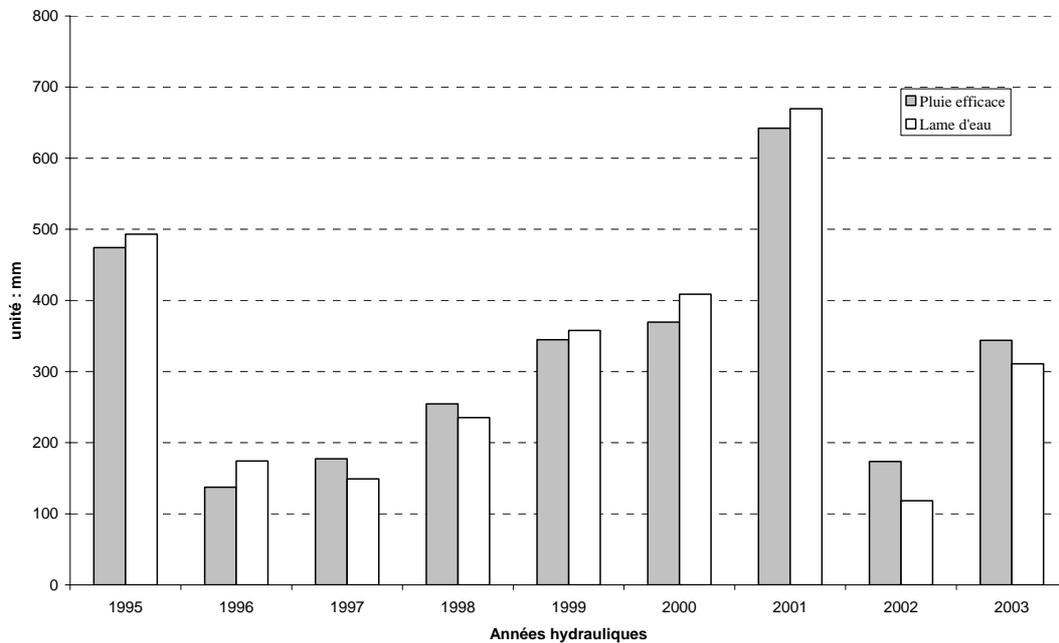
FLUME



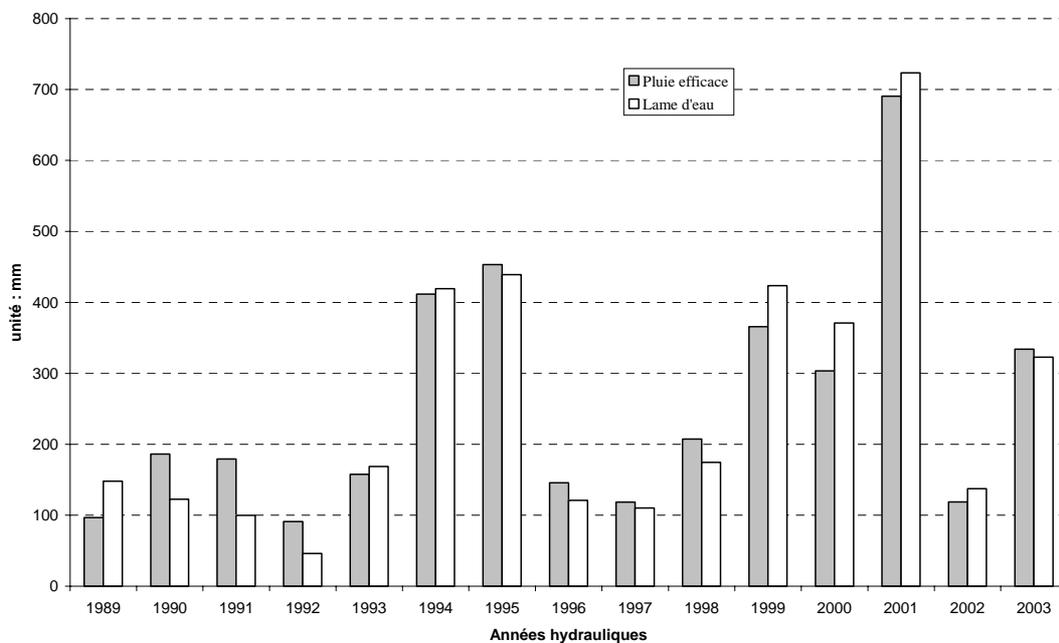
SEICHE



SEMNON



VILAINE (Cesson)



Annexe 5

**Paramètres retenus pour les modélisations
Gardénia[©] -
Résultats obtenus suite aux modélisations
Gardénia[©] -
Modélisation Gardénia[©], Calage des paramètres
des bassins versants -
Modélisation Gardénia[©], Débits mesurés et
calculés des bassins versants -
Débits annuels rapides et souterrains des
bassins versants -
Débits mensuels moyens interannuels des
bassins versants**

Basin versant	Dept	Station hydrometrique	N° station	Superficie EV (kar)	Années calage	Corrélation (%)	Période modélisation Gardénia	Corrélation (%)	RUMAX (mm)	RUIPER (mm)	TPERI (mois)	TARI (mois)	TPER2 (mois)	TAR2 (mois)
Nœe Stéche	22	Quintin	/	8.1	1999-2000	89	1999-2003	81	85	80	0.1	0.5	0.5	1.1
Chardy	22	Plouguel	J2024010	125	1995-1996	82	1995-2003	82	180	60	0.5	0.6	0.8	1.2
Jaudy	22	Montalot	J2022010	164	1997-1998	77	1995-2003	86	200	30	0.2	0.7	1.2	2.9
Leff	22	Quemper Gwézennec	J1813010	339	1990-1991	80	1989-2003	81	210	50	0.3	0.4	0.9	1.7
Gouessant	22	Andel	J1313010	242	1995-1996	90	1995-2002	82	150	20	0.2	0.3	0.7	1.1
Blaret	22	Mûr-de-Bretagne [Cherlehan]	J5412110	620	1982-1983	85	1981-1999	77	50	50	0.3	0.4	0.5	0.8
Aber Ildat	29	Bretès [Kerengar]	J5523020	89.5	1995-1996	93	1990-2003	87	300	60	0.4	0.7	0.9	1.6
Mignonac	29	Irraliac	J5514010	70	1995-1996	89	1995-2003	88	100	30	0.3	0.5	0.7	1.1
Doulline	29	Saint-Ségal	J3824010	138	1995-1996	91	1995-2003	87	125	30	0.3	0.5	0.8	1.2
Goyen	29	Pont-Croix [Kermaria]	J4014010	89.1	1995-1996	95	1990-2003	89	200	60	0.4	0.4	0.7	1.1
Blaret	56+22	Langudic [Quallenec]	J5712130	1951	2002-2003	82	1995-2003	90	185	50	0.4	0.6	0.6	0.9
Oust	56+22	Saint-Gravé [Ecluse Le Guélin]	J8502210	2465	1995-1996	94	1995-2003	92	170	35	0.4	0.4	0.8	1.2
Cousteron	35	Romazy	J0121510	510	1995-1996	94	1995-2003	89	170	30	0.3	0.4	0.5	0.8
Nançon	35	Lécoursé [Pont aux Anes]	J0014010	67	1995-1996	72	1995-2003	73	280	50	0.5	1	1.5	2.7
Loisance	35	Saint-Cuen-la-Rivière	J0144010	81.5	1995-1996	83	1995-2003	82	210	40	0.5	1.3	1.5	2.5
Gyroult	35	Eprinaec	J0323010	63	2000-2001	86	1981-2003	82	110	20	0.3	0.3	0.6	0.9
Néal	35	Médréac	J0626610	82	1995-1996	82	1995-2003	81	190	10	0.2	0.3	0.6	1
Méu	35+36	Montfort-sur-Meu [L'Abbaye]	J7333010	468	1995-1996	87	1995-2003	83	170	15	0.2	0.3	0.5	0.7
Ile	35	Montreuil-sur-Ile	J7103010	103	1995-1996	92	1995-2003	89	120	30	0.3	0.4	0.8	1.3
Illet	35	Charné-sur-Illet	J7114010	107	2002-2003	84	1995-2003	75	165	10	0.3	0.3	0.7	1.1
Fluenc	35	Facé	J7214010	93	1995-1996	85	1983-2003	78	140	15	0.3	0.5	0.7	1.2
Serche	35	Eruz [Carée]	J7483010	820	1995-1996	93	1995-2003	91	150	25	0.35	0.35	0.8	1.3
Senanon	35	Eain-de-Bretagne	J7633010	383	1997-1998	79	1995-2003	85	115	15	0.2	0.25	0.4	0.7
Vilaine	35	Cesson-Sévigné [Sévigné]	J7090630	854	1995-1996	92	1989-2003	86	150	20	0.4	0.4	0.9	1.4
Scorff	56-29	Plouay (Pont Kerlo)	J5102210	300	1995-1996	89	1994-2000	85	200	50	0.5	0.6	0.9	1.4
Evel	56	Guérim	J5613010	316	1995-1996	93	1995-2000	91	150	35	0.4	0.4	0.8	1.2

Corrections des valeurs de la première année du projet

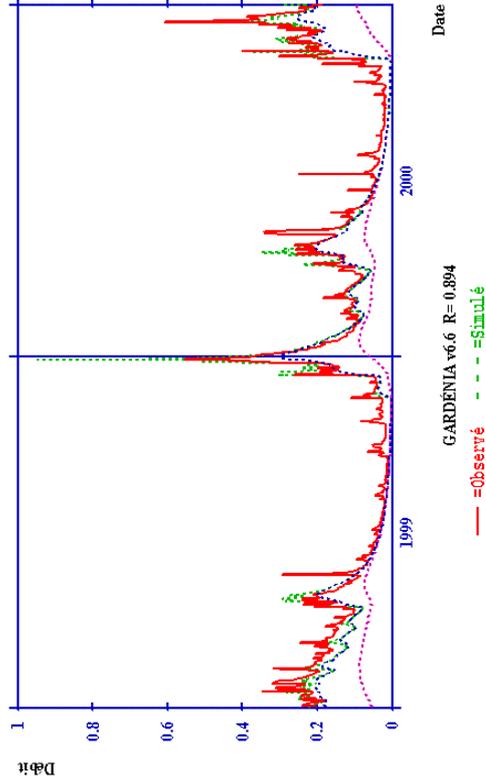
Paramètres retenus pour les modélisations Gardénia®

Bassin versant	Dept	Station hydrométrique	N° station	Superficie BV (kar²)	Période modélisation Gardénia	Pluie totale (mm/an)	Evapo transpiration (mm/an)	Pluie efficace (mm/an)	Écoulement rapide (mm/an) (%)	Écoulement lent (mm/an) (%)	Écoulement lent réservoir 1 (mm/an) (%)	Écoulement lent réservoir 2 (mm/an) (%)				
Nos Stéche	22	Quénin	/	8.1	1999-2003	896	524	372	62	17	310	83	156	42	154	41
Guadly	22	Ploague	J2034010	125	1995-2003	959	638	321	126	39	195	61	112	35	83	26
Jaudy	22	Mantallot	J2023010	164	1995-2003	1004	643	362	151	42	211	58	133	37	78	21
L'eff	22	Quempier-Guérmenec	J1813010	339	1989-2003	829	597	232	77	33	155	67	106	46	49	21
Gouessant	22	Andel	J1313010	242	1995-2002	787	600	187	79	42	108	58	76	41	32	17
Elavet	22	Mûr-de-Bretagne [Guerdéac]	J5412110	620	1981-1999	1015	391	624	238	38	386	62	214	34	172	28
Aber Ildut	29	Béthée [Irenegar]	J3323020	89.5	1990-2003	1172	635	537	221.5	41	315.5	59	177	33	138.5	26
Mignonic	29	Irvillac	J3514010	70	1993-2003	1270	563	707	359	51	348	49	201	28	147	21
Douffine	29	Saint-Ségal	J3824010	138	1995-2003	1380	578	802	420	52	382	48	233	29	149	19
Goyen	29	Pont-Croix [Kerunais]	J4014010	89.1	1990-2003	1213	633	580	241	41.5	339	58.5	215	37	124	21.5
Blavet	56+22	Langudin [Quellenec]	J5712130	19.51	1995-2003	1069	604	465	205	44	260	56	129	28	131	28
Ouet	56+22	Saint-Gravé [Echise Le Guélin]	J8302310	2465	1995-2003	939	593	346	164	47	182	53	121	35	61	18
Couarnon	35	Komazy	J0121510	510	1995-2003	940	599	341	150	44	191	56	105	31	86	25
Nançon	35	Lécousse [Pont aux Aracs]	J0014010	67	1995-2003	1015	650	365	155	42	210	58	124	34	86	24
Loisaac	35	Saint-Ouen-la-Rouërie	J0144010	81.5	1995-2003	972	629	343	155	45	188	55	99	29	89	26
Cuyvault	35	Epaillac	J0323010	63	1981-2003	812	586	226	102	45	124	55	82	36	42	19
Réal	35	Médévac	J0626610	82	1995-2003	796	610	186	103	55	83	45	55	30	28	15
Meu	35+56	Montfort-sur-Meu [L'Abbaye]	J7353010	468	1995-2003	814	586	228	113	49.5	115	50.5	71	31	44	19.5
Ille	35	Montreal-sur-Ille	J7103010	103	1995-2003	823	576	247	101	41	146	59	96	39	50	20
Illet	35	Chasné-sur-Illet	J7114010	107	1995-2003	916	653	263	162	61.5	101	38.5	70	26.5	31	12
Flune	35	Pacé	J7214010	93	1983-2003	771	585	186	95	51	91	49	52.5	28	38.5	21
Seiche	35	Bruz [Carcé]	J7483010	820	1995-2003	841	585	256	120.5	47	135.5	53	93.5	37	42	16
Sermanon	35	Bau-de-Bretagne	J7633010	383	1995-2003	839	522	317	159	50	158	50	96	30	62	20
Vilaine	35	Cesson-Sévigné [Sévigné]	J7090630	854	1989-2003	838	590	248	129	52	119	48	81	33	38	15
Scorff	56-29	Plouay [Pont Kerlo]	J5102210	300	1994-2000	1288	611	677	340	50	337	50	203	30	134	20
Fovel	56	Guénin	J5613010	316	1995-2000	953	560	393	190	48.5	203	51.5	135.5	34.5	67.5	17

Corrections des valeurs de la première année au projet

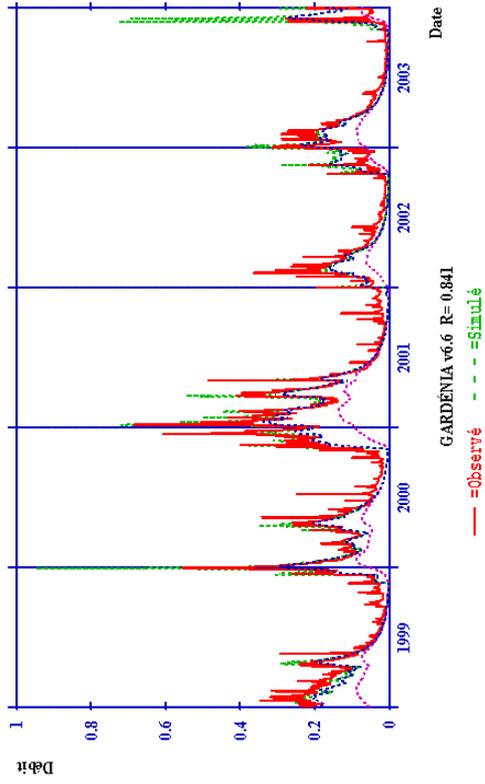
Résultats obtenus suite aux modélisations Gardénia®

Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DE LA NOE SECHE

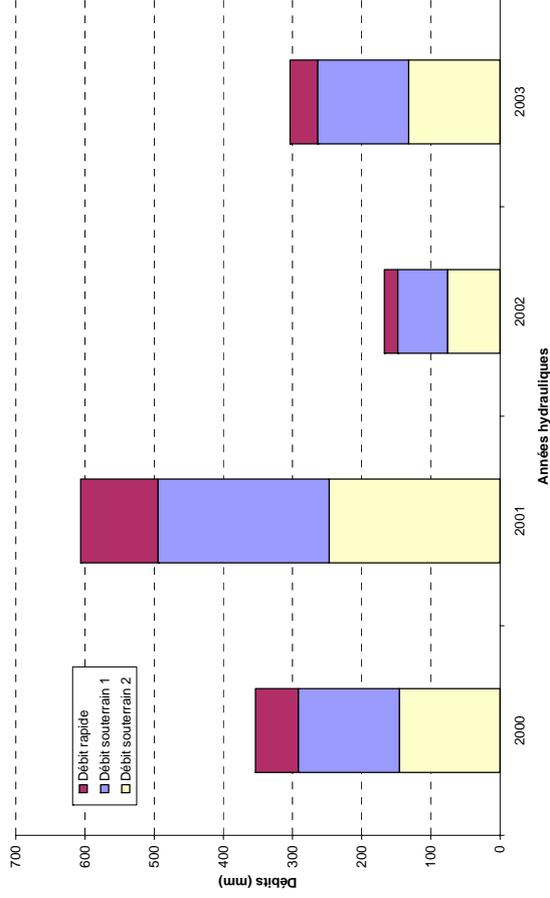


Modélisation Gardénia®, Calage des paramètres des bassins versants

Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DE LA NOE SECHE

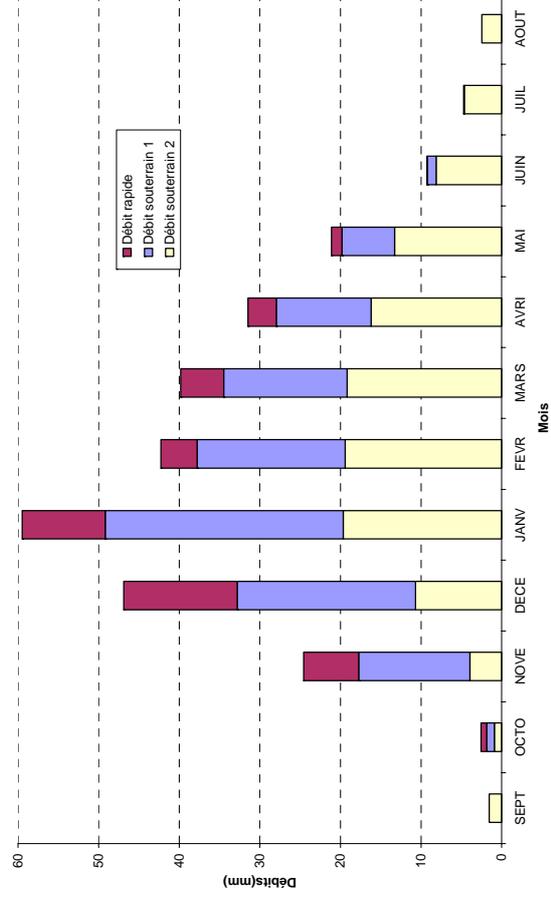


Modélisation Gardénia®, Débits mesurés et calculés des bassins versants

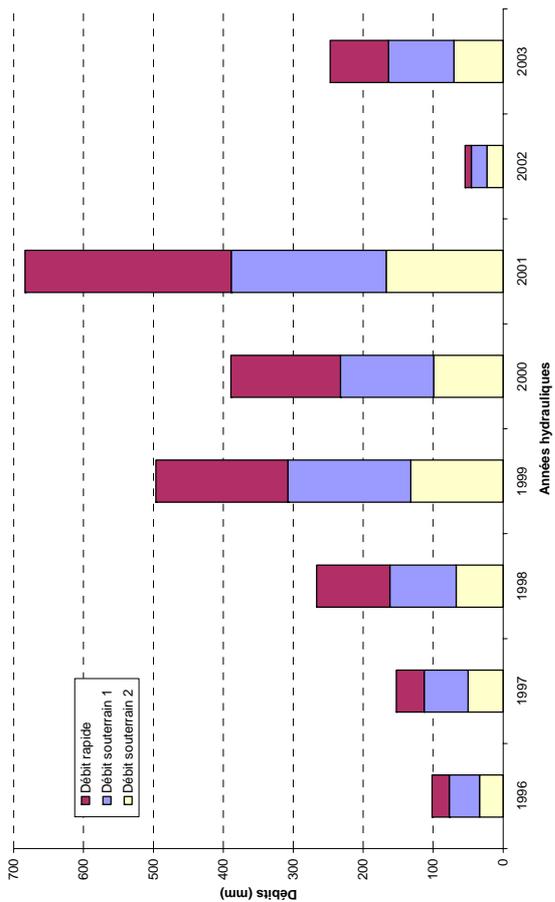


Débits annuels rapides et souterrains des bassins versants

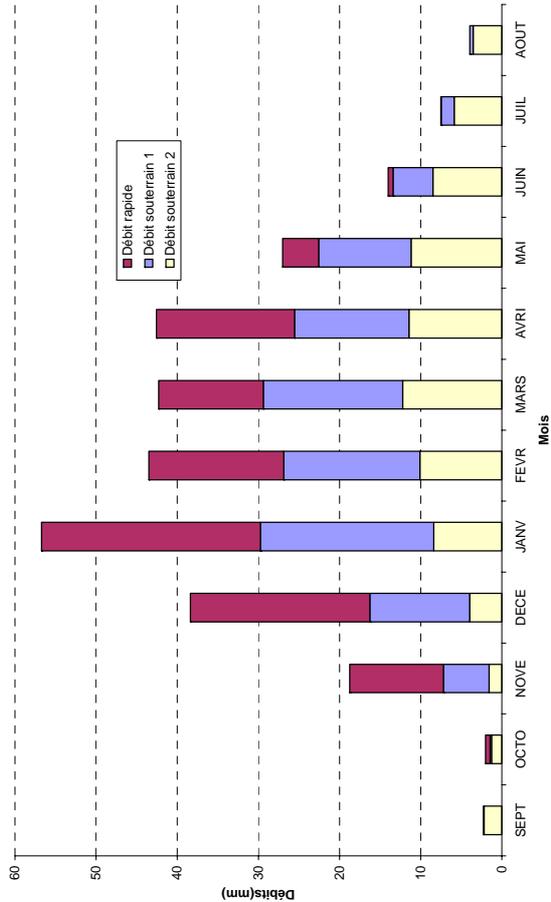
NOE SECHE



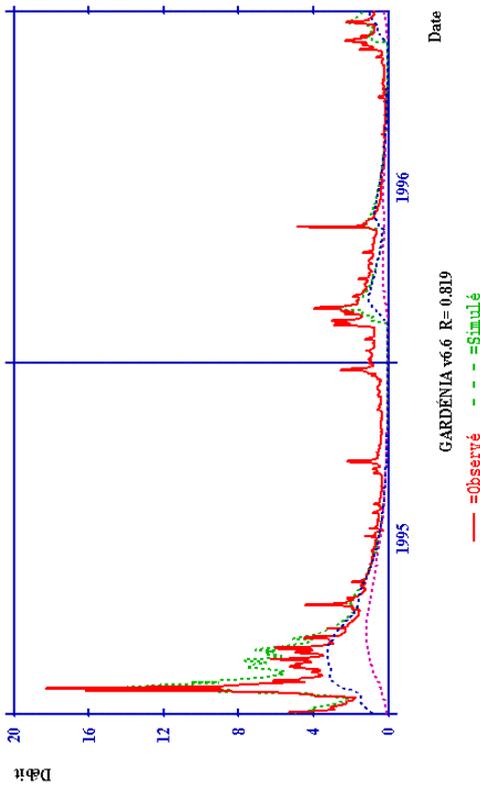
Débits mensuels moyens interannuels des bassins versants



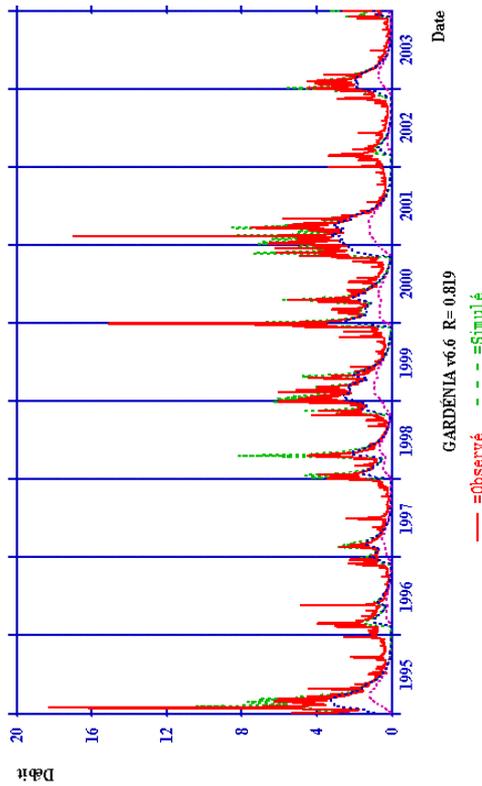
GUINDY



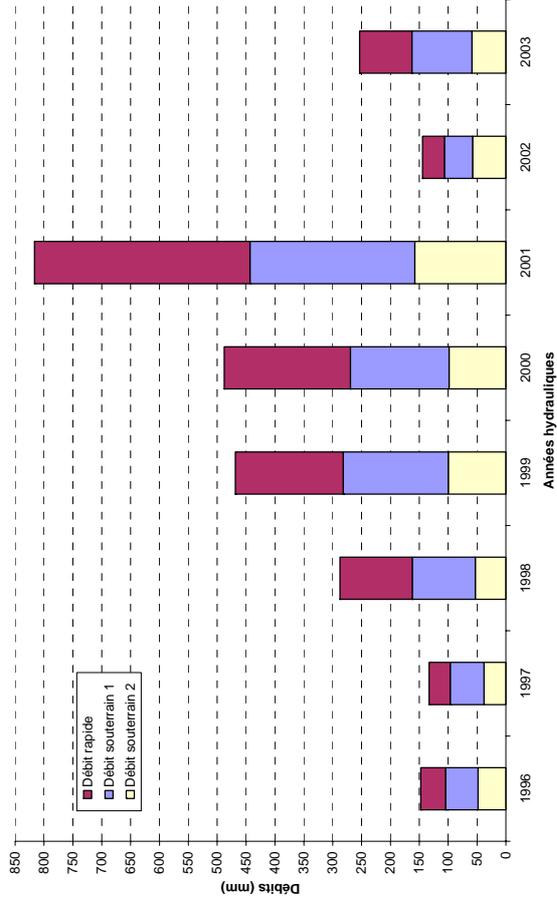
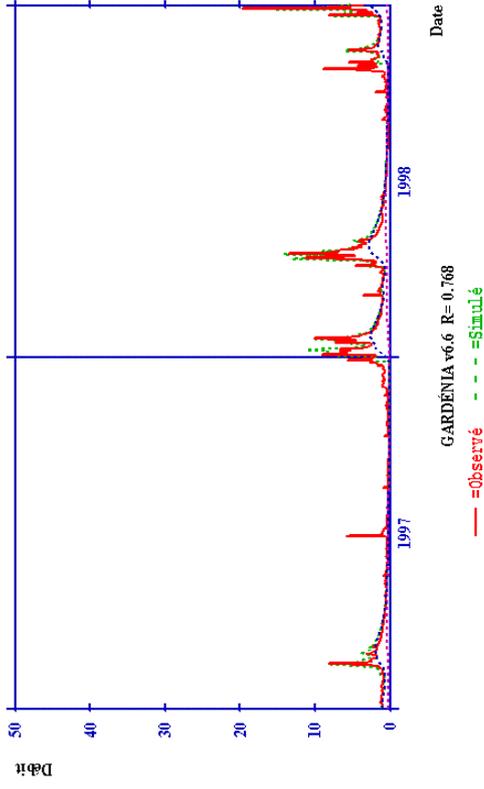
Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DU GUINDY



Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DU GUINDY

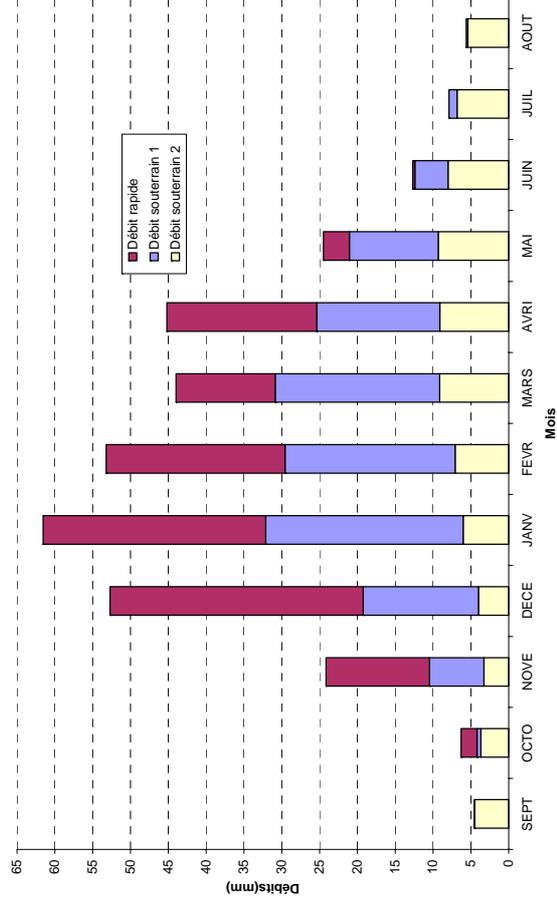
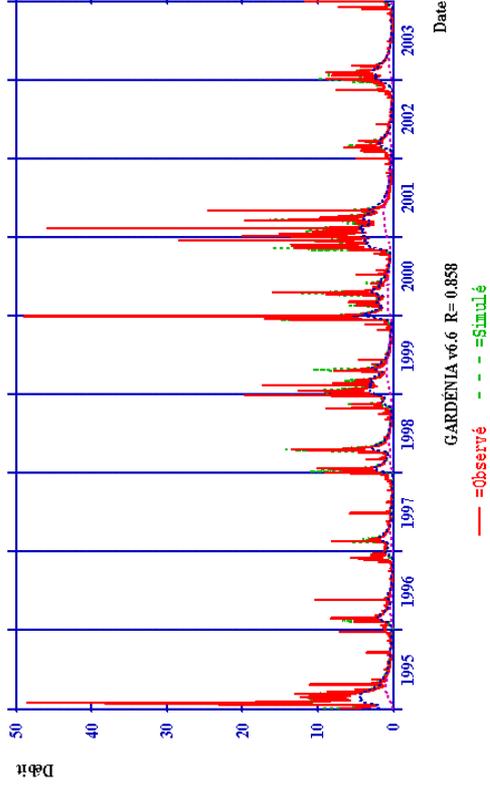


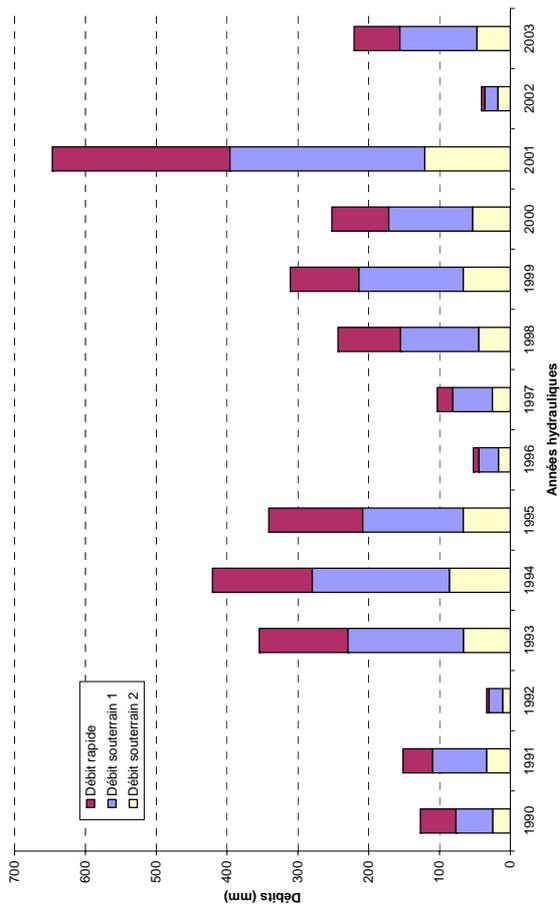
Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DU JAUDY



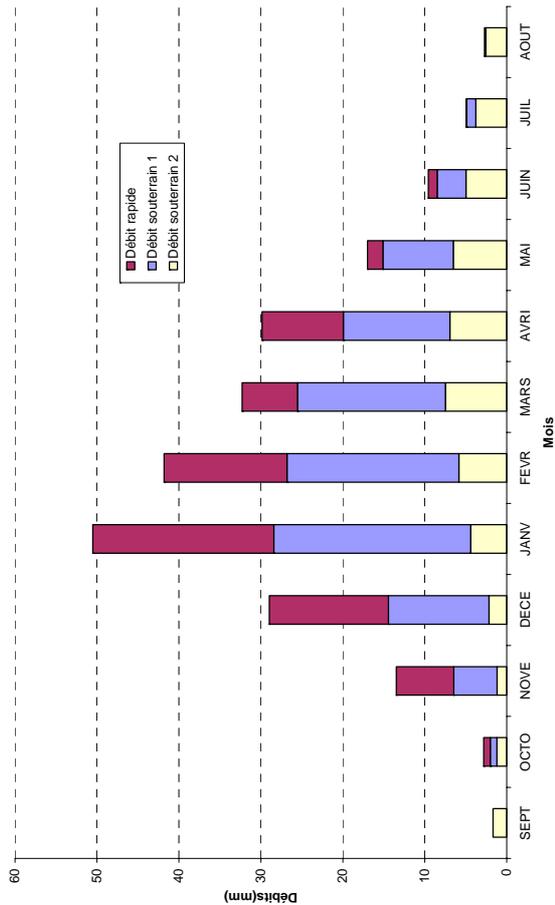
JAUDY

Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DU JAUDY

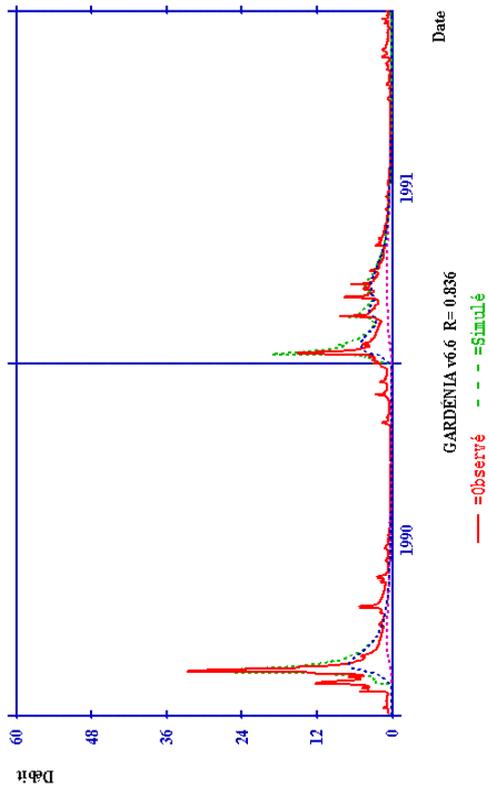




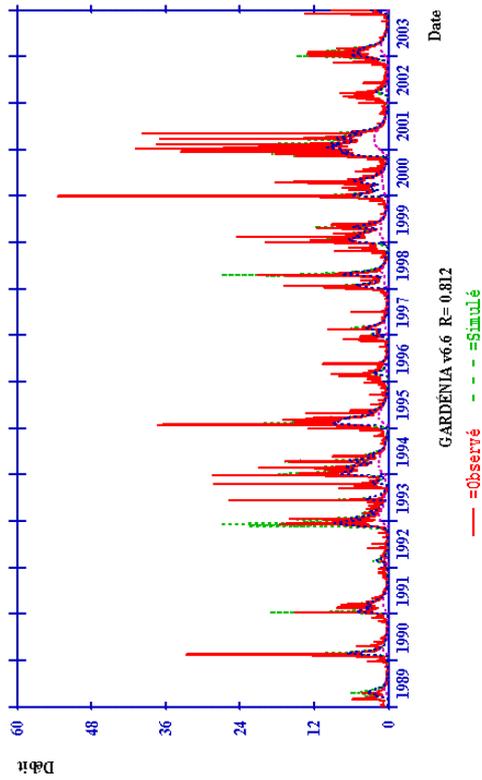
LEFF



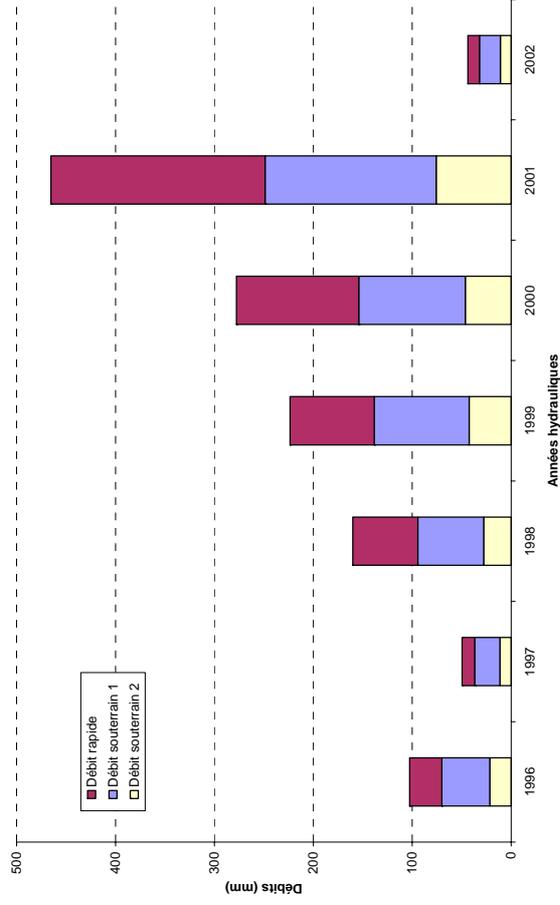
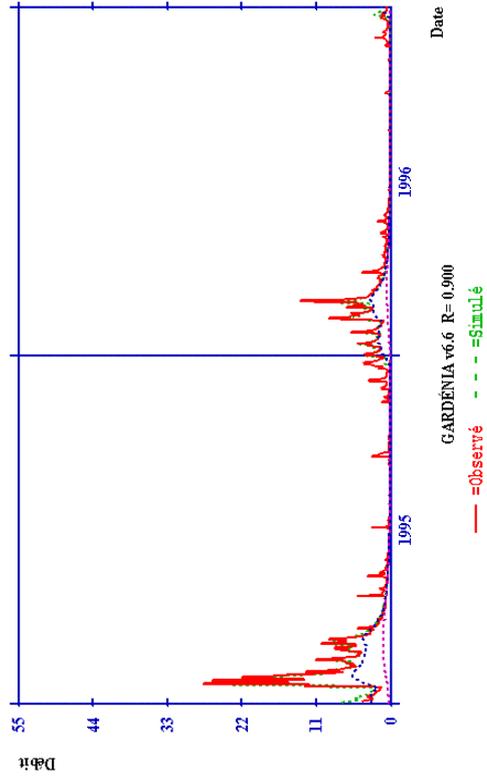
Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DU LEFF



Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DU LEFF

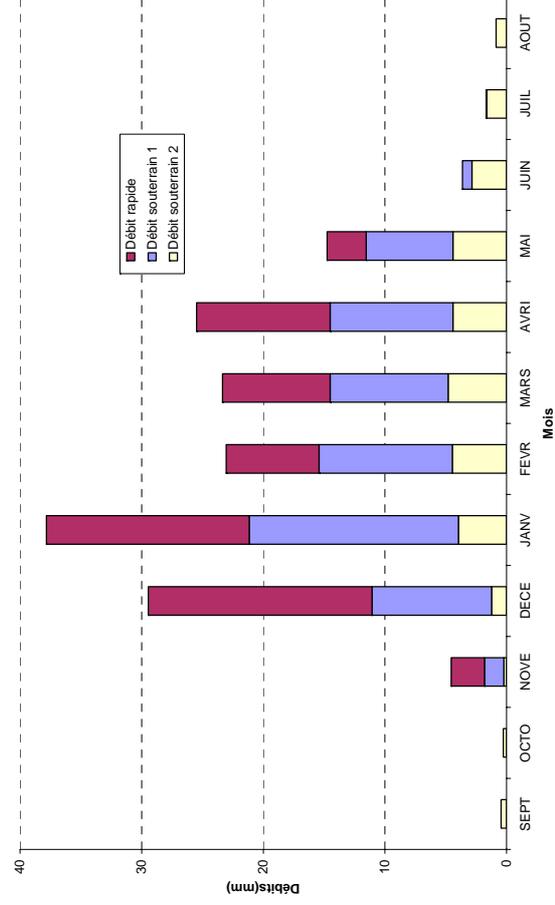
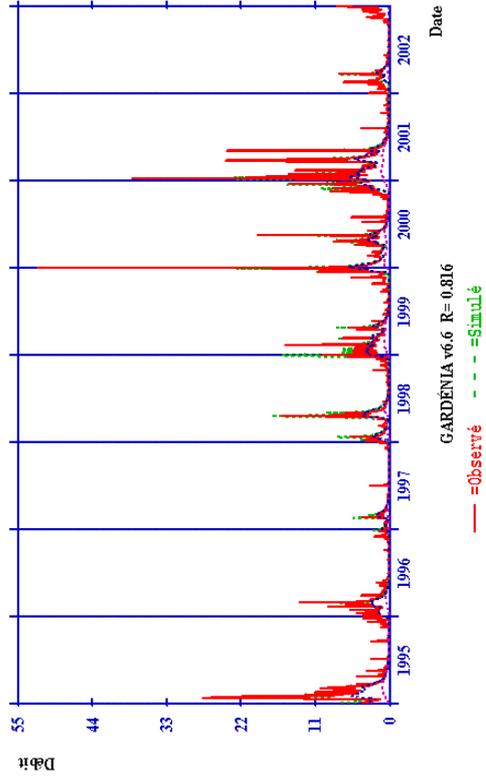


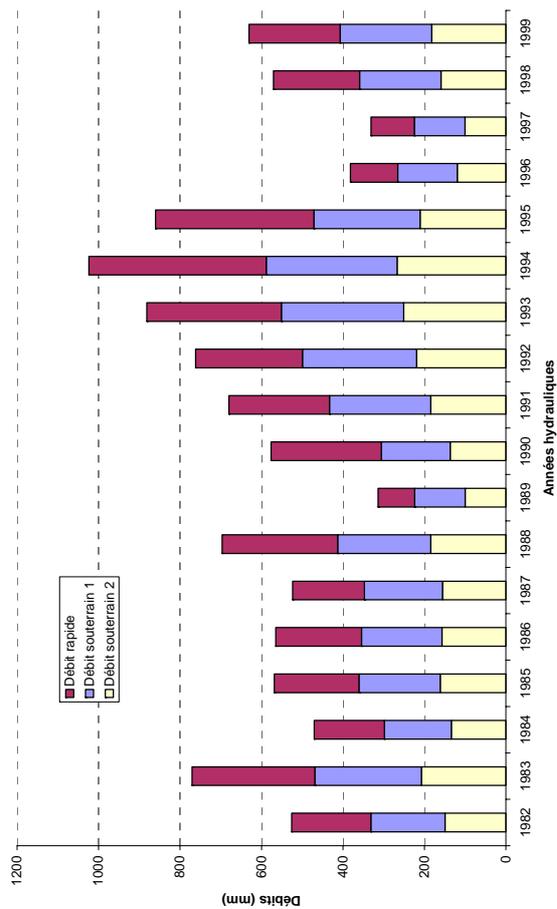
Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DU GOUESSANT



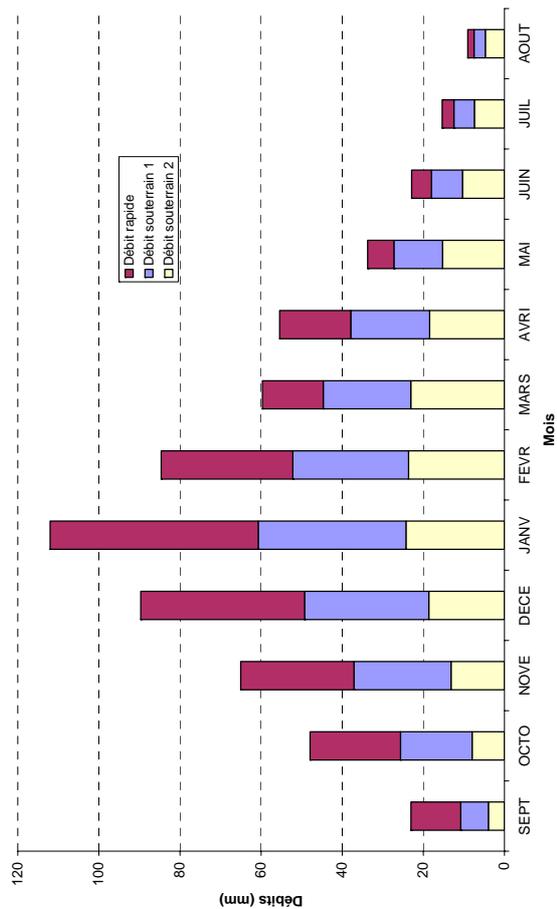
GOUESSANT

Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DU GOUESSANT

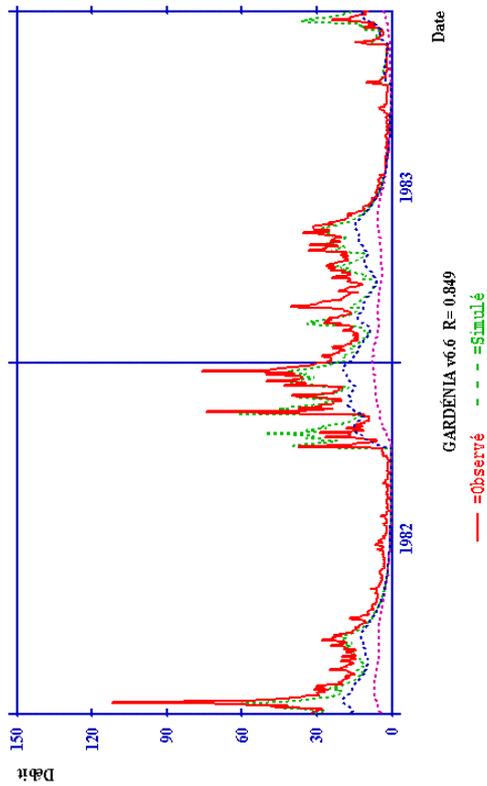




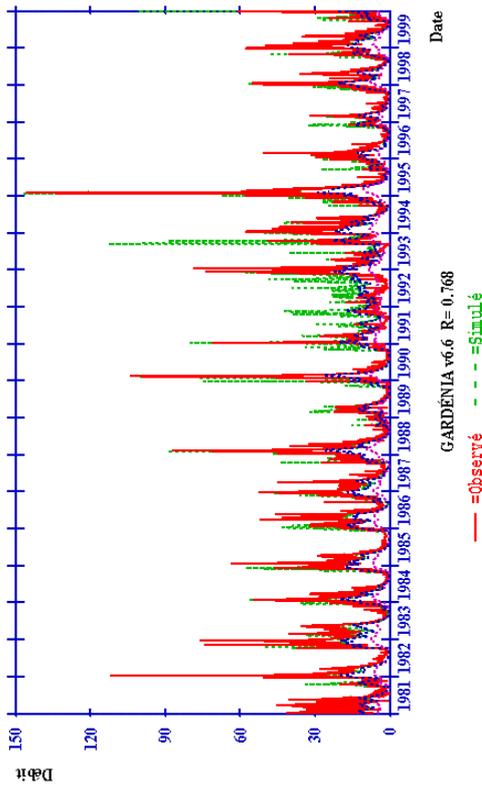
BLAVET (22)



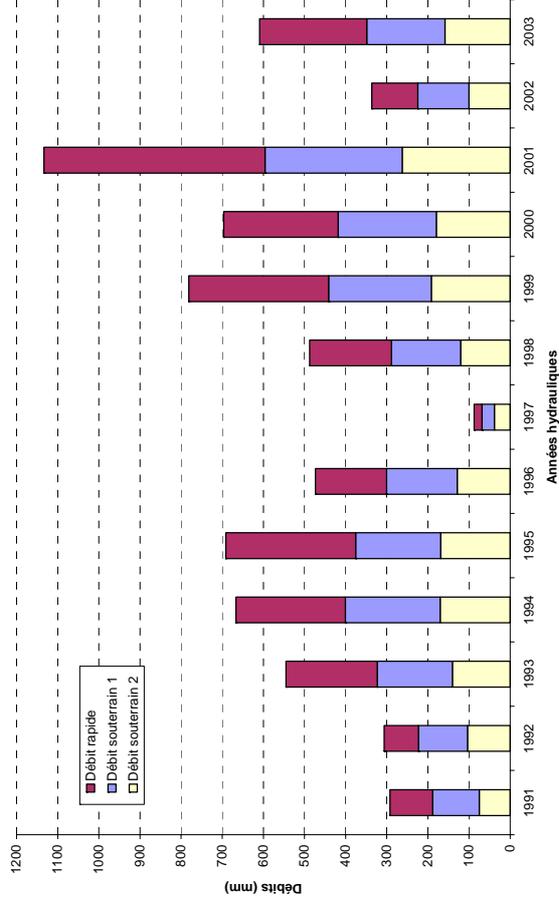
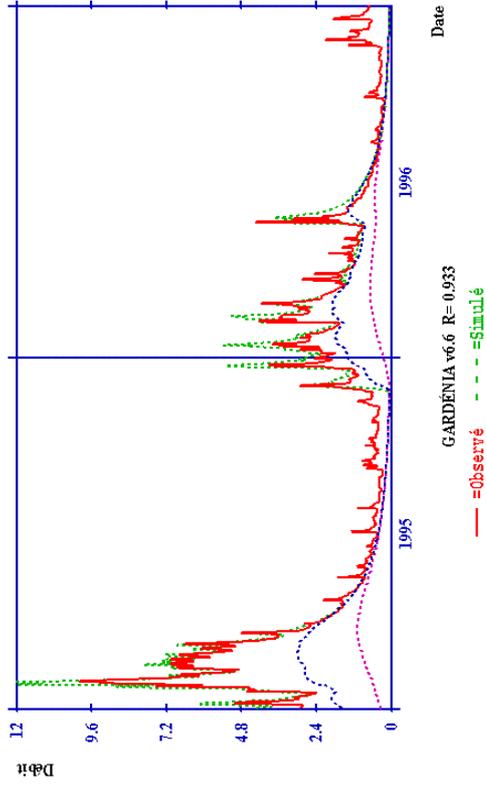
Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DU BLAVET



Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DU BLAVET

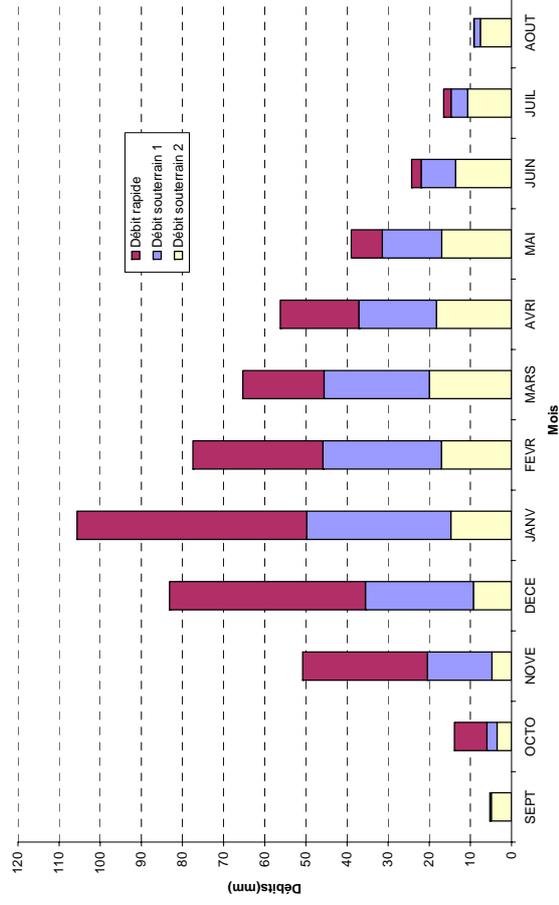
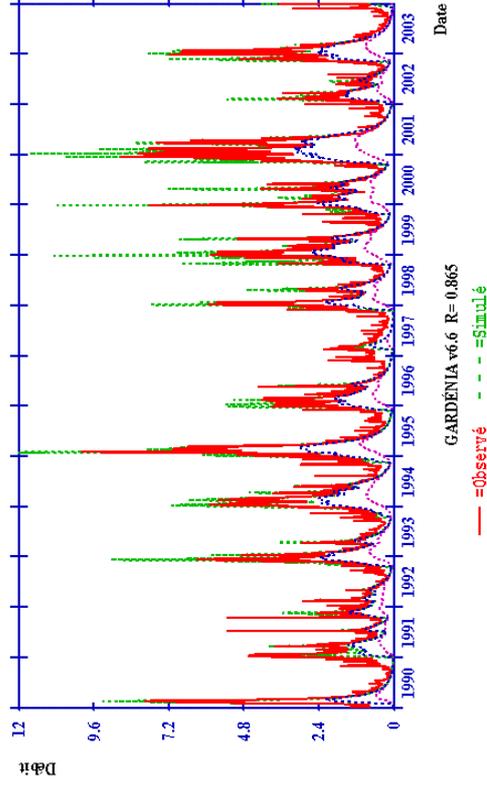


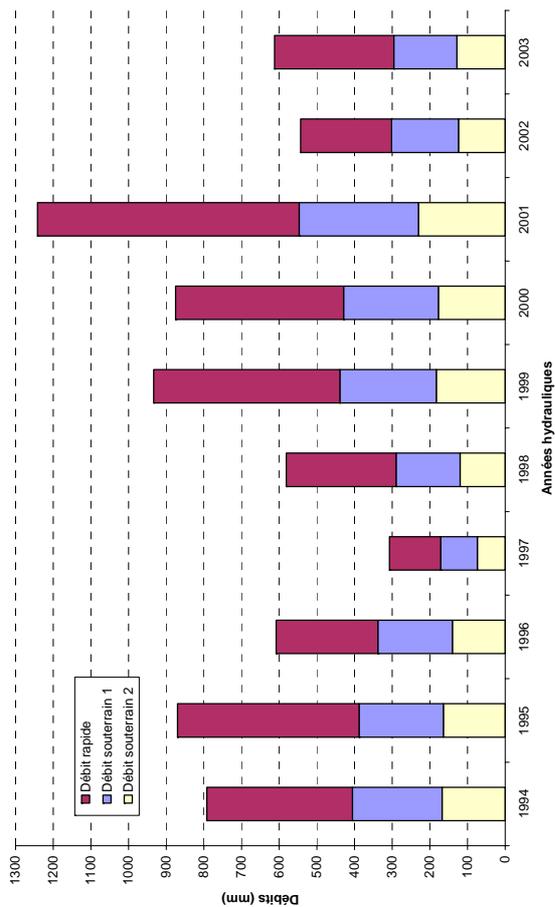
Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DE L'ABER ILDUT



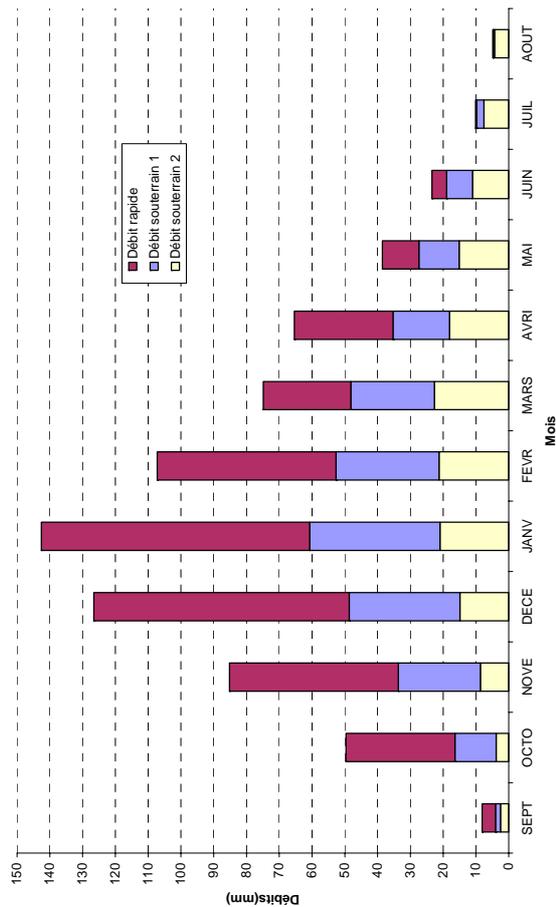
ABER ILDUT

Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DE L'ABER ILDUT

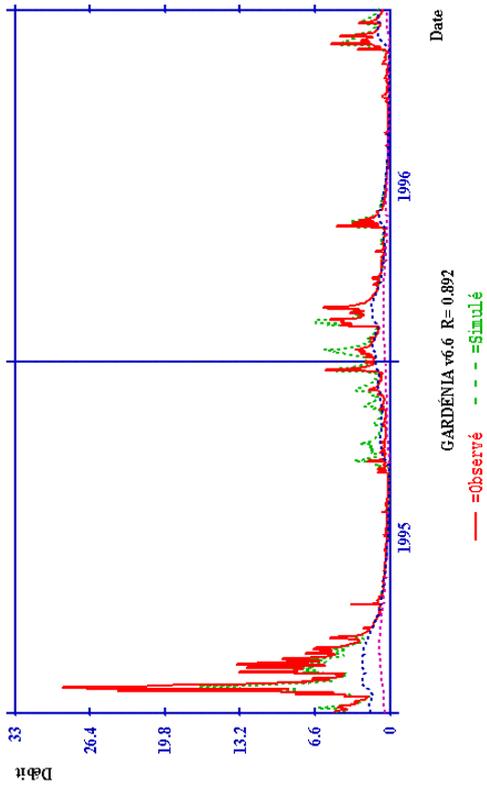




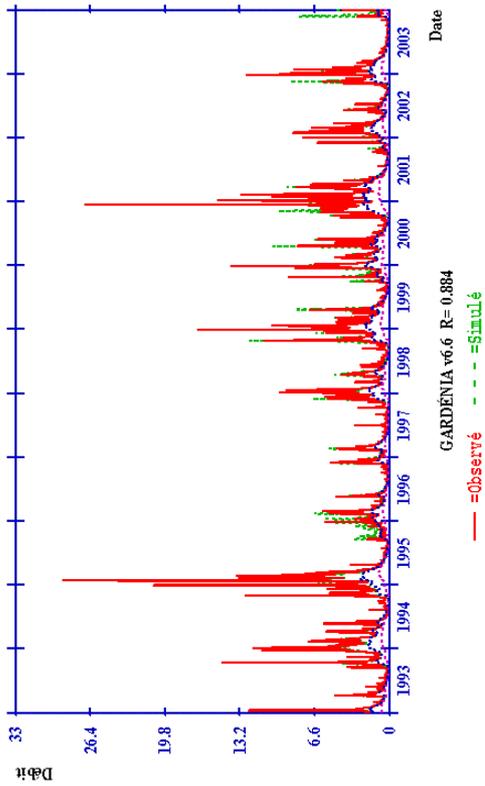
MIGNONNE



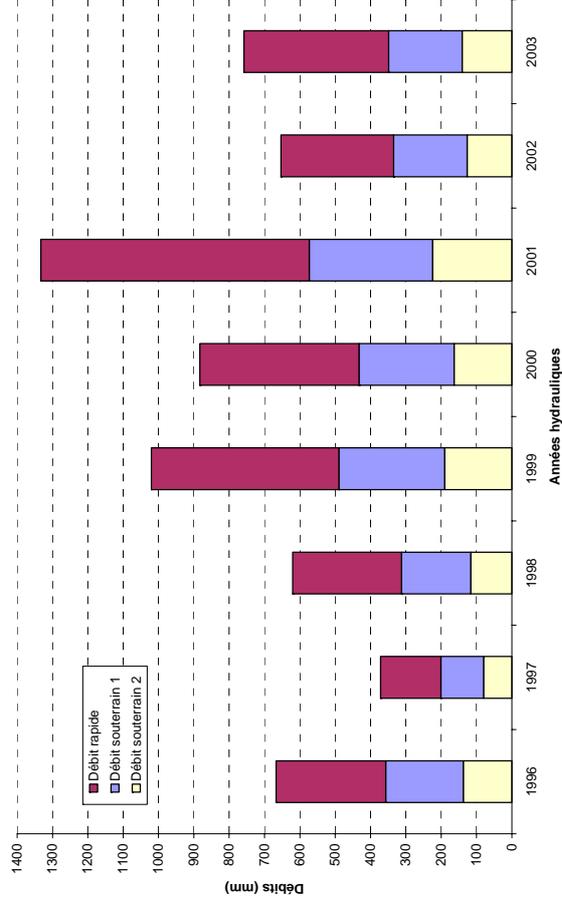
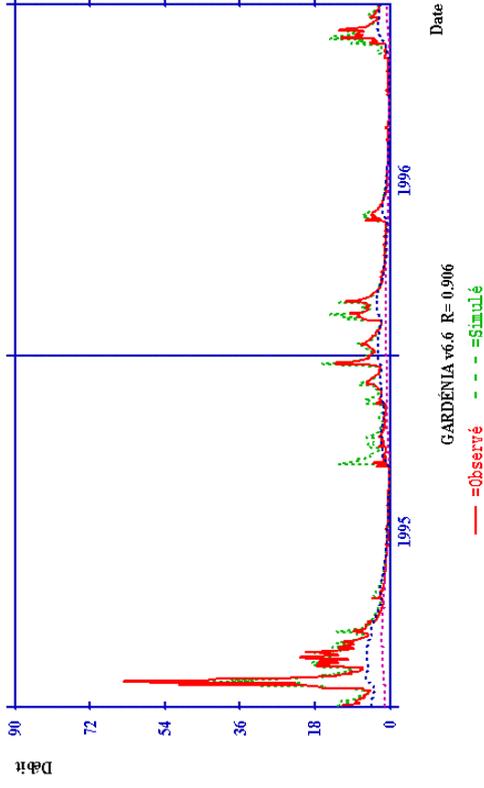
Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DE LA MIGNONNE



Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DE LA MIGNONNE

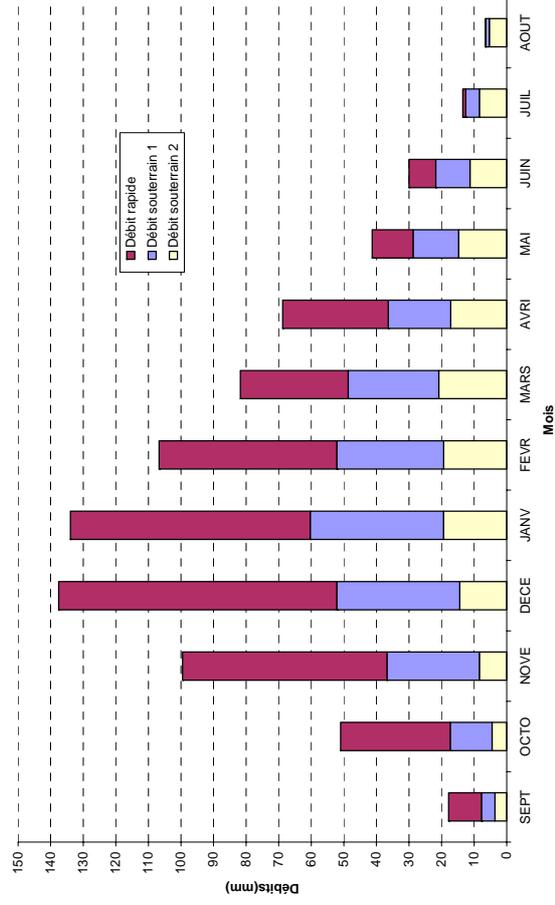
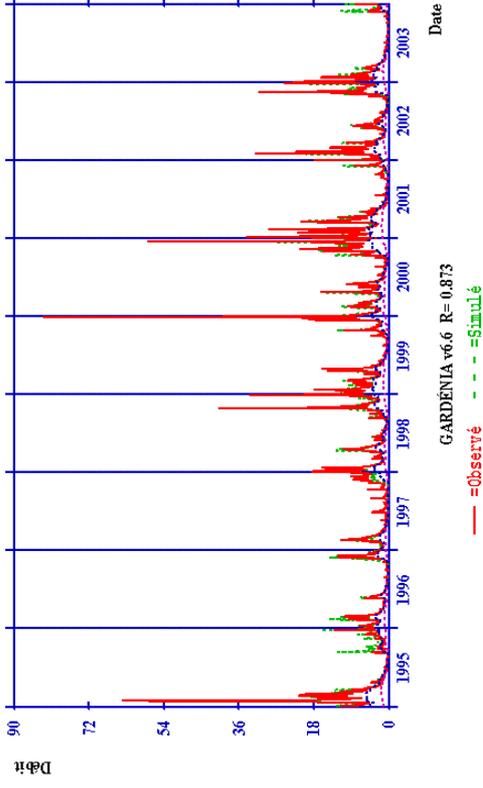


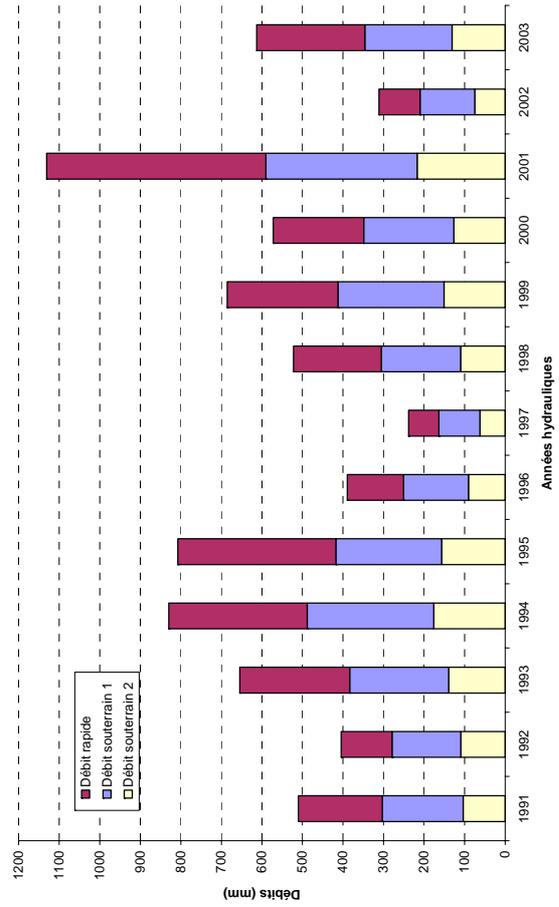
Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DE LA DOUFFINE



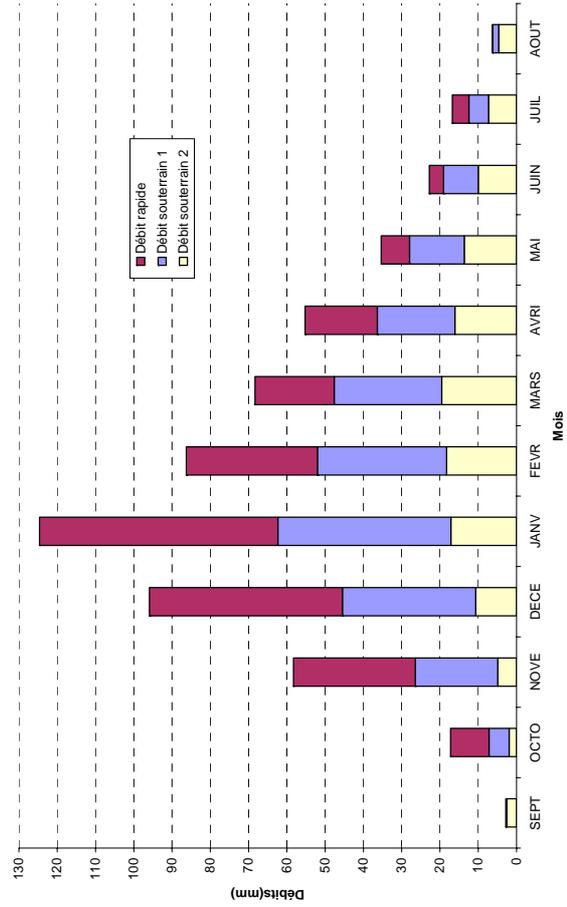
DOUFFINE

Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DE LA DOUFFINE

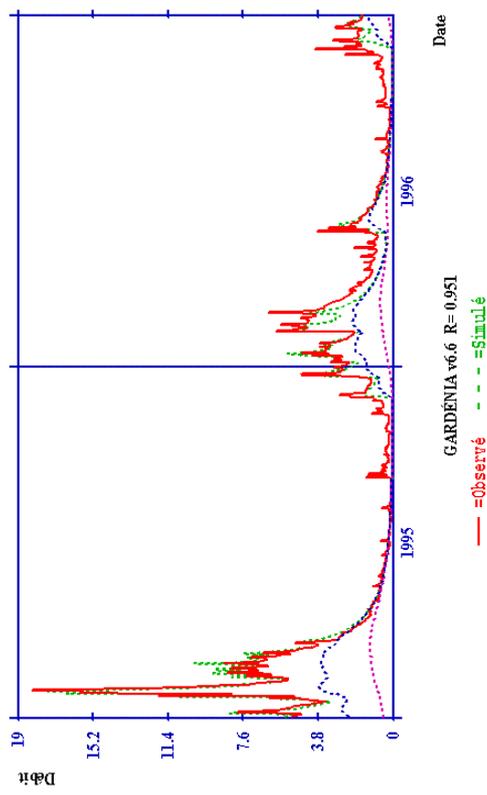




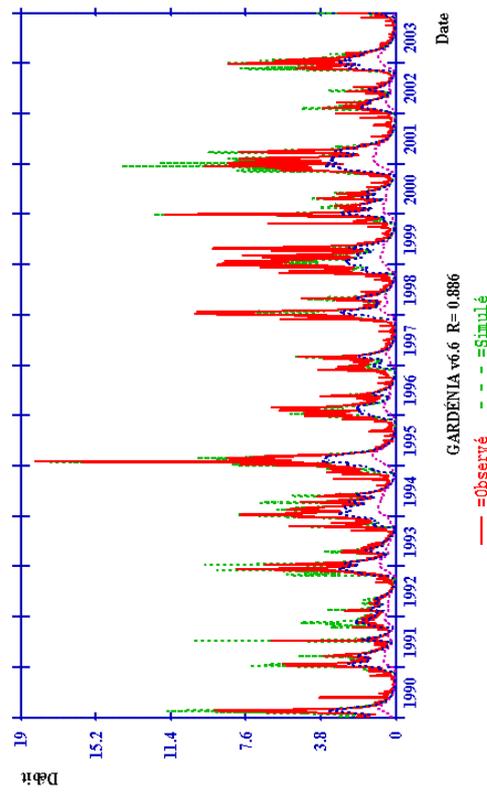
GOYEN



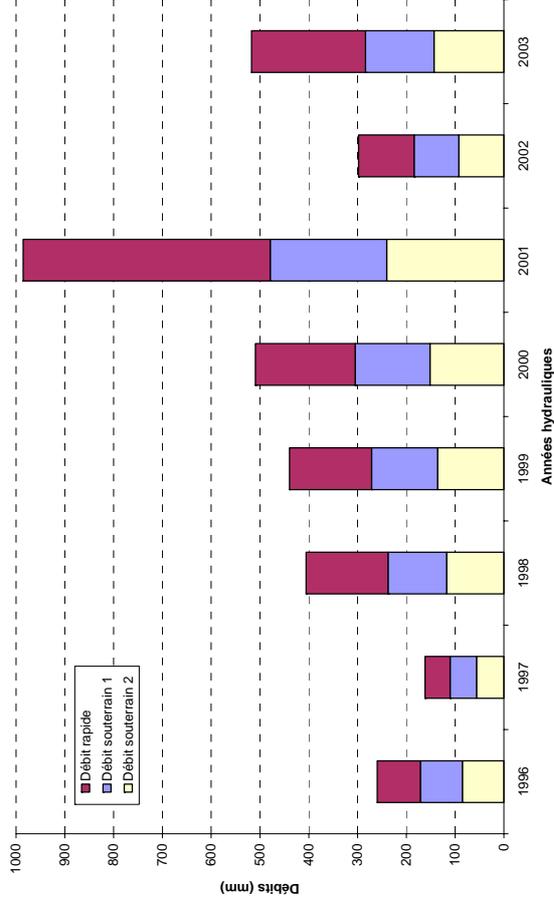
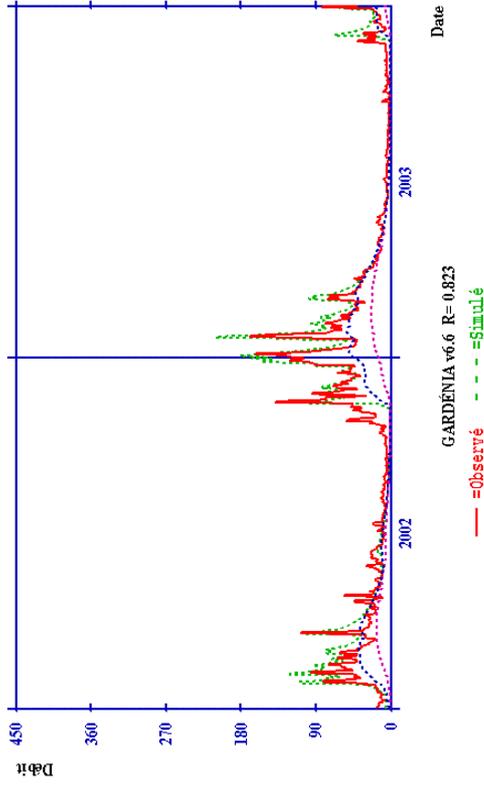
Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DU GOYEN



Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DU GOYEN

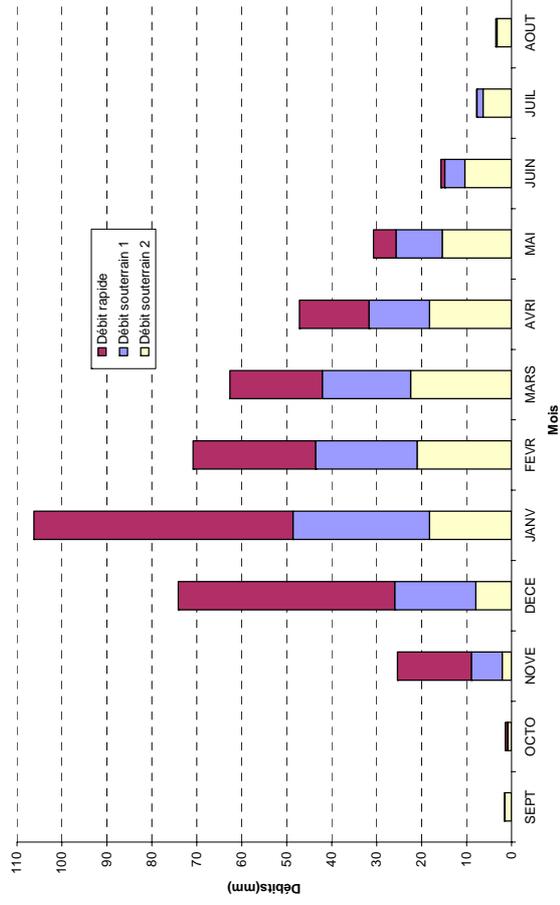
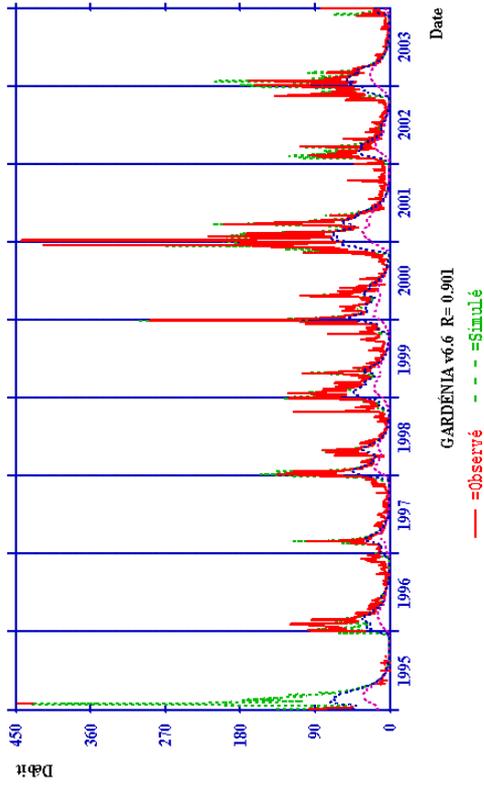


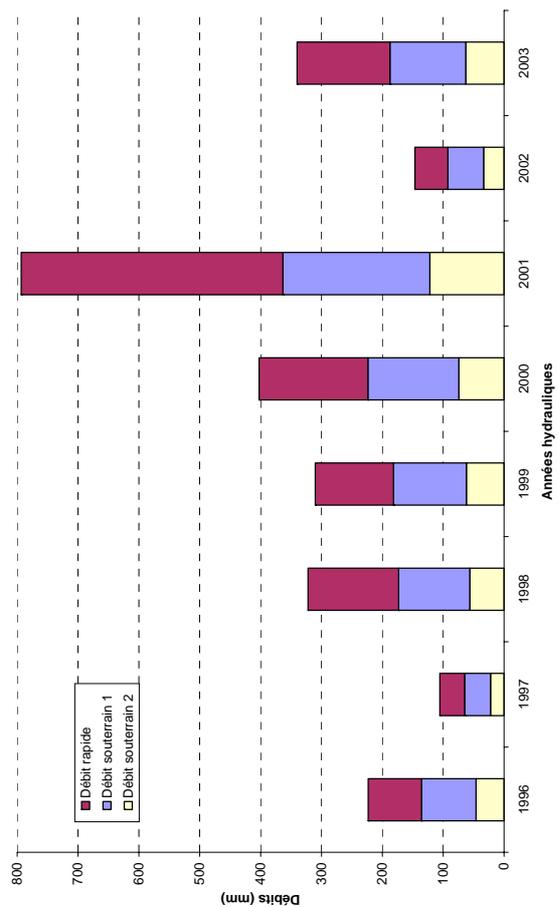
Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DU BLAVET



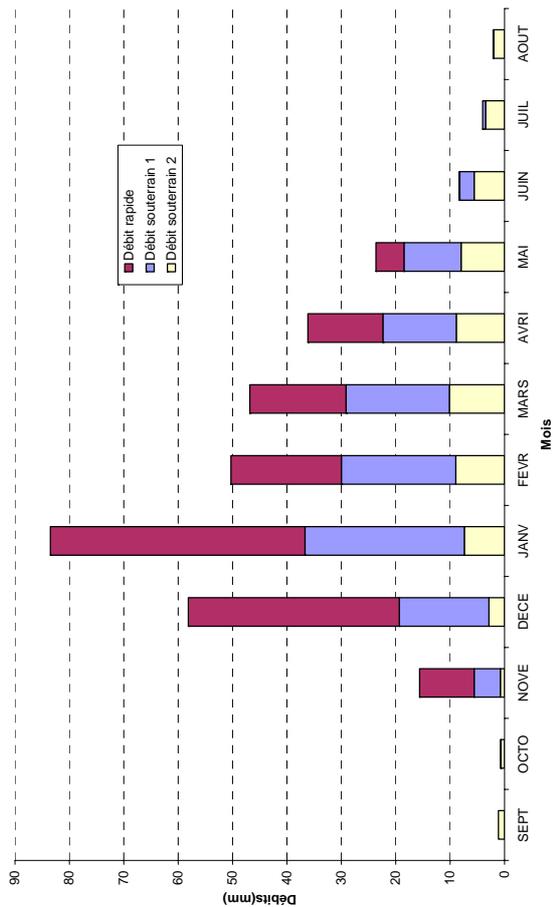
BLAVET (56)

Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DU BLAVET

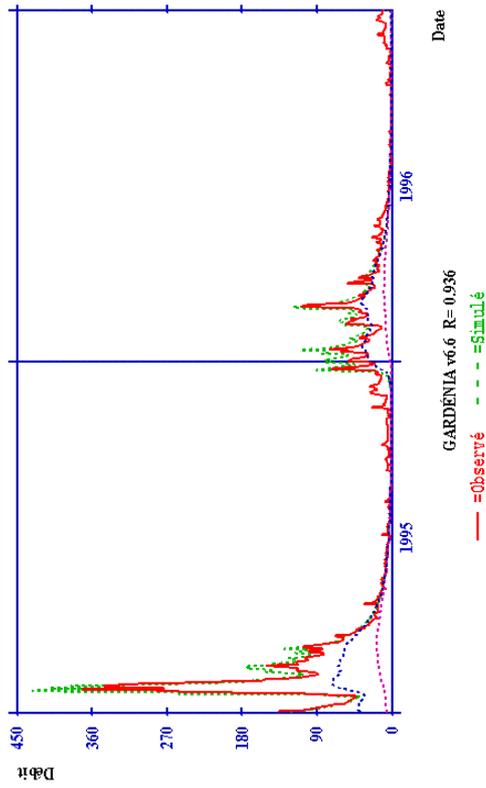




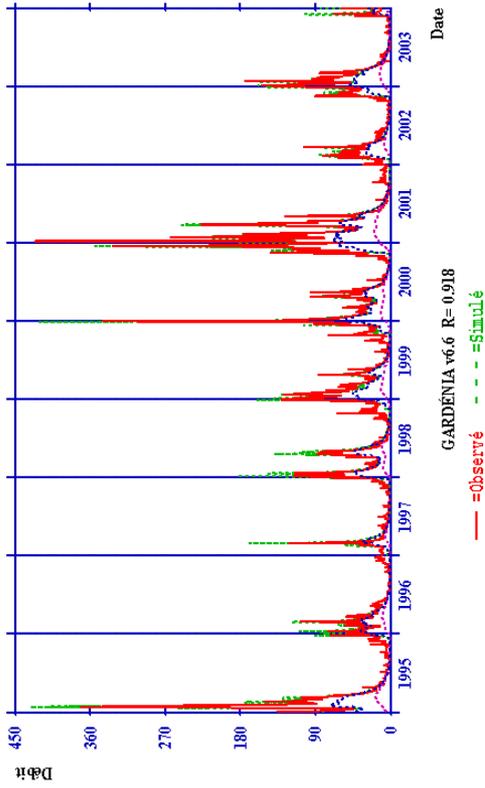
OUST (56)



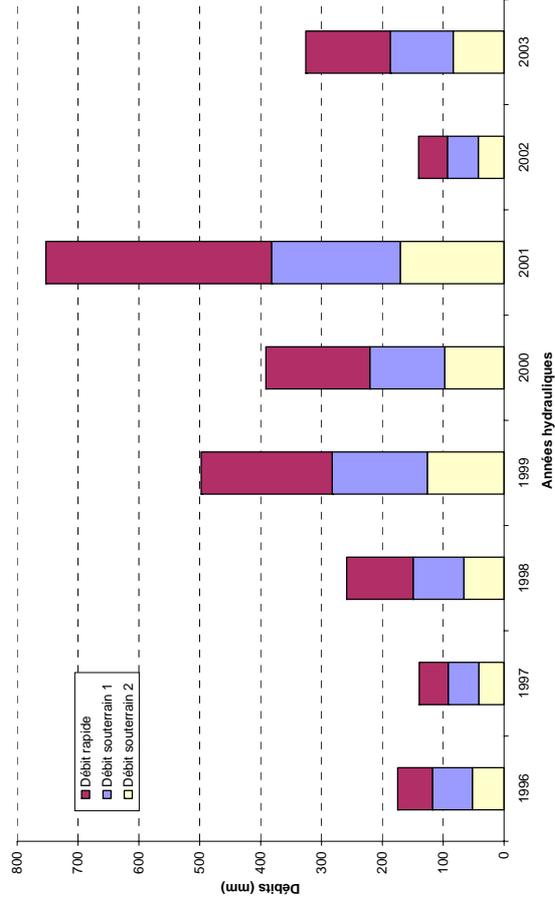
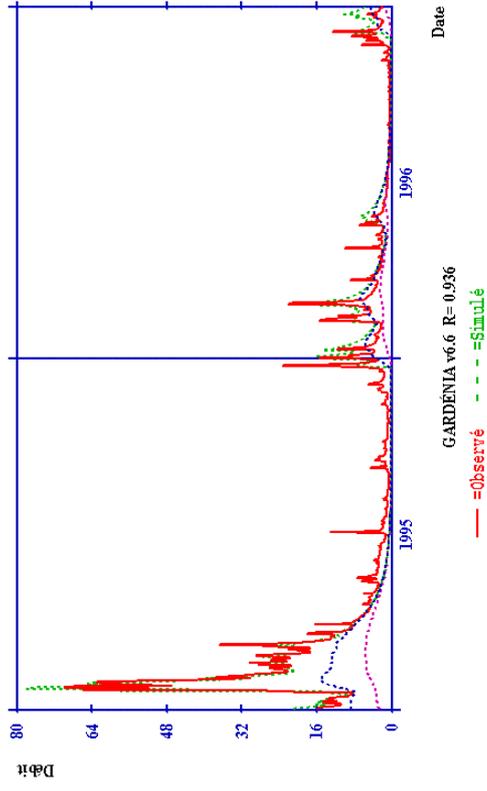
Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DE L'OUST



Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DE L'OUST

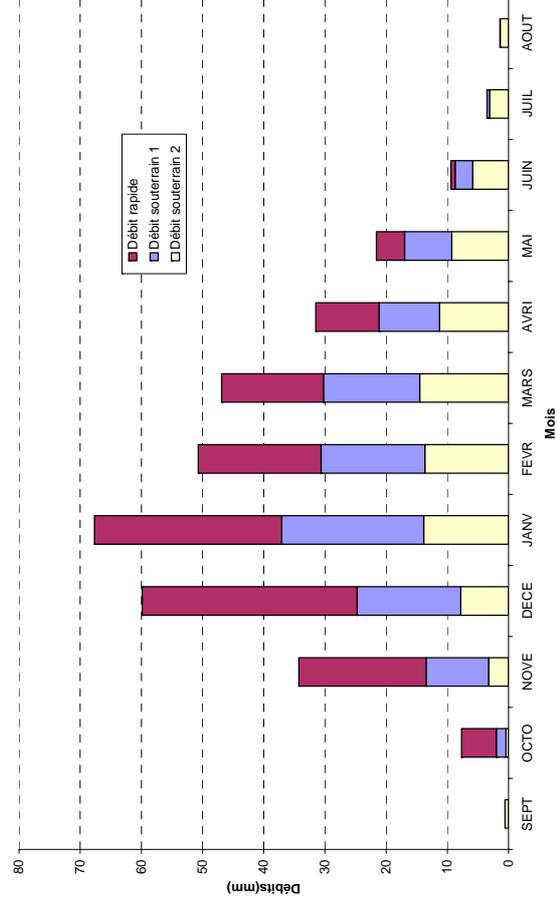
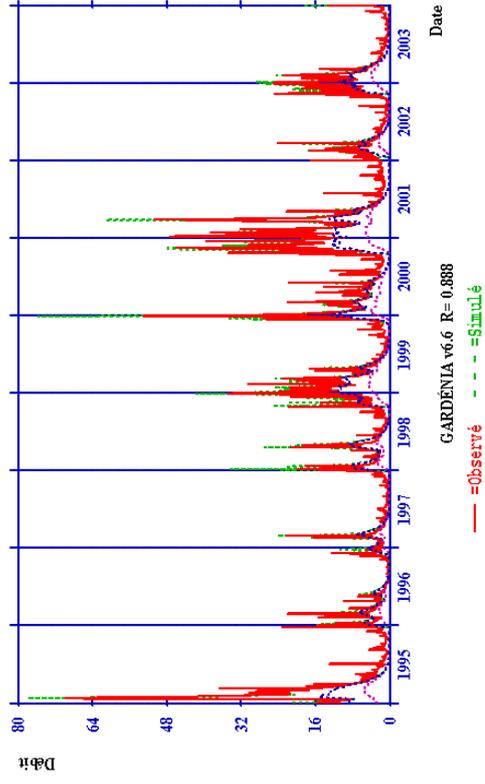


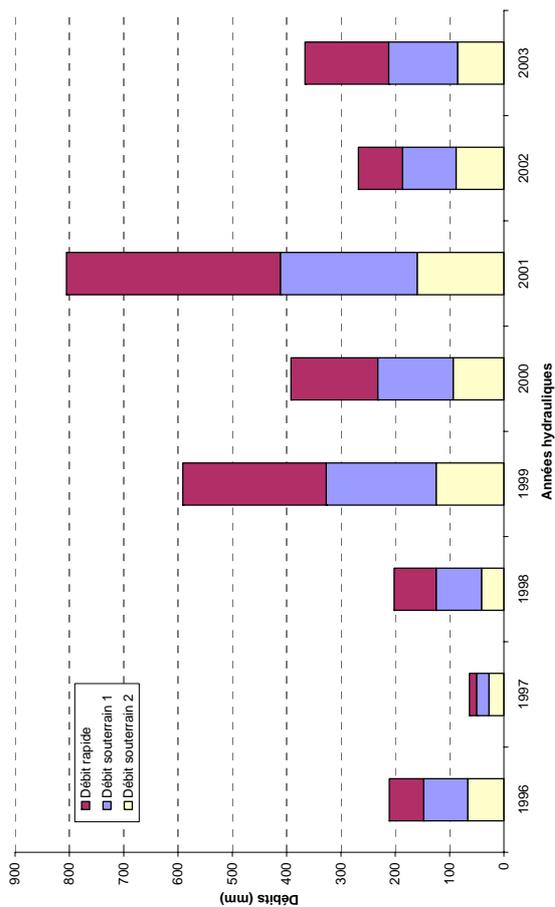
Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DU COUESNON



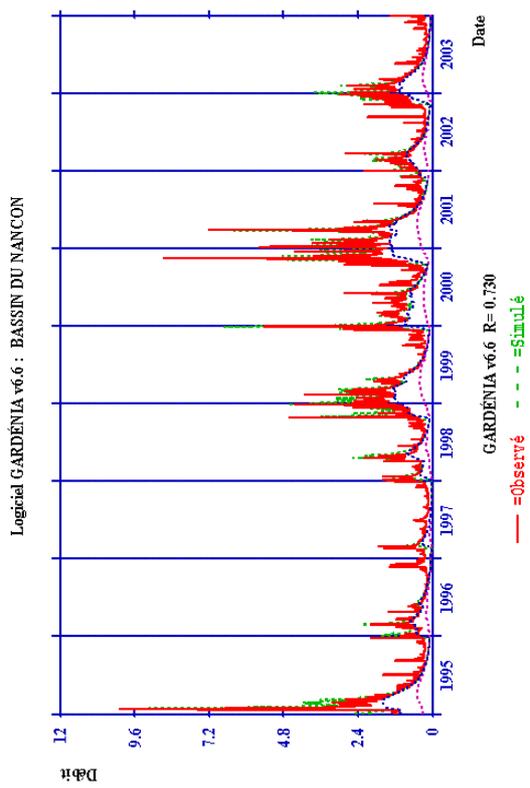
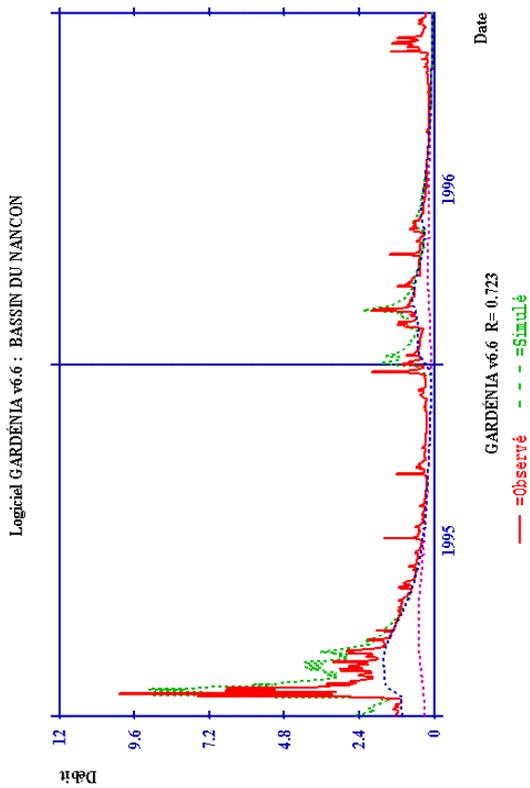
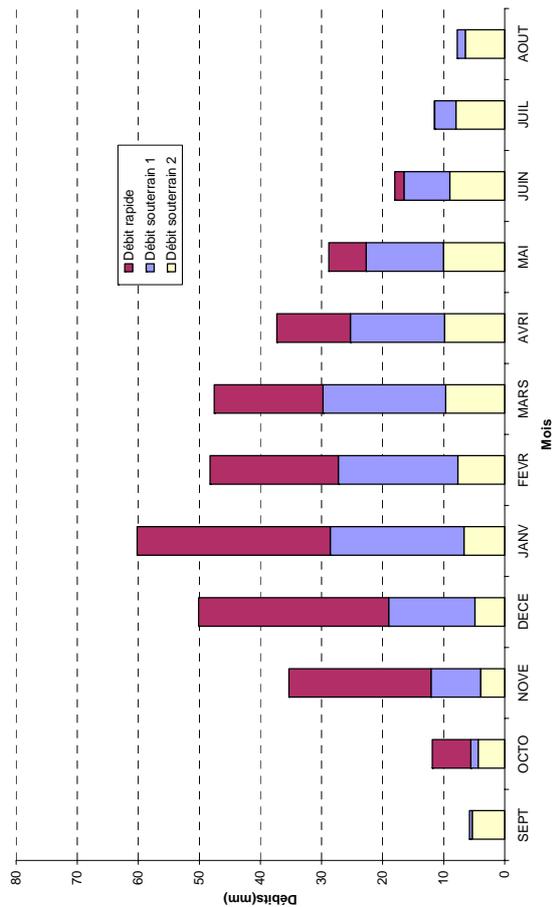
COUESNON

Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DU COUESNON

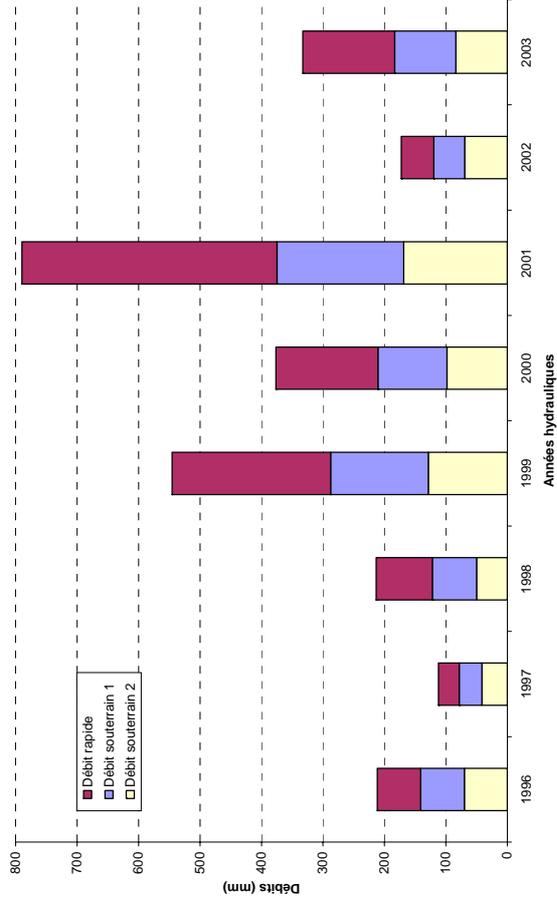
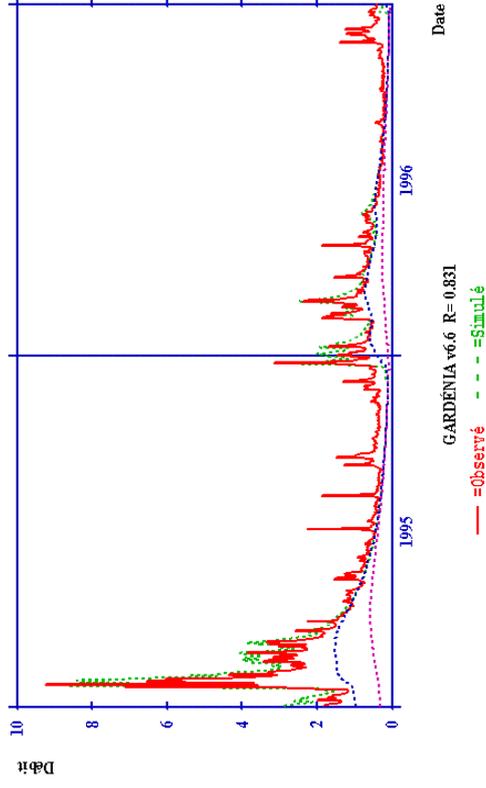




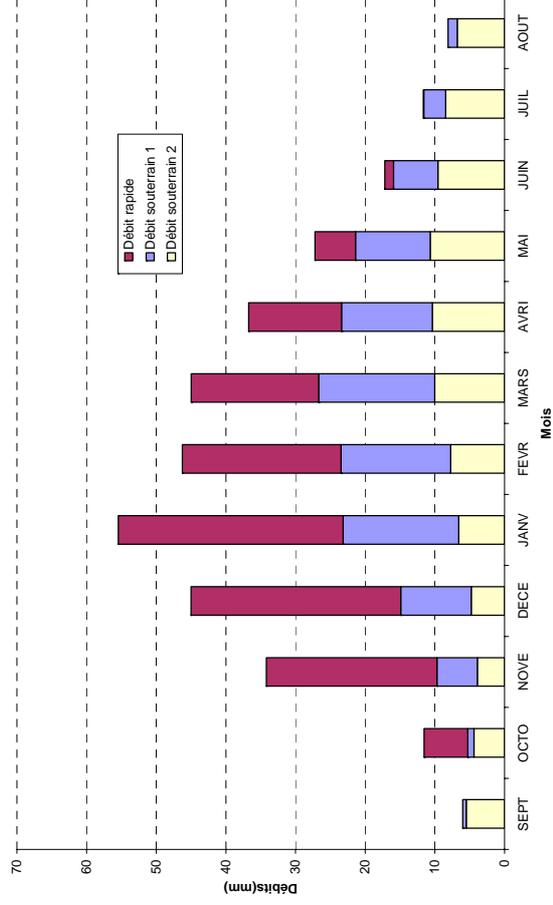
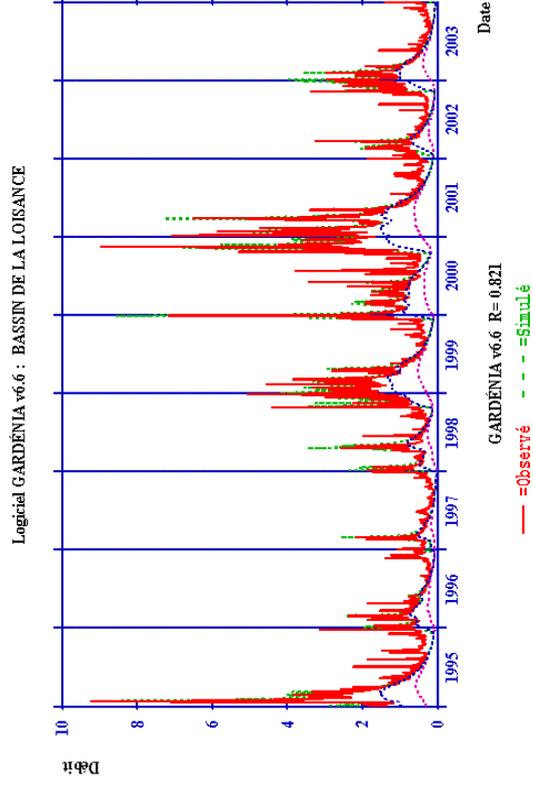
NANCON

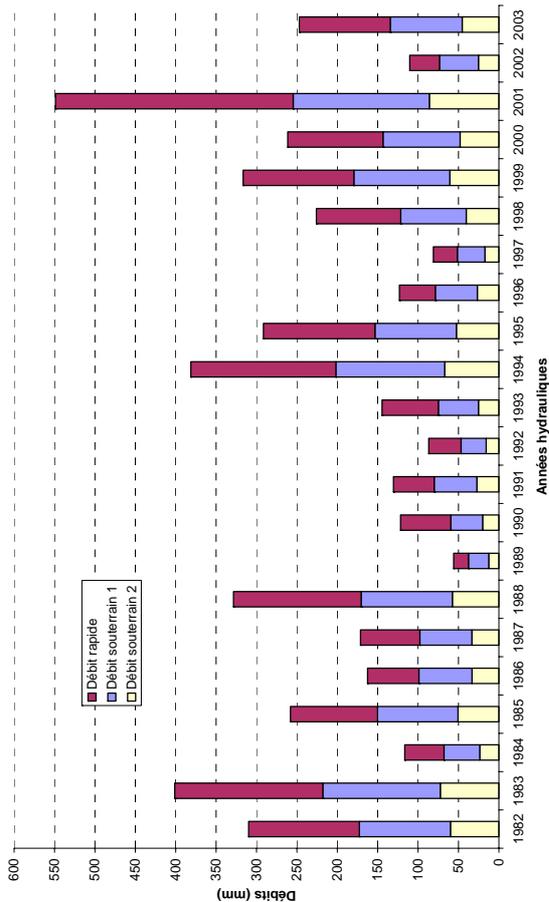


Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DE LA LOISANCE

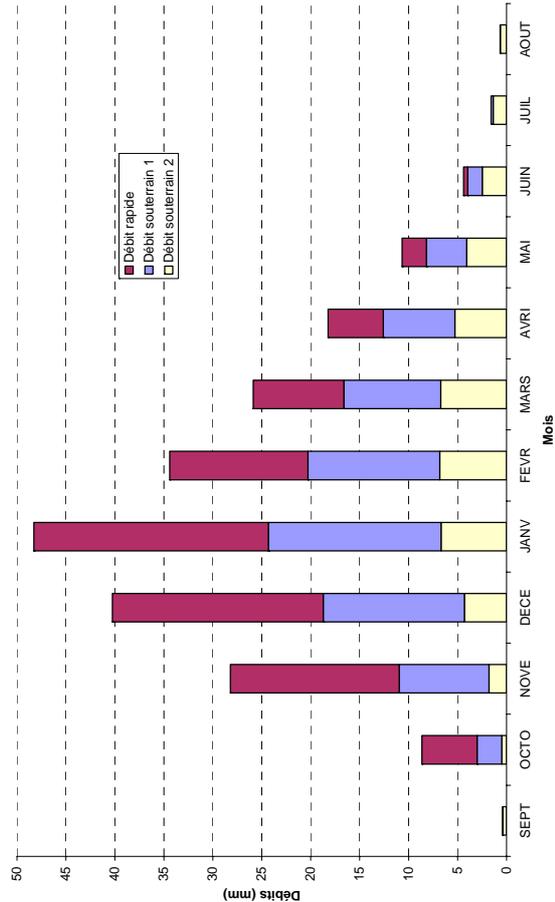


LOISANCE

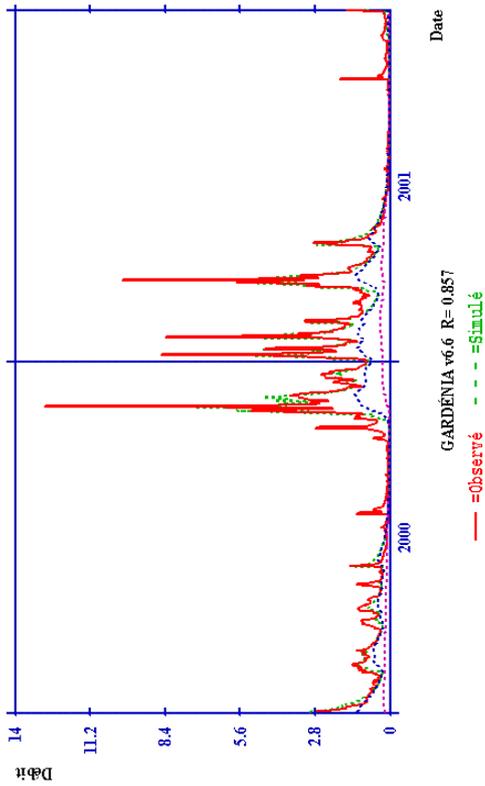




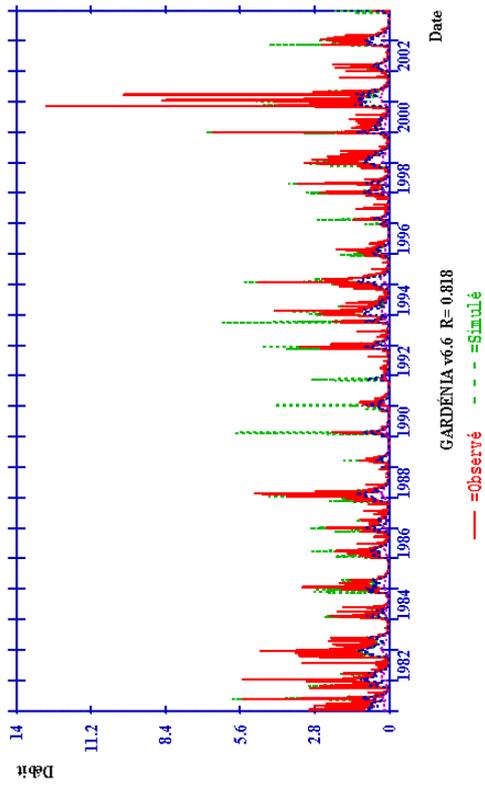
GUYOULT



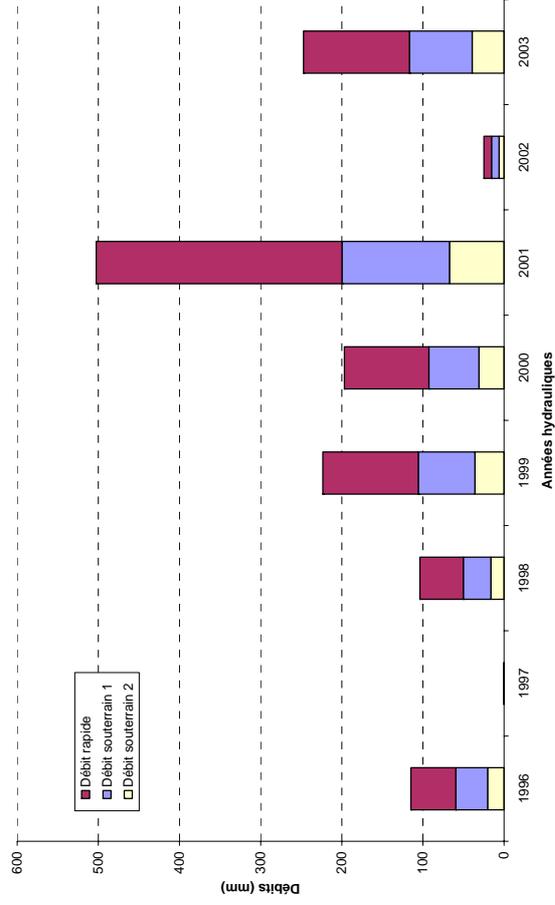
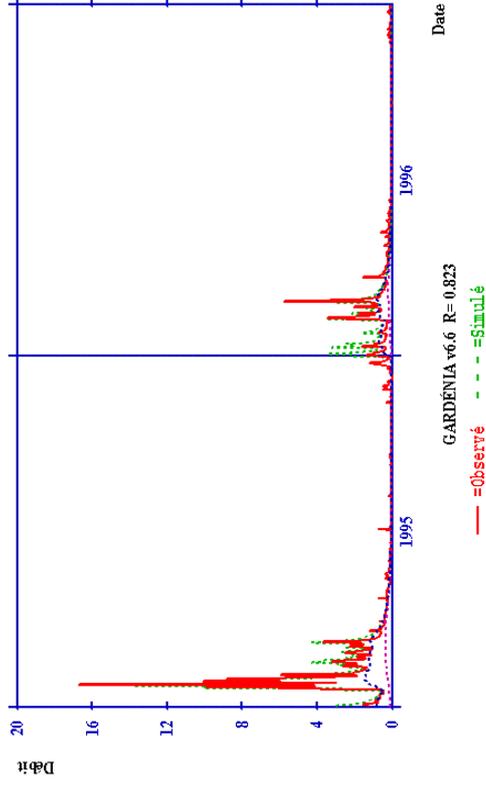
Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DU GUYOULT



Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DU GUYOULT

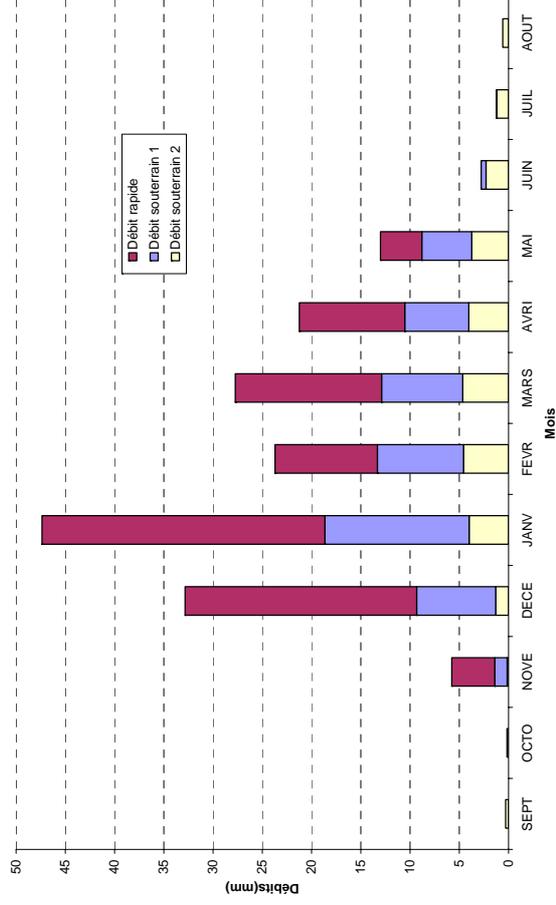
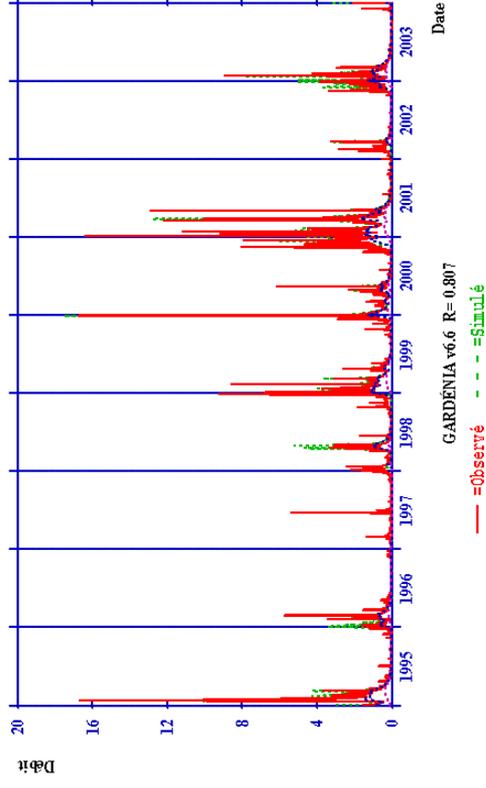


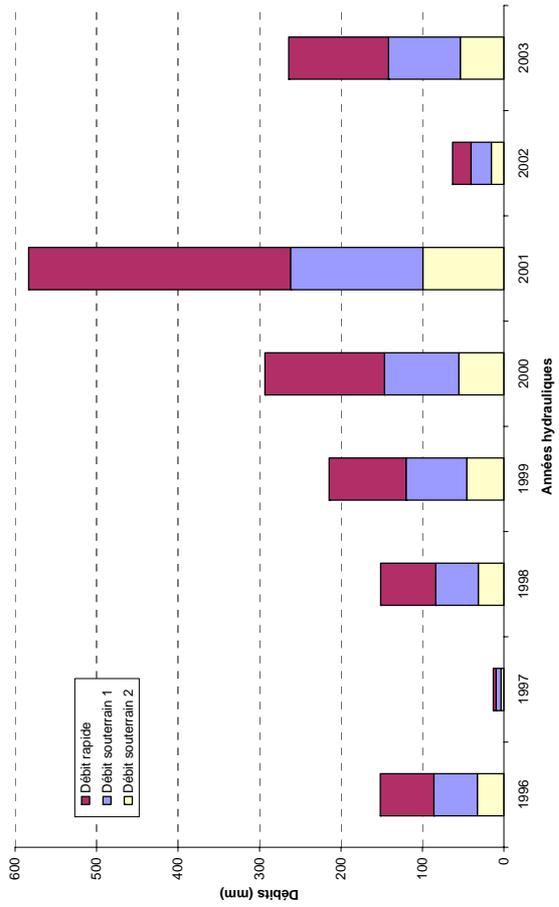
Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DU NEAL



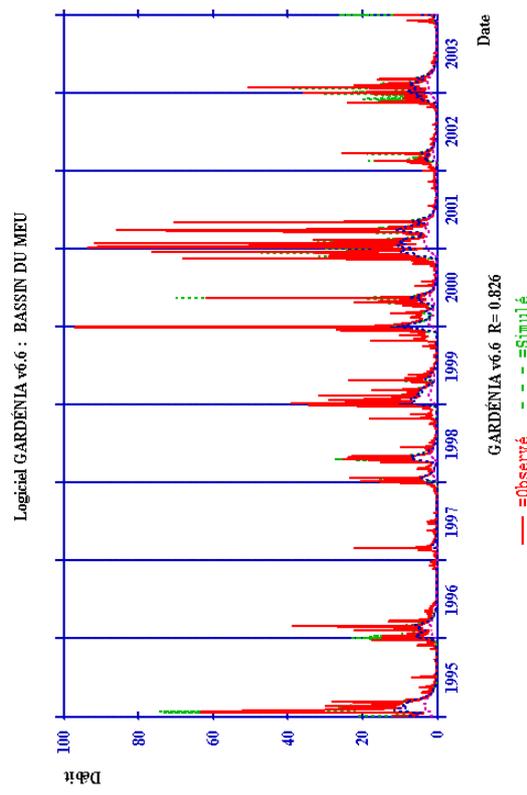
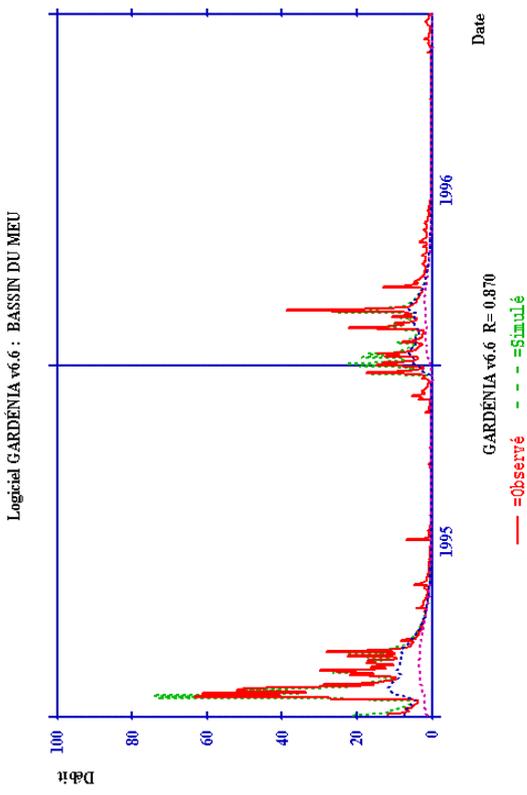
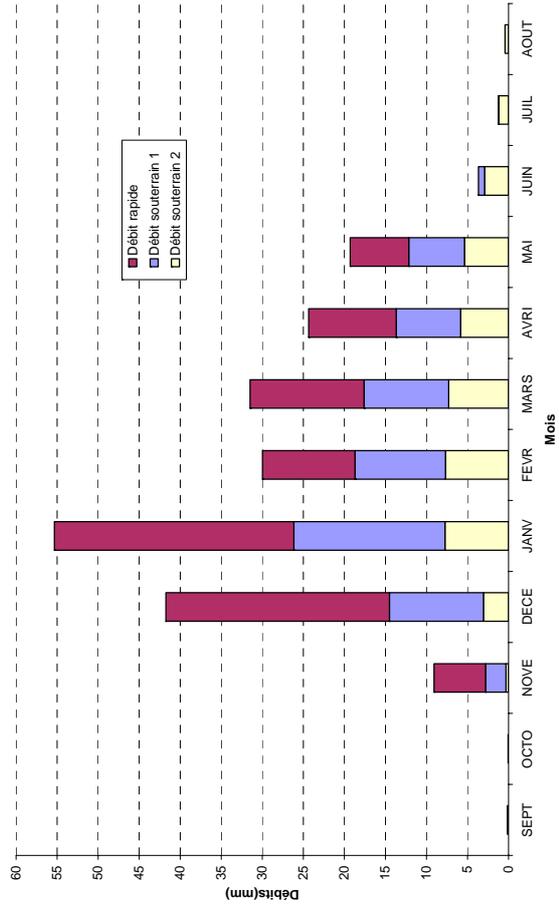
NEAL

Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DU NEAL

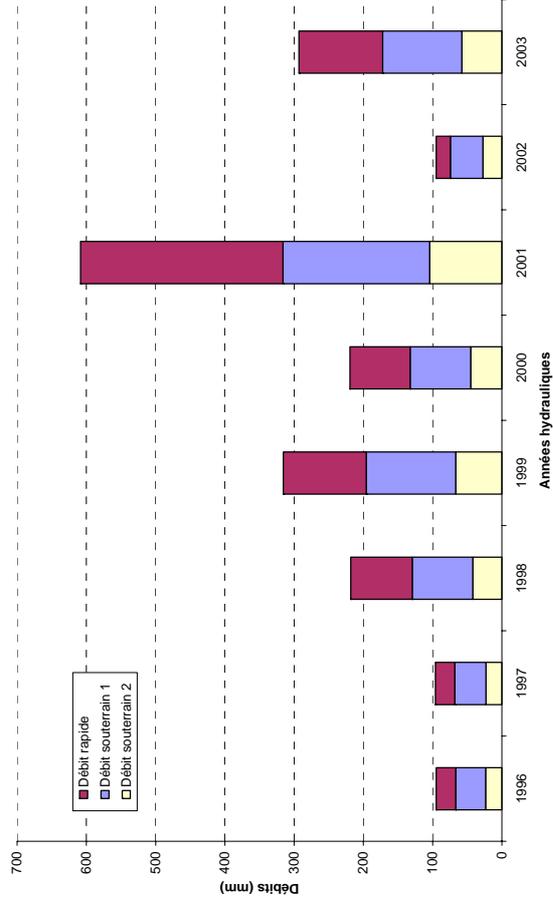
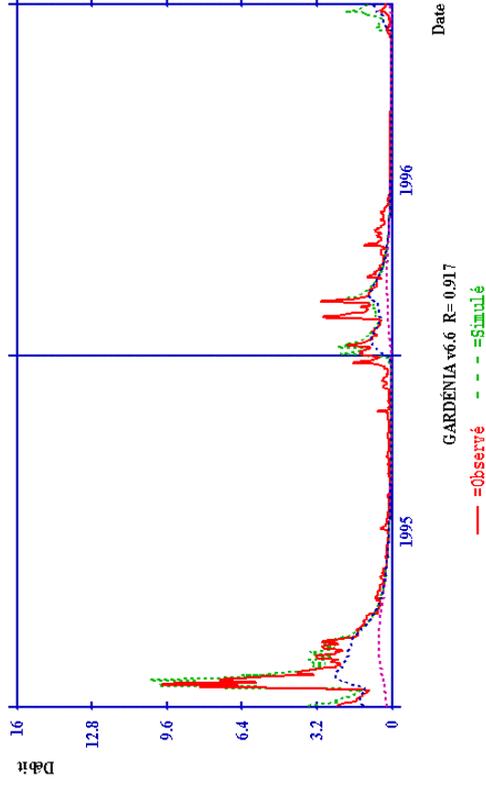




MEU

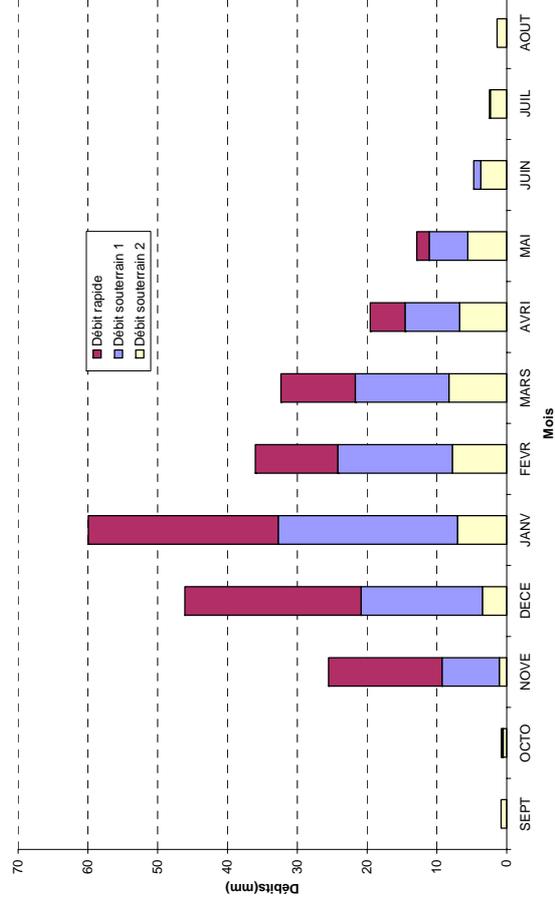
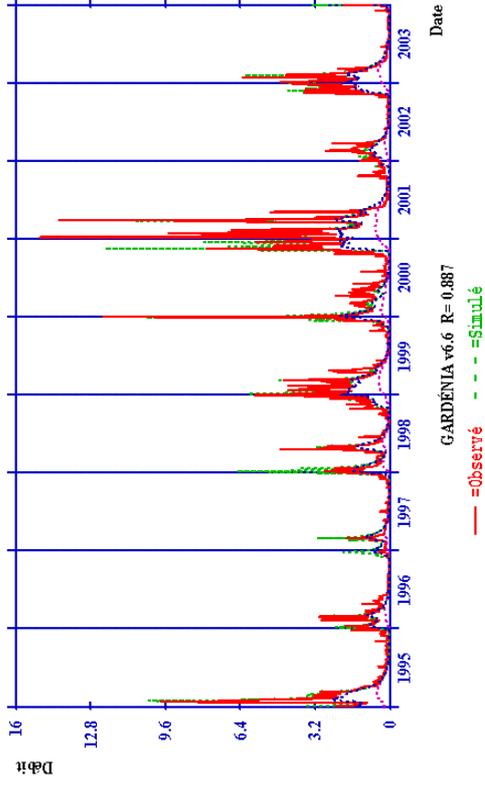


Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DE L'ILLE

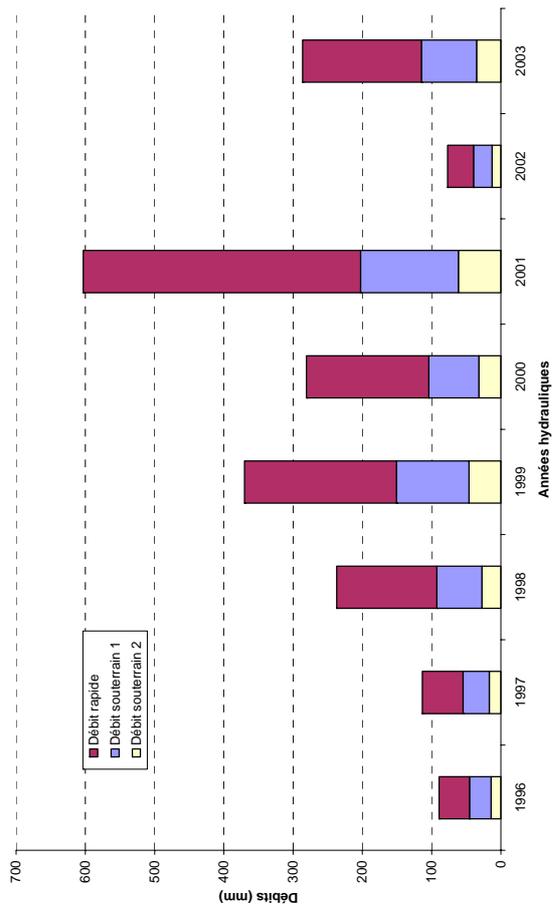
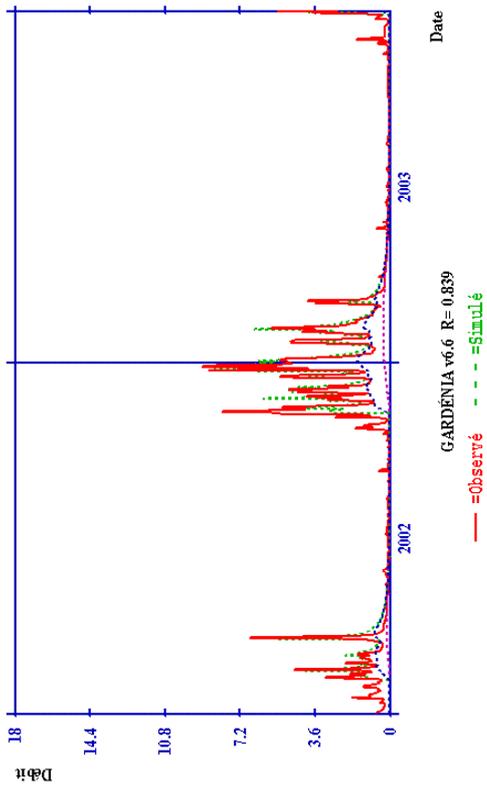


ILLE

Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DE L'ILLE

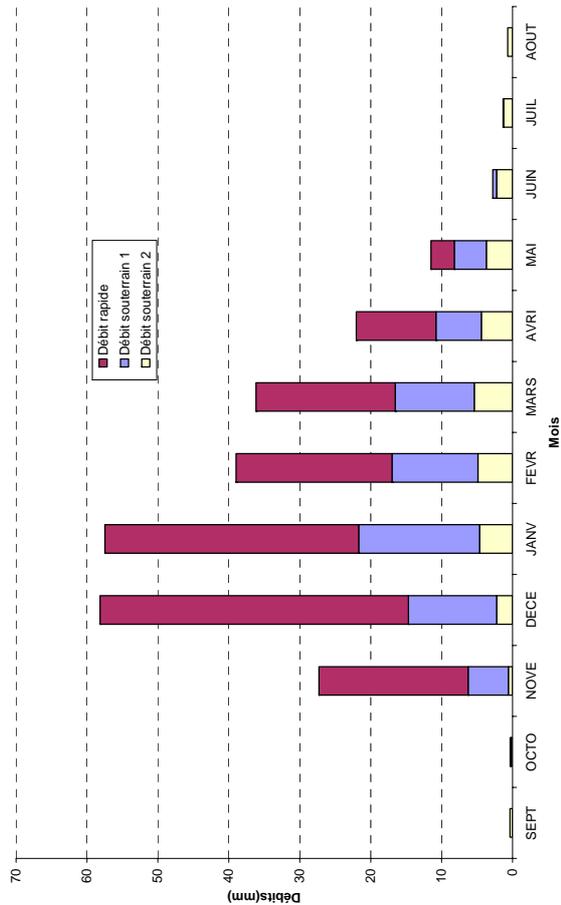
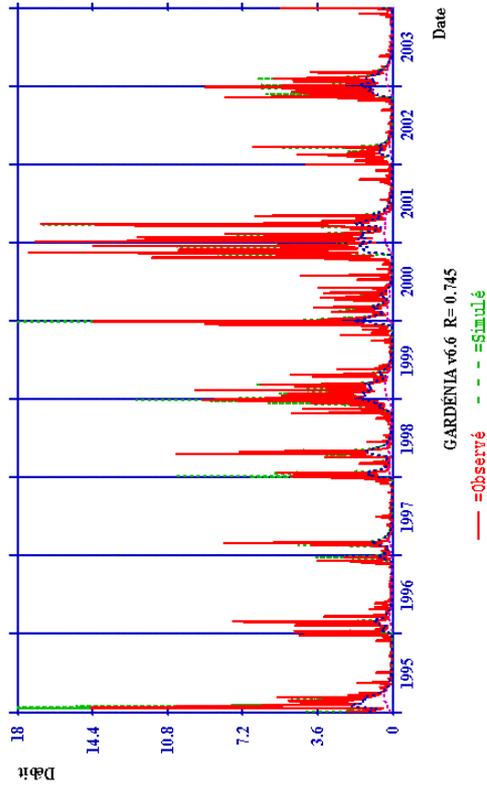


Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DE L'ILLET

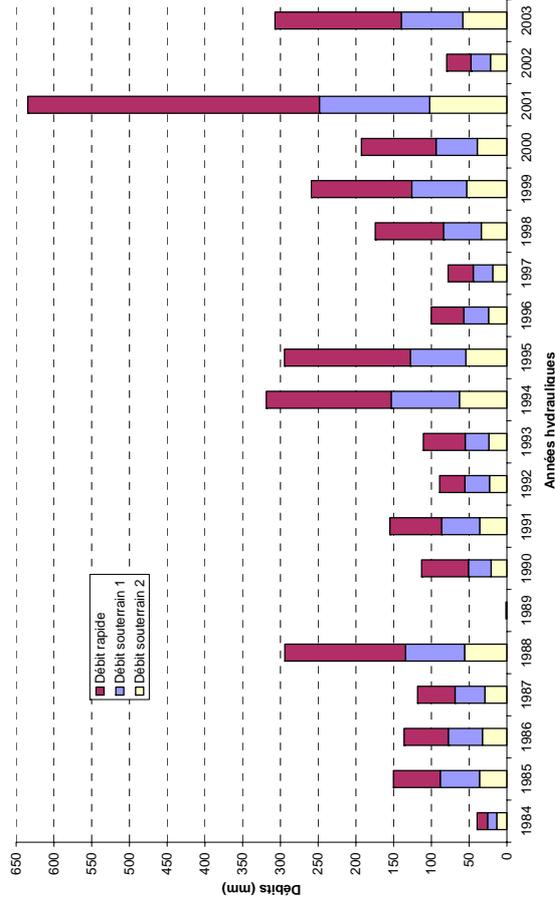
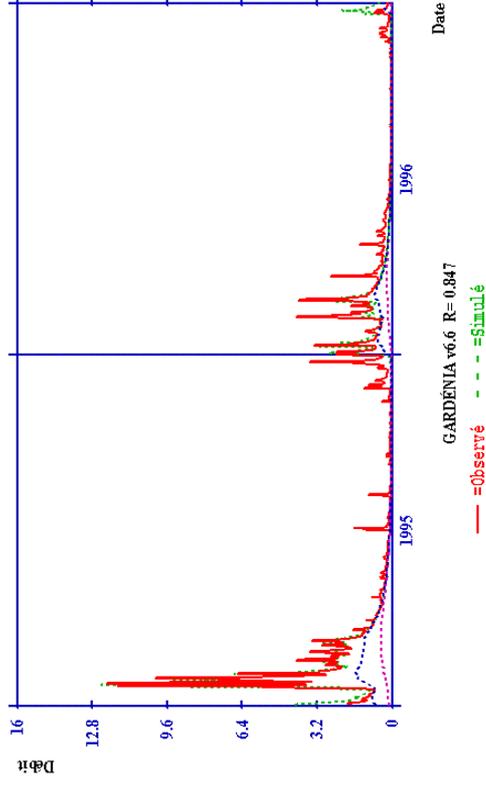


ILLET

Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DE L'ILLET

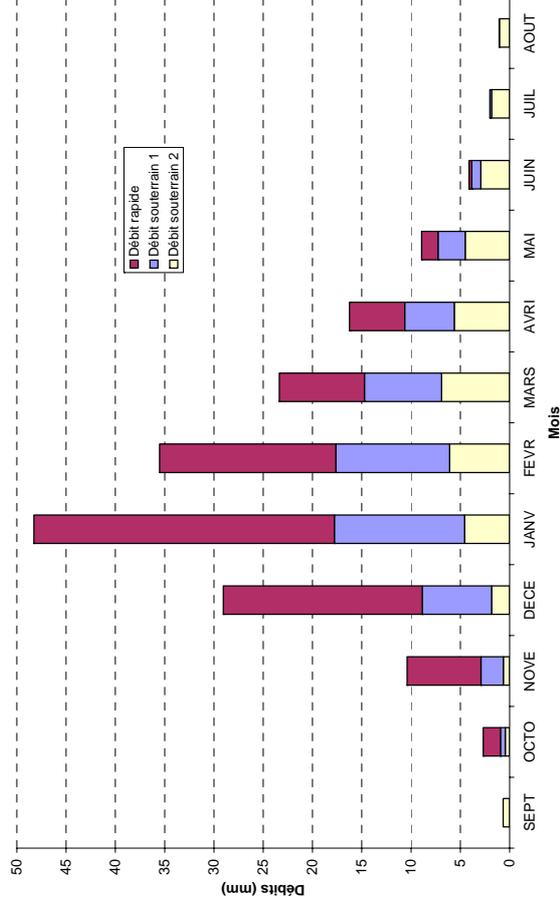
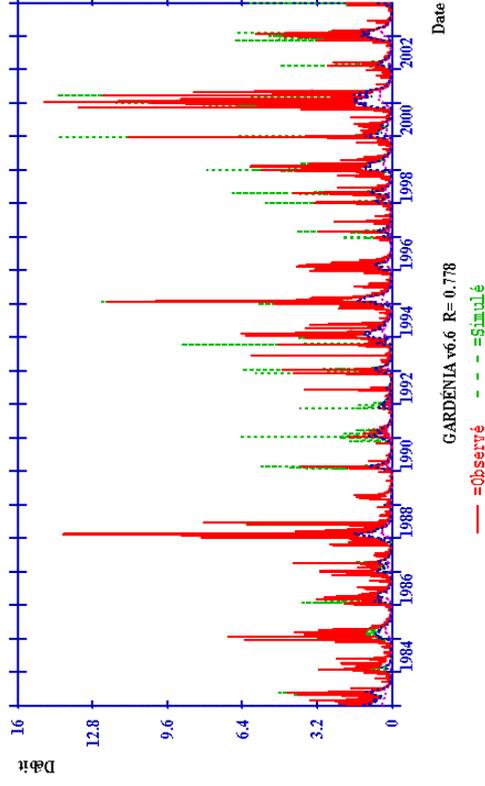


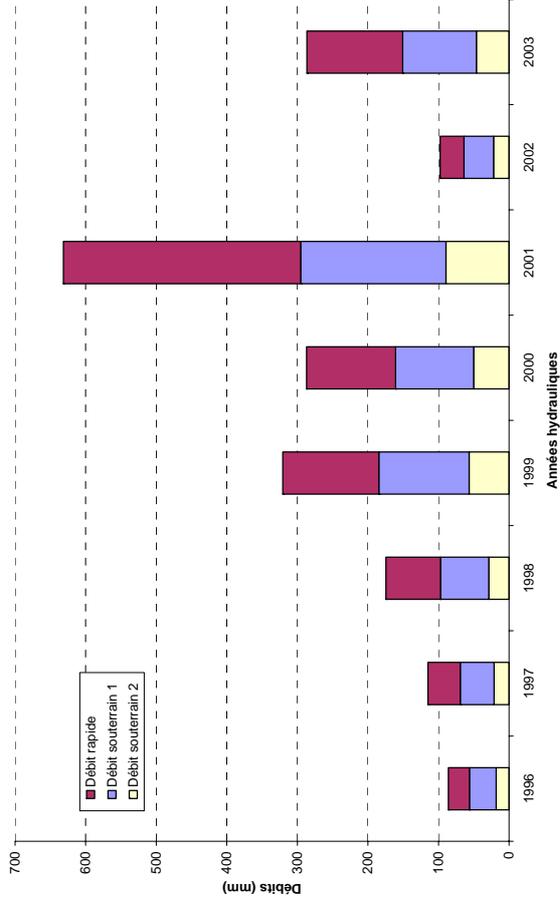
Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DE LA FLUME



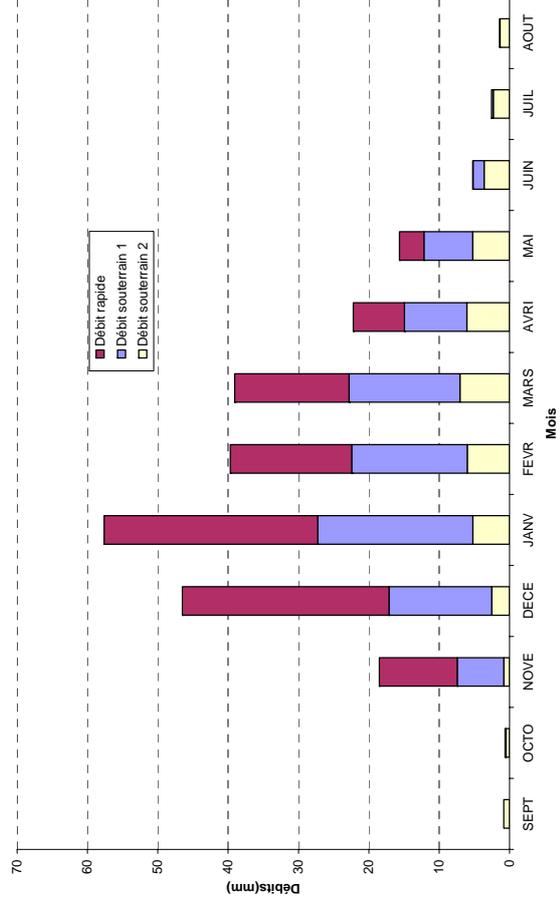
FLUME

Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DE LA FLUME

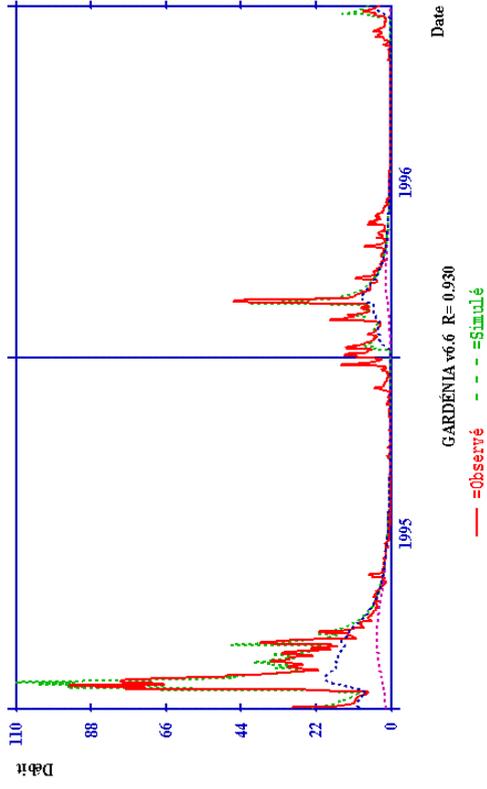




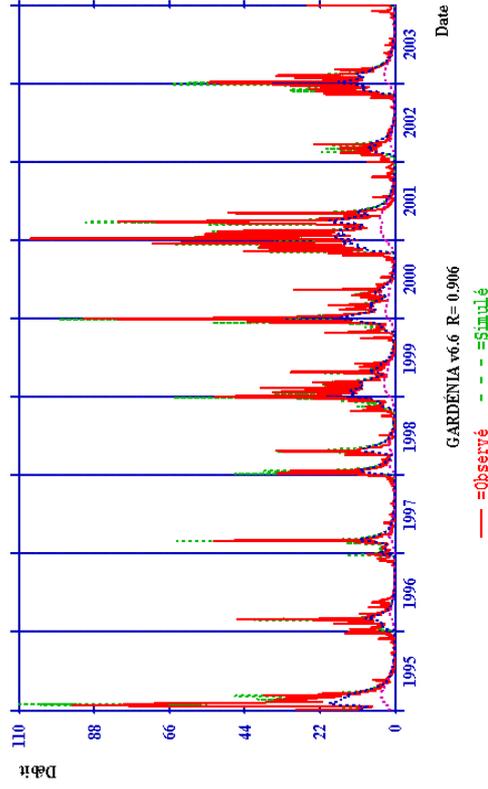
SEICHE



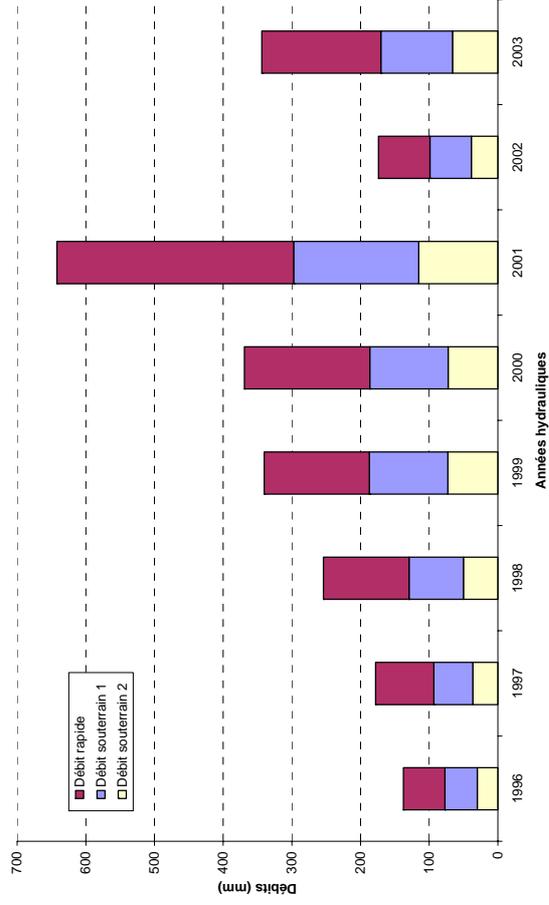
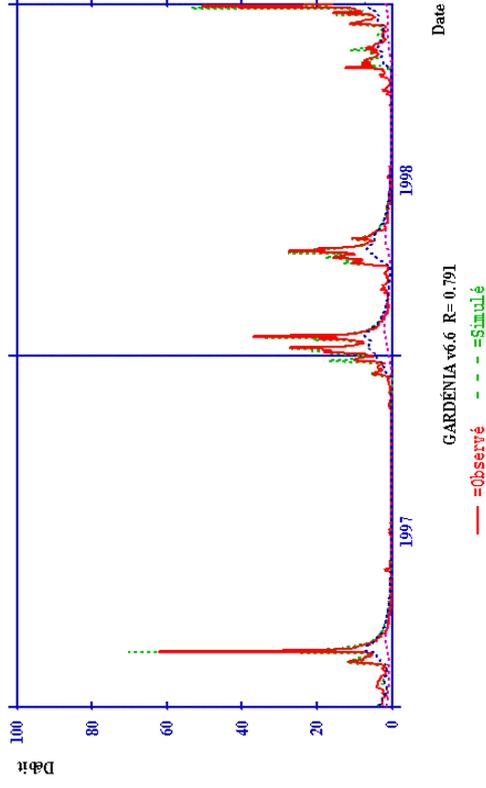
Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DE LA SEICHE



Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DE LA SEICHE

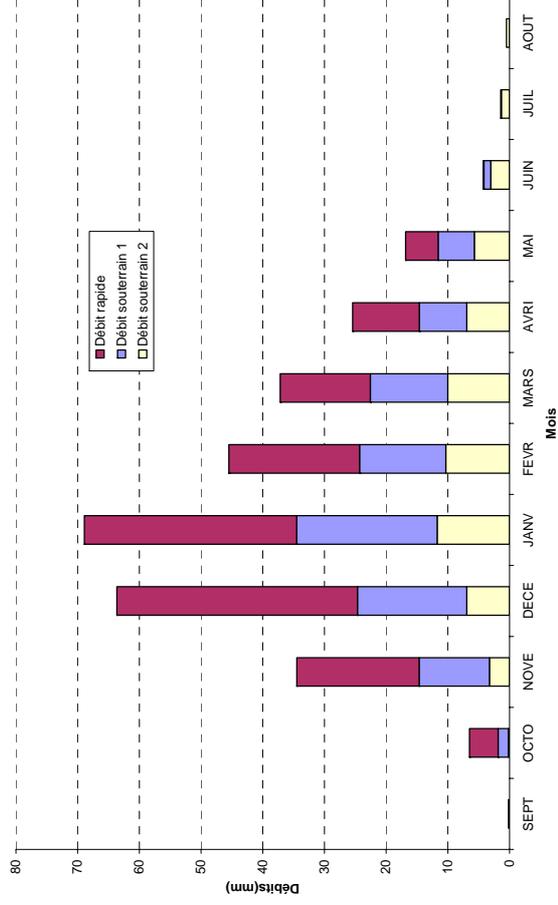
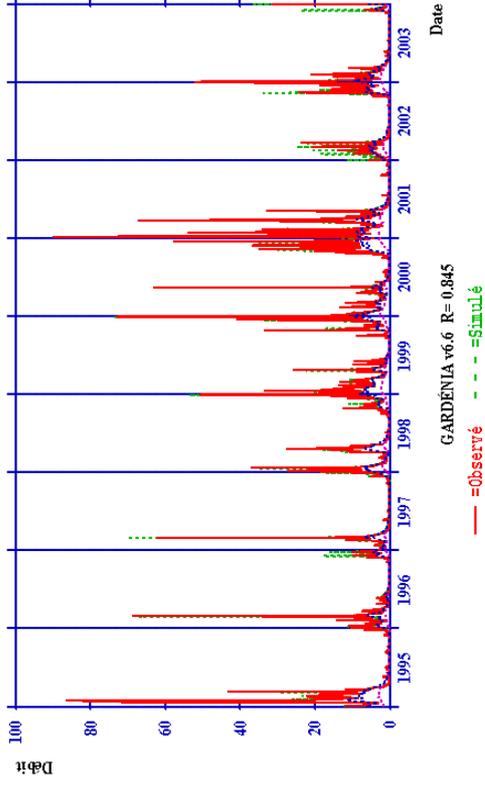


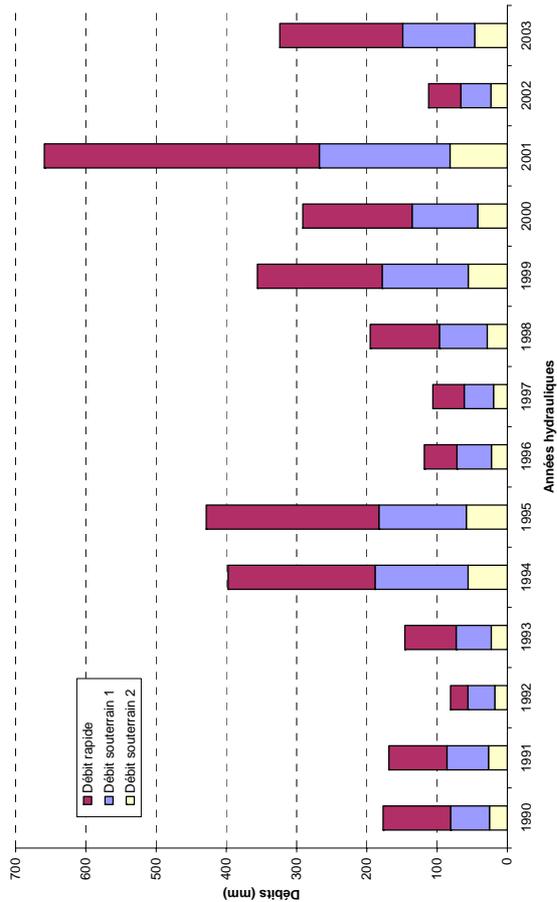
Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DU SEMNON



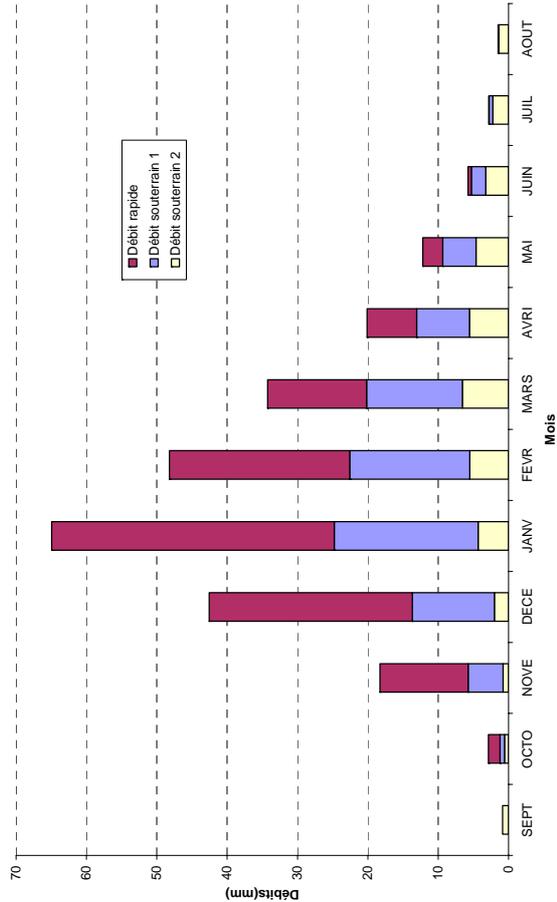
SEMNON

Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DU SEMNON

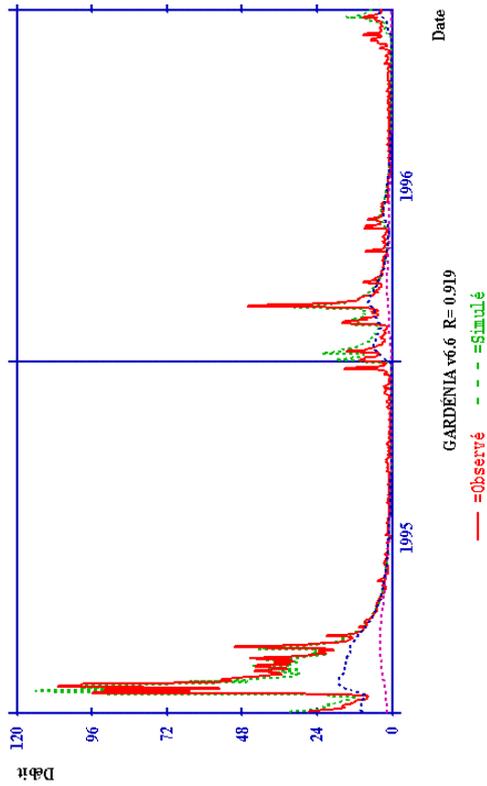




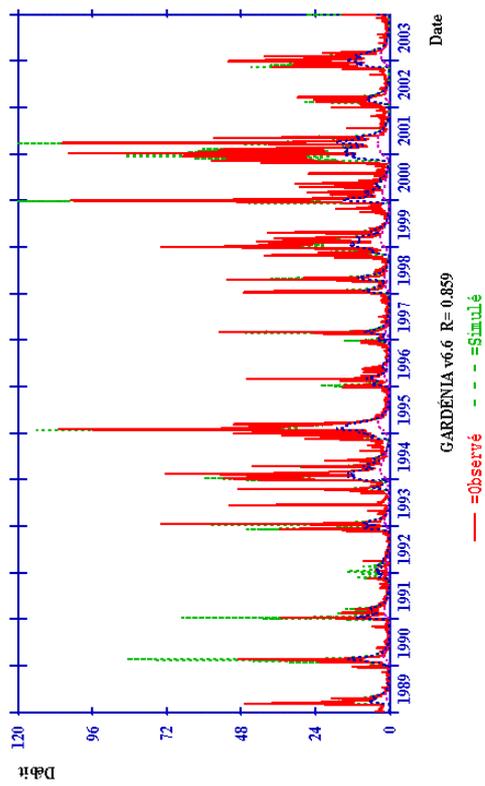
VILAINE (Cesson)



Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DE LA VILAINE (AMONT)



Logiciel GARDÉNIA v6.6 : BASSIN DE LA VILAINE (AMONT)





Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 6009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service géologique régional Bretagne
Rennes Atalante Beaulieu
2, rue de Jouanet
35700 – Rennes – France
Tél. : 02 99 84 26 70