

Modélisation des flux de contamination fécale et de leur impact sur la zone littorale

Bassin versant de l'estuaire de la rivière de Daoulas

Mercredi 26 mars 2008

**M. BOUGEARD, S. DUPONT, R. GNOUMA, M. POMMEPUY, J.C. LE SAUX (IFREMER)
M. ROBIN (GEOLITTOMER, Université de Nantes)**

Plan

Objectifs

1. Présentation du site
2. Acquisition de données
3. Modélisation hydrologique
4. Application du modèle aux flux d'*E. coli*

Conclusion

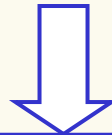


Contexte et problématique générale

Directive Cadre sur l'Eau : mettre en place des *outils de gestion* des BV pour 2015

Directives Eaux de Baignade et Qualité des eaux Conchylicoles : utilisation de ces outils pour quantification les flux de contamination *E. coli* et gérer les apports à l'échelle du BV

Etude « pilote » sur le BV Daoulas Rade de Brest,
co-financement AELB, travail en collaboration avec BMO
étude 2007- 2008.



Objectif : Evaluer le rôle du BV (caractéristiques) sur
la dynamique des flux de contamination fécale et de
leur impact sur la zone littorale



Pourquoi ce site?

- ✦ Site représentatif des sites conchylicoles bretons (pressions anthropiques agricoles et urbaines)
- ✦ Nombreuses études : Amos, 2003 - Amos, 2004 - Derolez, 2003 (SRC)
- ✦ Projet européen REDRISK (*Reduction of risk in shellfish harvesting areas*)
- ✦ Groupe de travail « Conchyliculture » (administrations, agriculteurs, conchyliculteurs, collectivités...)
- ✦ Station DIREN sur La Mignonne
- ✦ Modèle hydrodynamique MARS développé sur l'estuaire de Daoulas



Plan

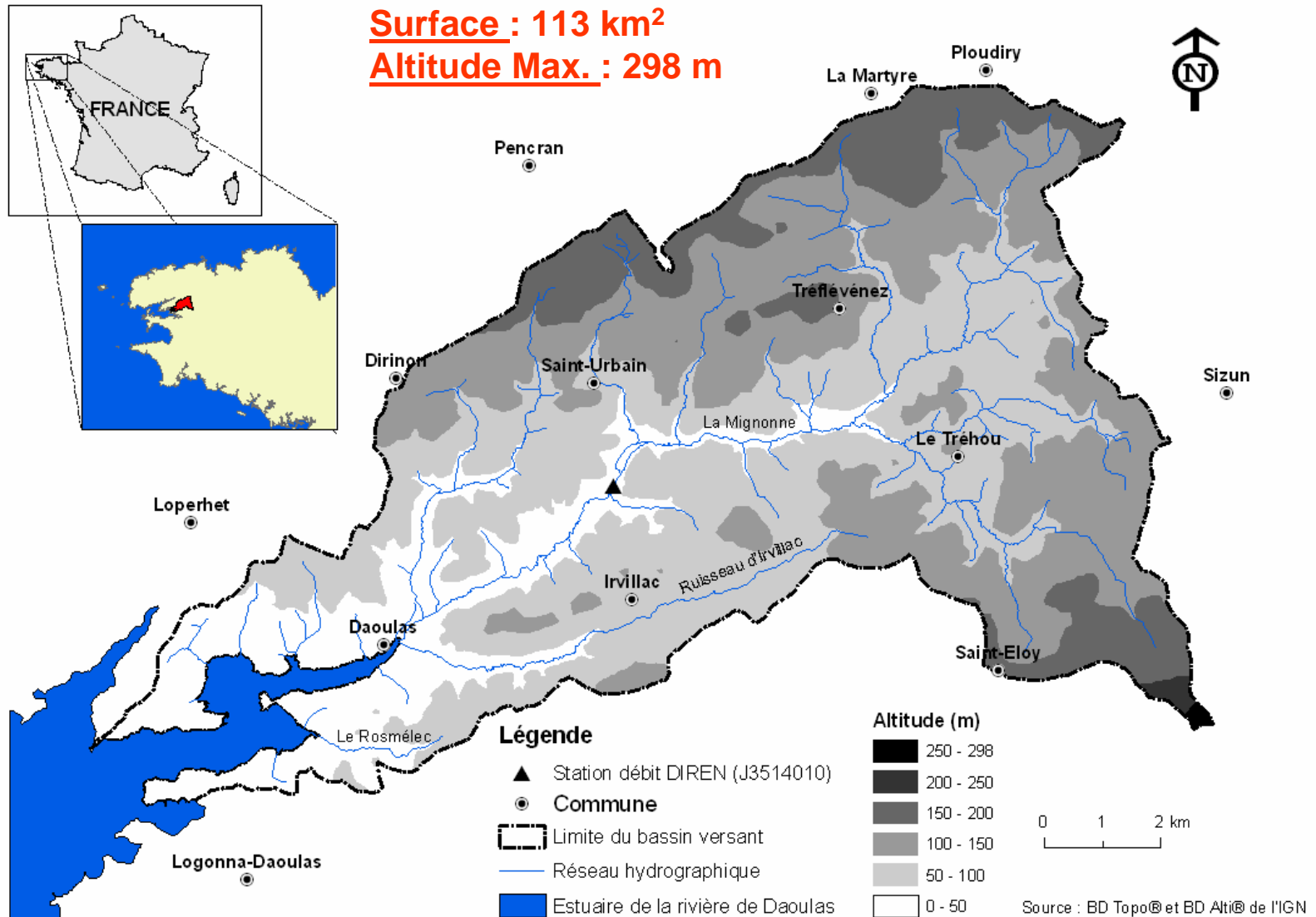
Objectifs

1. **Présentation du site**
2. Acquisition de données
3. Modélisation hydrologique
4. Application du modèle aux flux d'*E. coli*

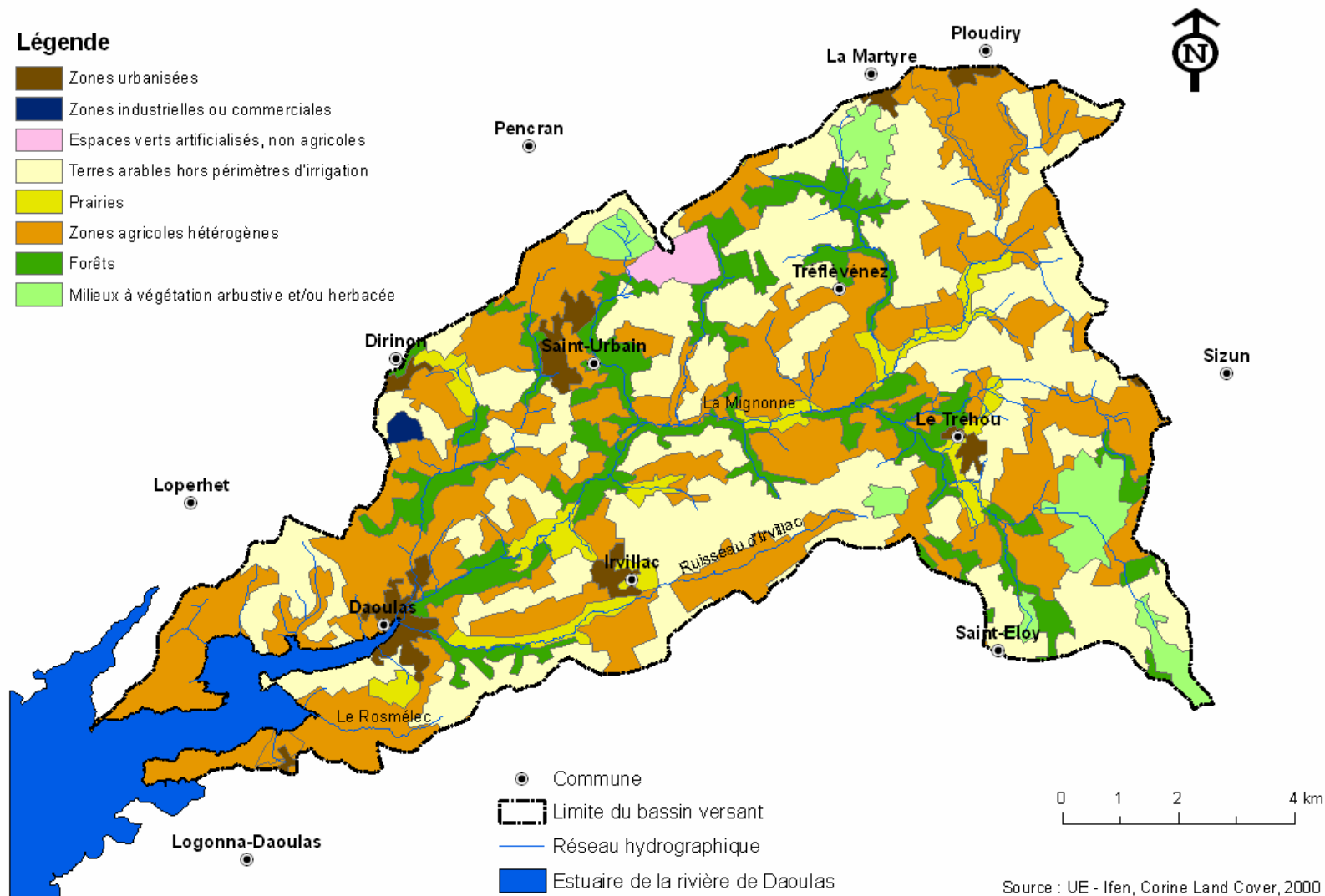
Conclusion



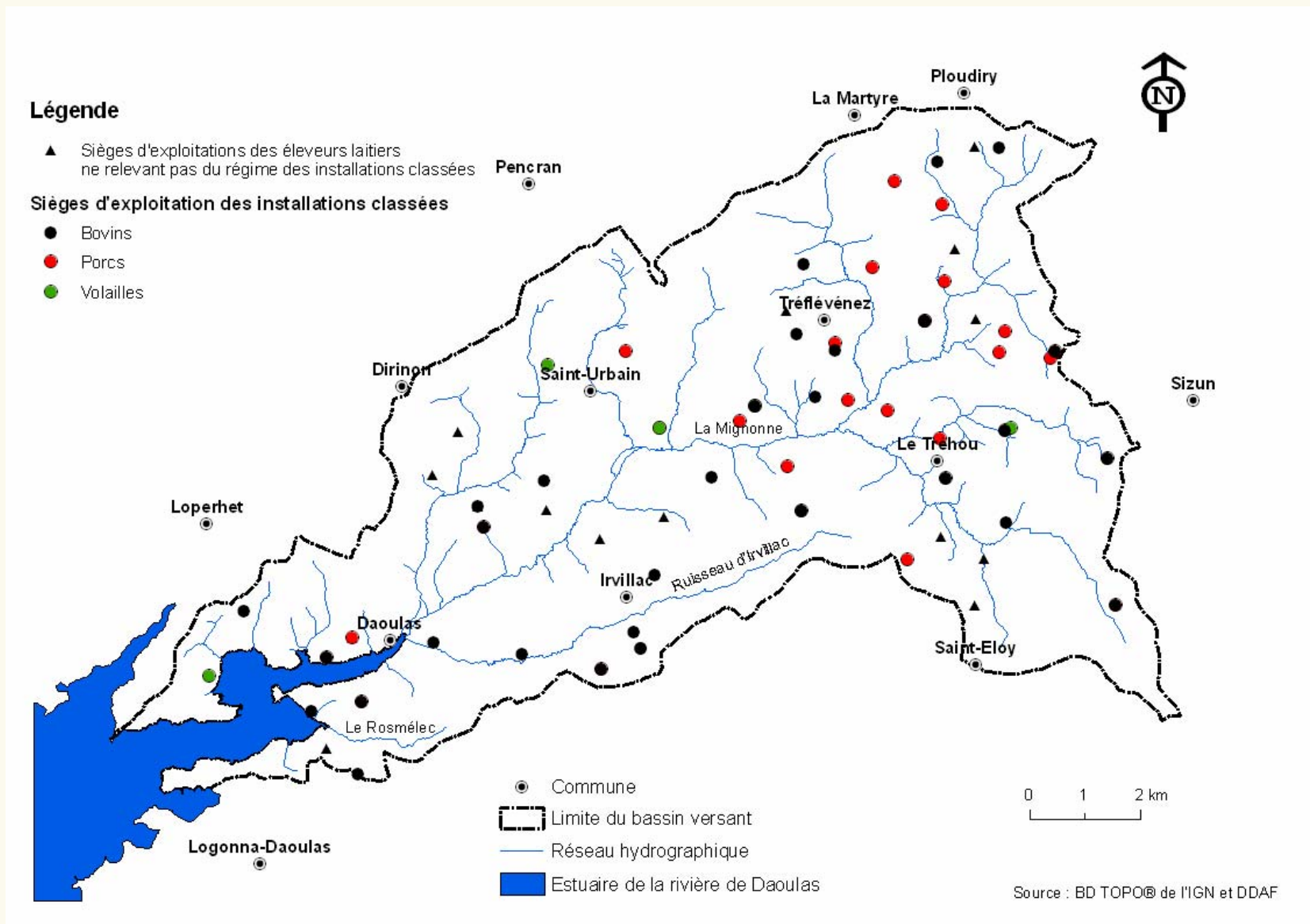
1. Site d'étude : BV de l'estuaire de la rivière de Daoulas



Usages du sol sur le bassin versant



Sources de pollution ponctuelle et diffuse



Plan

Objectifs

1. Présentation du site

2. Acquisition de données

3. Modélisation hydrologique

4. Application du modèle aux flux d'*E. coli*

Conclusion



2. Acquisition de données

- Campagnes de terrain
- Collecte des données SIG pour le modèle
- Création de la couche d'occupation du sol (parcelles)
- Création du Modèle Numérique de Terrain



Campagnes de mesures : février 2007 à janvier 2008

- Mesure de débits
- Prélèvements d'eau → *E. coli*

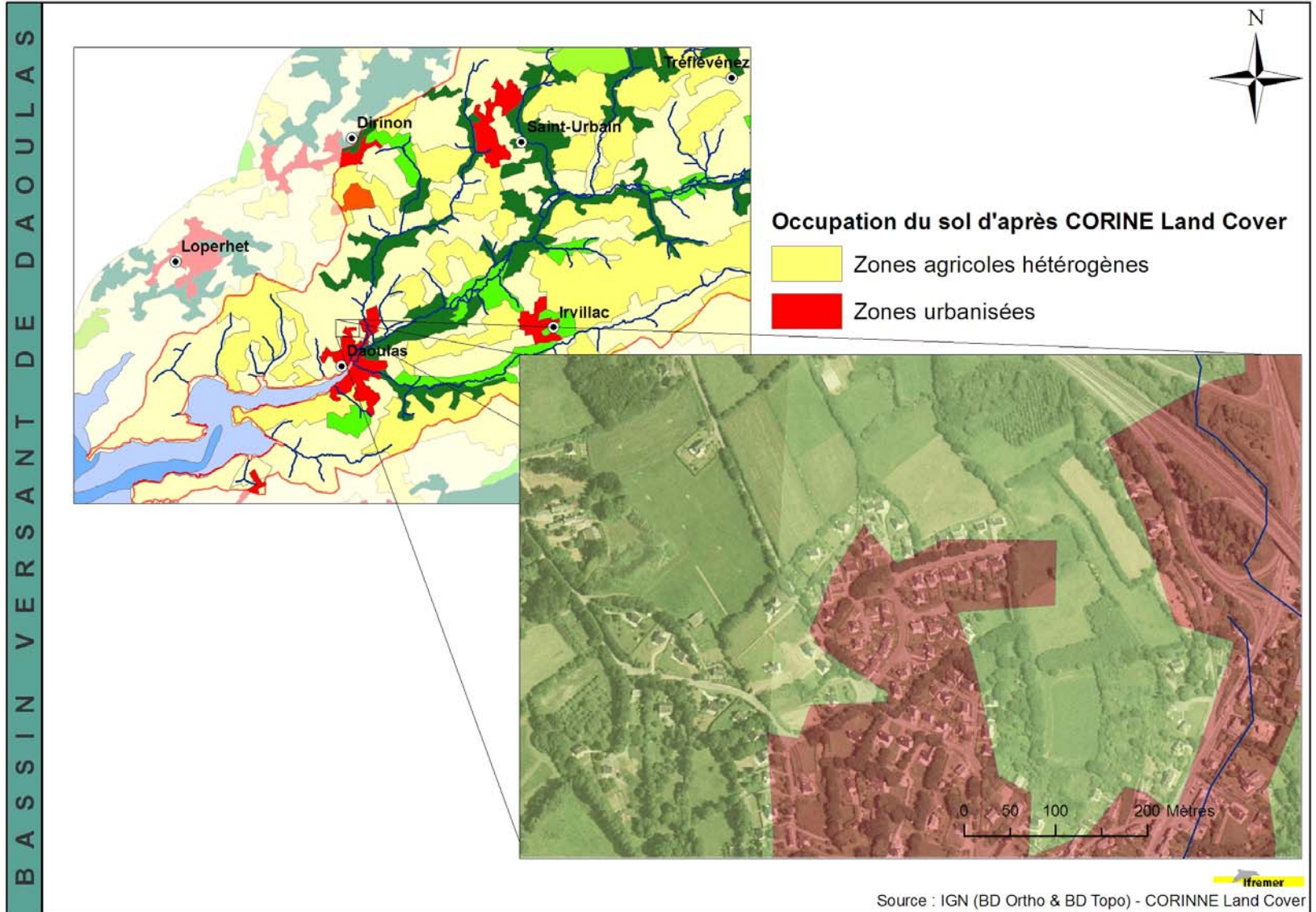
- Campagnes exceptionnelles (saisonniers) avec 48 sites (9 campagnes réalisées)
- Campagnes hebdomadaires avec 15 sites (35 campagnes réalisées)



Données d'entrée pour le modèle AVSWAT

Type de données	Provenance des données	Commentaires
SCAN 25	Mise à disposition (convention BMO)	Cartes topographiques
BD TOPO	Mise à disposition (convention BMO)	
BD ORTHO	Mise à disposition (convention BMO)	Photographies aériennes orthorectifiées, 2000
Courbes de niveaux de la BD ALTI	Achetées à l'IGN	
MNT de la BD ALTI	Achetées à l'IGN	
Pentes	Dérivées du MNT	
Occupation du sol	Achetées à l'IFEN	Programme Corine Land Cover
Cartes géologiques	Achetées au BRGM	
Géologie		Digitalisées à partir des cartes géologiques du BRGM
Profils de sols	Mise à disposition par les mairies et de la Communauté de communes du Pays de Landerneau-Daoulas	Etude de zonage d'assainissement ou lors d'une installation nouvelle ou d'une rénovation dans le cadre du SPANC
Plans d'épandage, sièges d'exploitations et données PAC 2006	Achetées à la DDAF	
Pluviométrie, température, vitesse du vent, radiation solaire, humidité	Achetées à Météo France	Pas de temps journalier
Débit	DIREN Bretagne	Station J3514010 (La Mignonne à Irvillac), pas de temps journalier

Création de la couche d'occupation du sol (SIG)

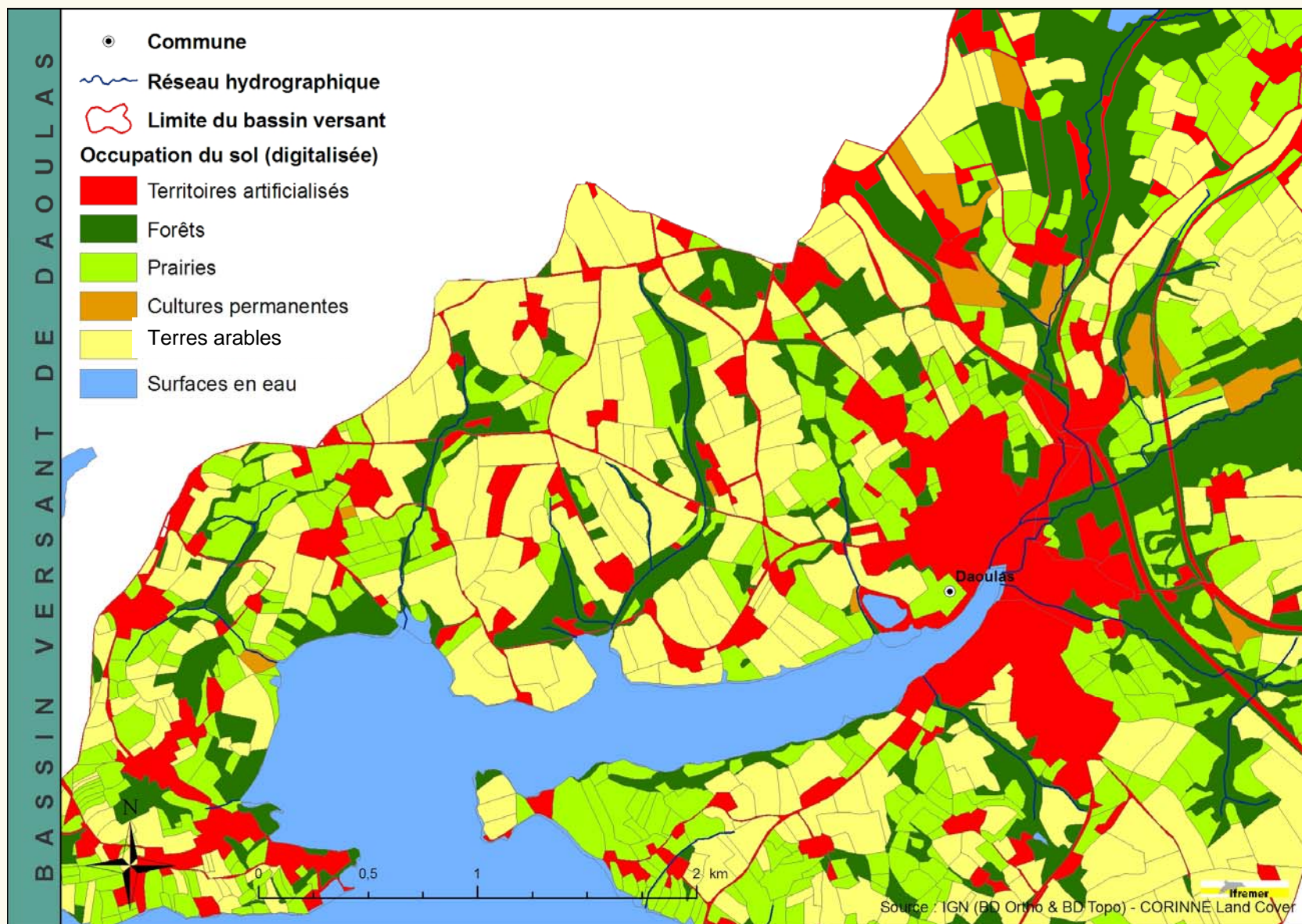


Création de la couche d'occupation du sol

- A partir des orthophotographies aériennes du bassin versant (IGN)
- Choix des catégories d'occupation du sol d'après CORINE Land Cover :
 - Zones urbaines
 - Forêts
 - Prairies
 - Cultures permanentes
 - Terres arables
 - Surfaces en eau



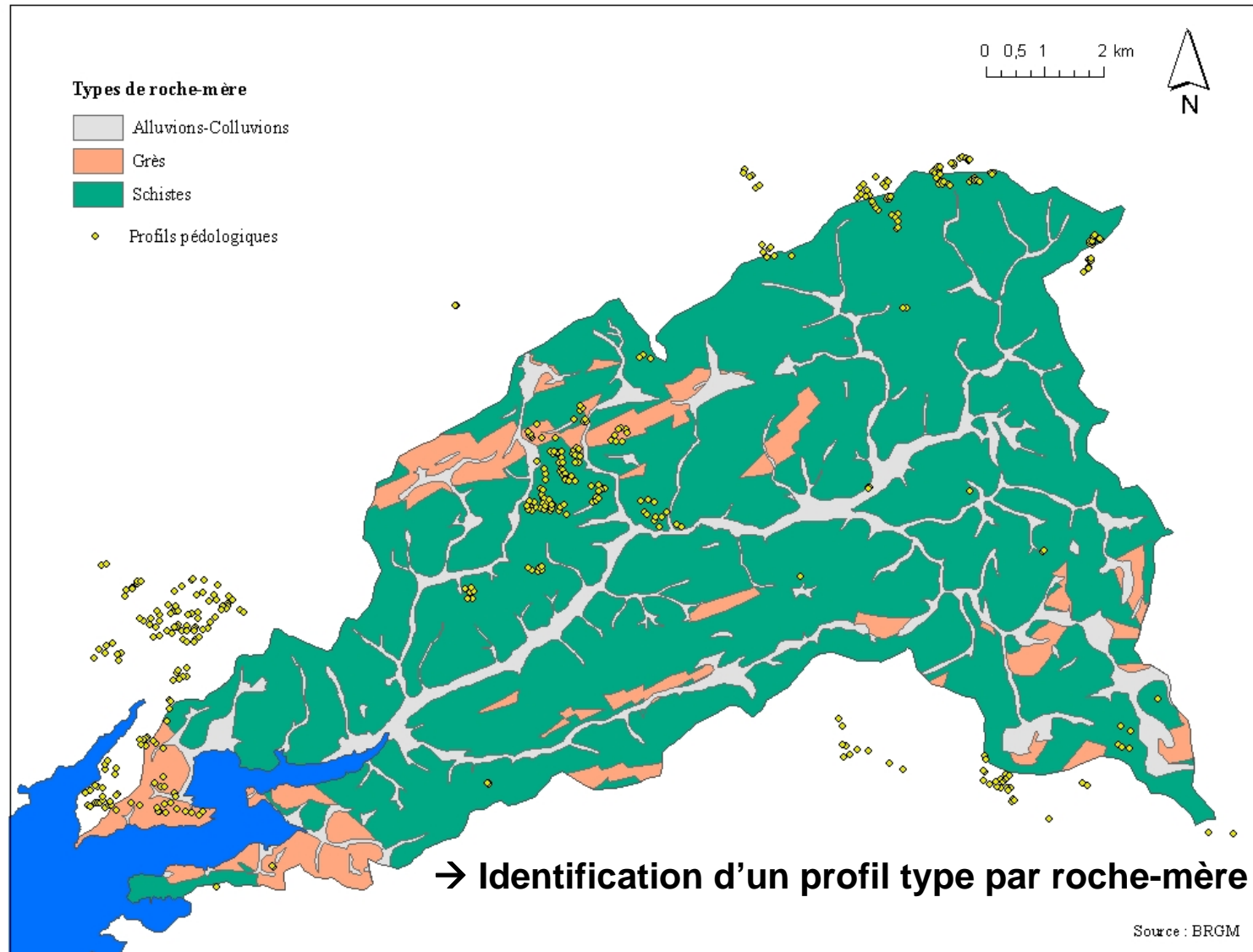
Création de la couche d'occupation du sol



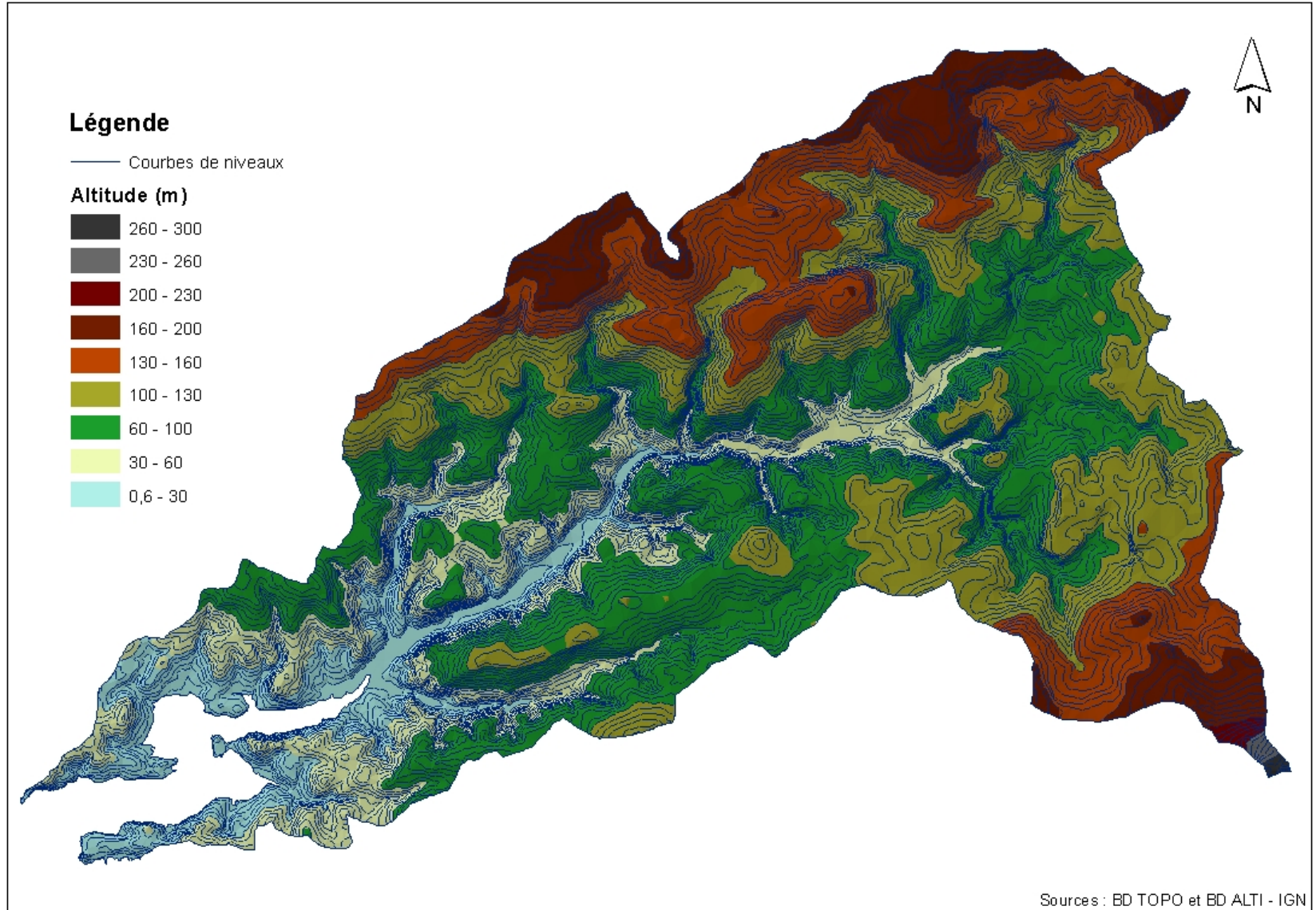
- Insertion de données DDAF pour chaque parcelle concernée :
 - Plan d'épandage
 - Type d'élevage par exploitation



Analyse des profils pédologiques réalisés dans le cadre d'études d'assainissement non collectif



Création du Modèle Numérique de Terrain



Plan

Objectifs

1. Présentation du site
2. Acquisition de données
- 3. Modélisation hydrologique**
4. Application du modèle aux flux d'*E. coli*

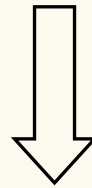
Conclusion



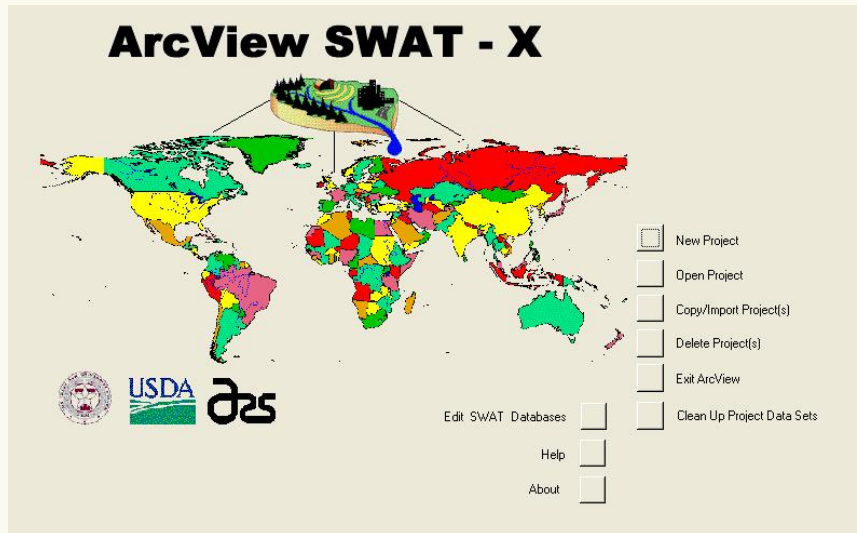
3. Modélisation hydrologique

Objectif :

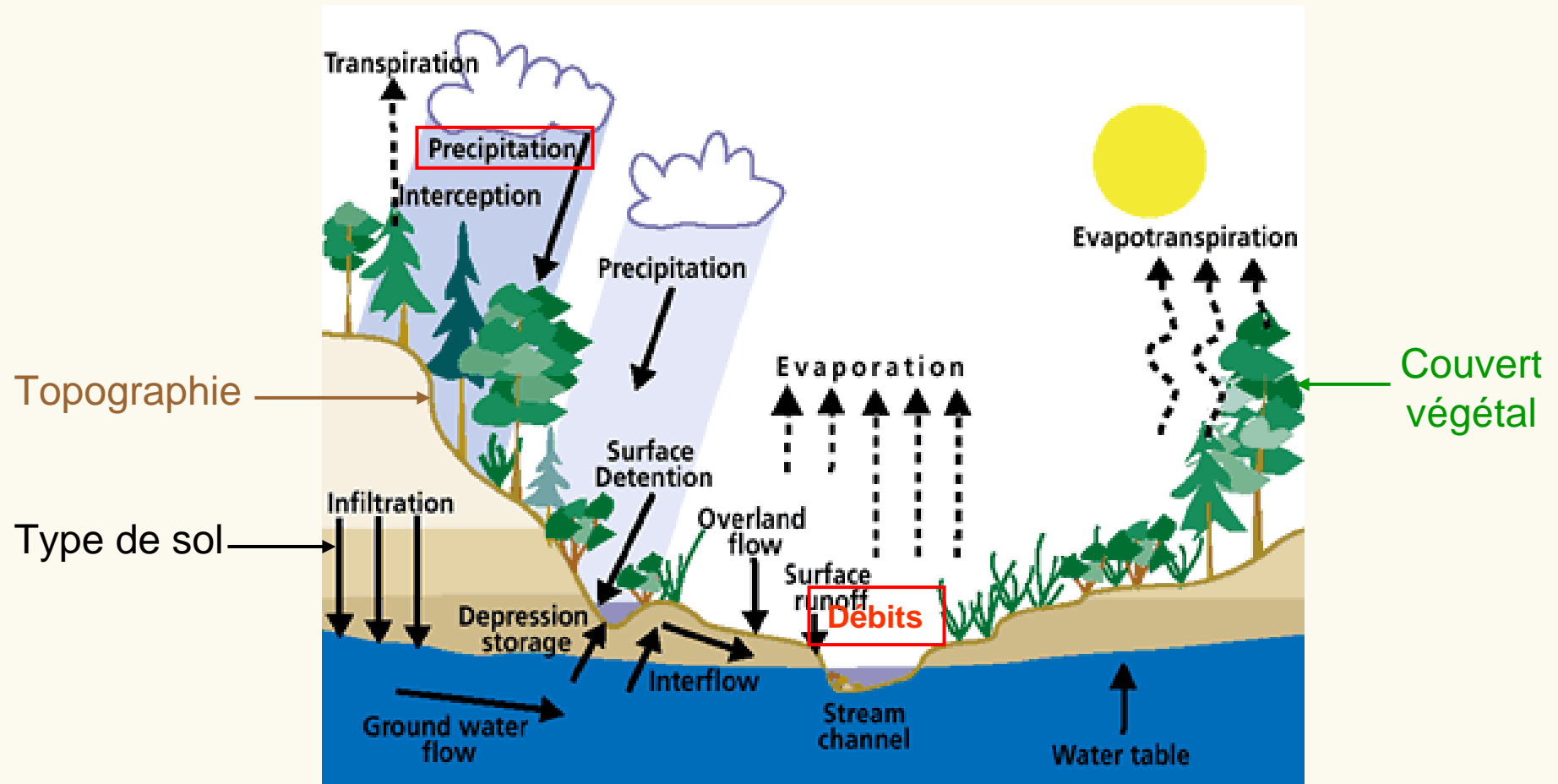
Modélisation des écoulements sur le bassin versant de l'estuaire de la rivière de Daoulas avec le modèle AVSWAT



Couplage entre le modèle américain SWAT2005 (*Soil Water Assessment Tool*) et le logiciel ArcView 3.2 d'ESRI



Les processus hydrologiques sur un BV



Ministère des Richesses Naturelles, Ontario <http://www.mnr.gov.on.ca/mrn/eaux/>

Le principe de la modélisation

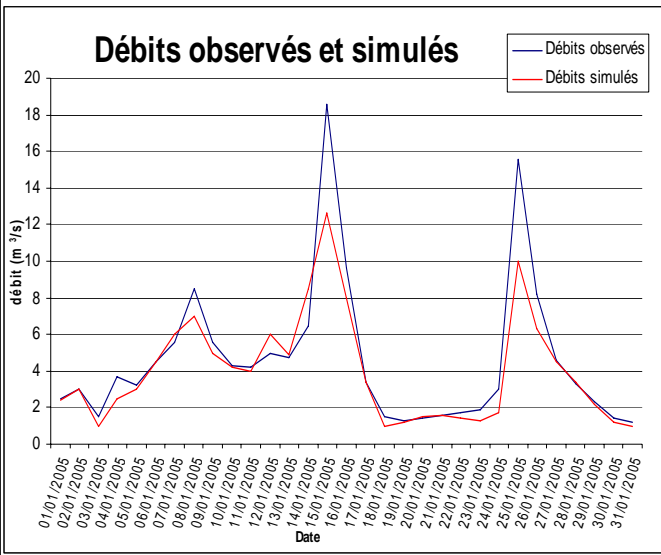
Caractéristiques physiques du bassin versant (pentes, type de sol...)

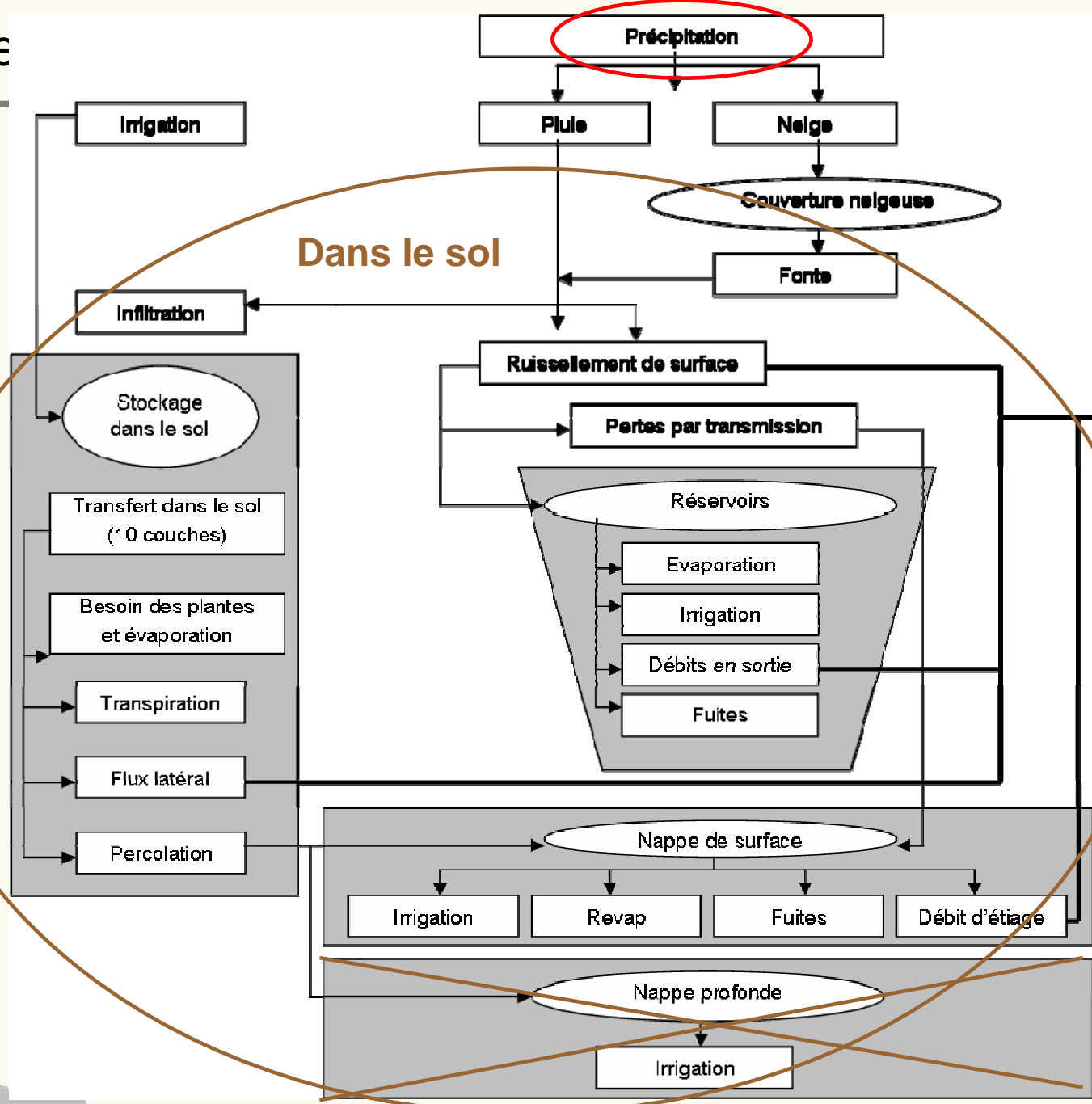


Pluie, Vent, Ensoleillement

MODELE
Equations mathématiques reliant les données d'entrée aux débits
$$\text{débit} = a \times (\text{pluie})^b + c \times (\text{sol})^d + e \times (\text{pente})^f + \dots$$

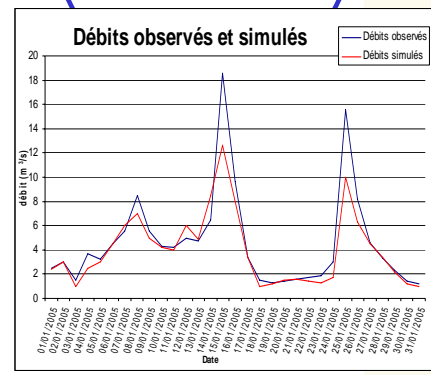
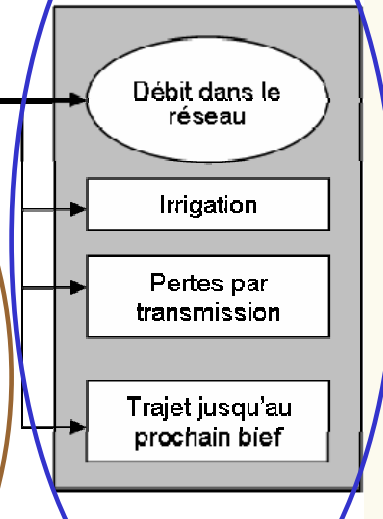
Reproduction et prédiction des débits sur le bassin versant



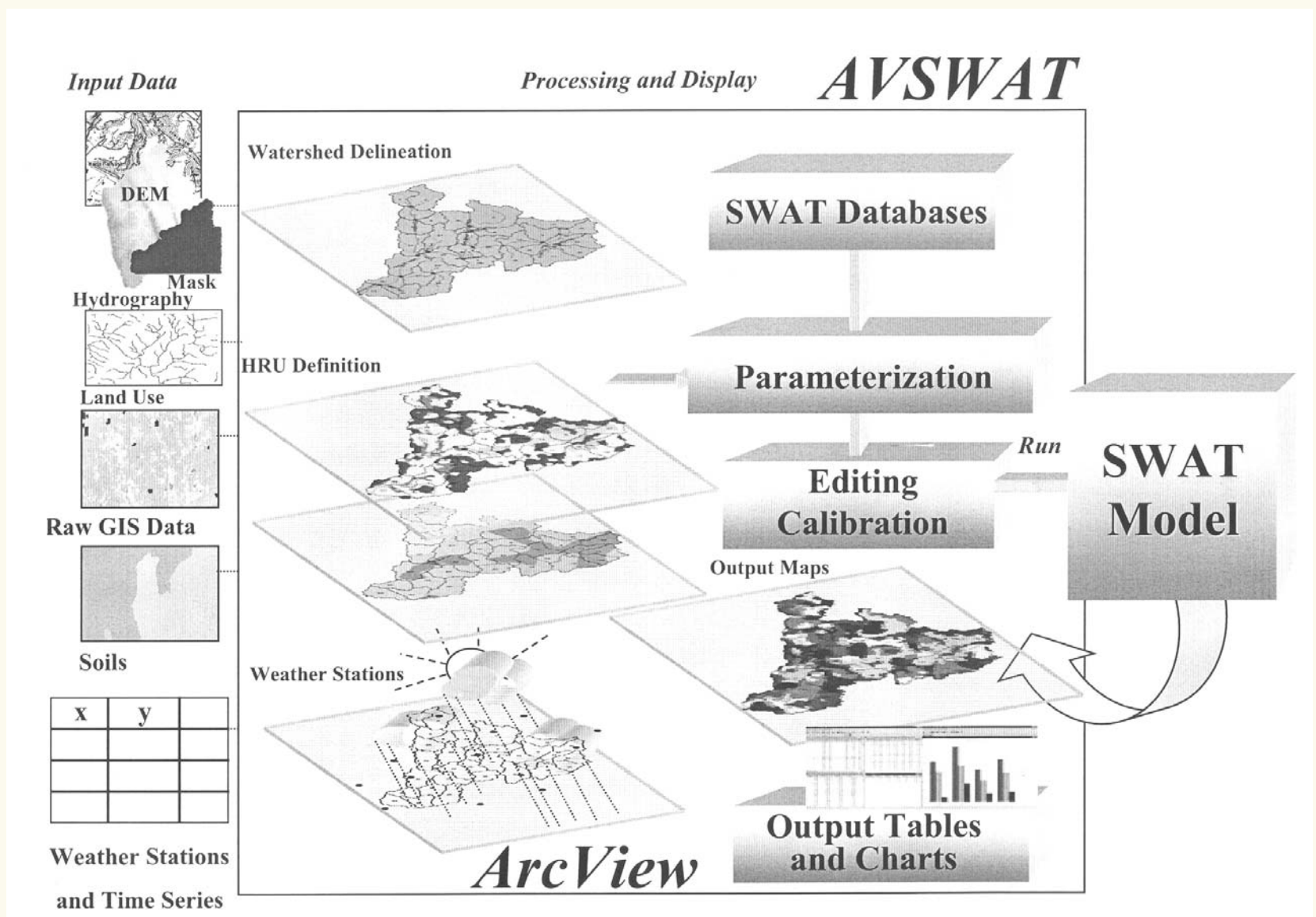


Dans les cours d'eau

Dans le sol



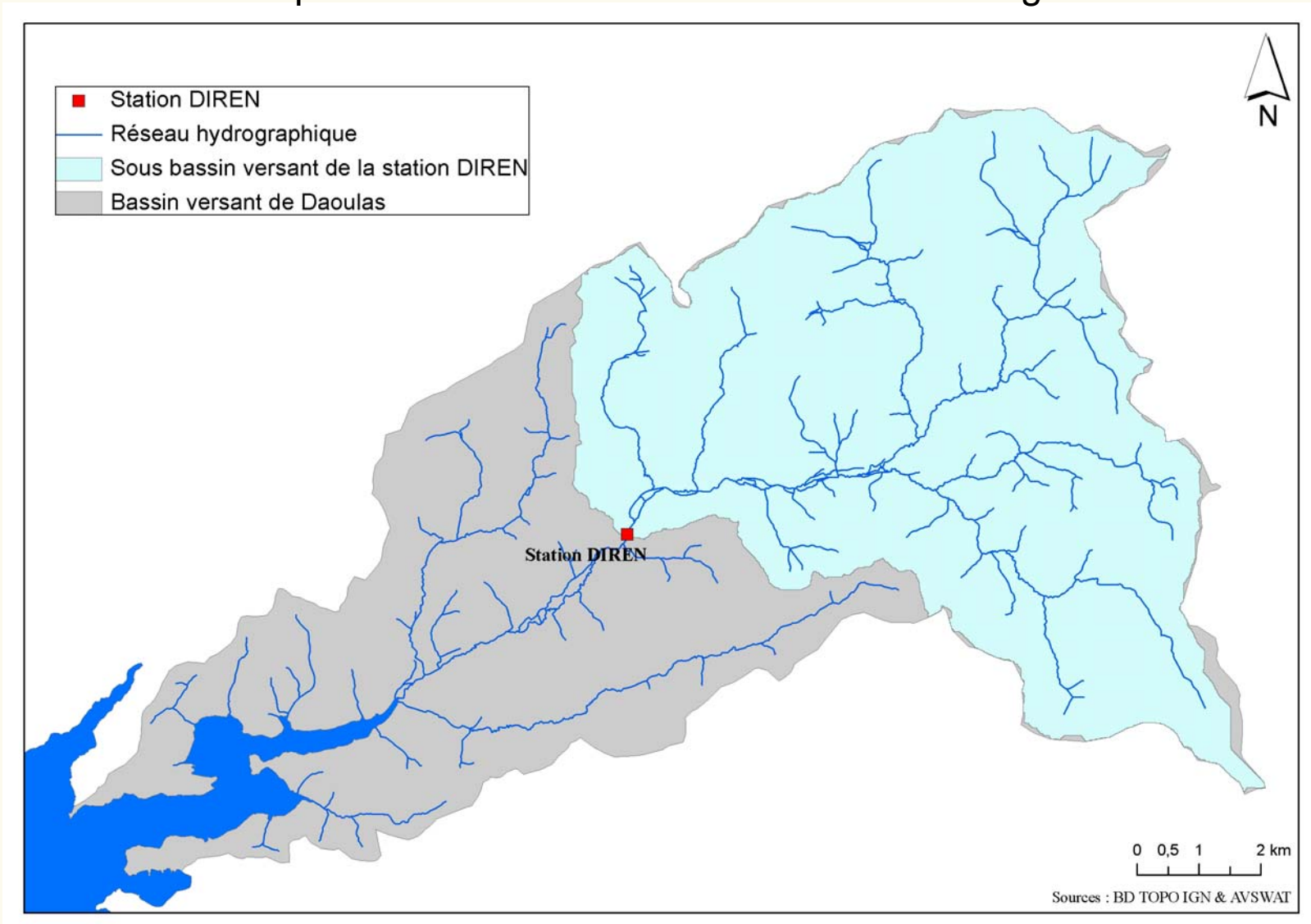
Les différentes étapes de modélisation



(Di Luzio et al., 2002)

Les étapes de simulation des débits

→ En un point du bassin : Station DIREN sur La Mignonne

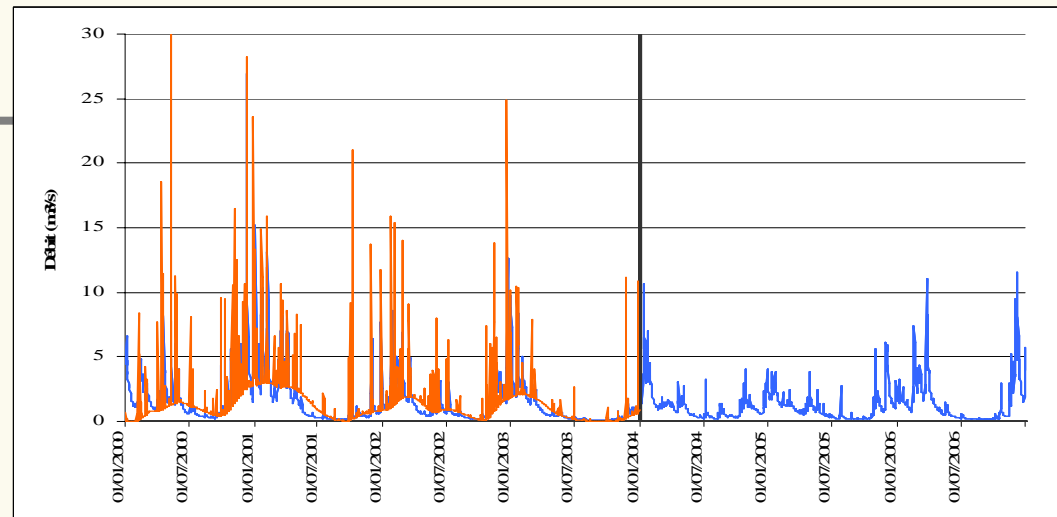


Les étapes de simulation

Trois étapes :

1. Analyse de sensibilité

→ influence plus ou moins forte des paramètres sur les résultats des simulations



2. Calage en un point du BV (station DIREN)

→ Avoir une optimisation des paramètres du modèle sur la première série de données : du 01/01/2000 au 31/12/2003

→ Autocalibrations et calibrations manuelles

→ Utilisation de critères d'efficacité pour définir la qualité des simulations : r^2 , E_{NS} , EV → adéquation courbes débits observés & débits simulés

→ $r^2=1$, $E_{NS}=1$, $EV=0$: modèle parfait

3. Validation interne en un point du BV (station DIREN)

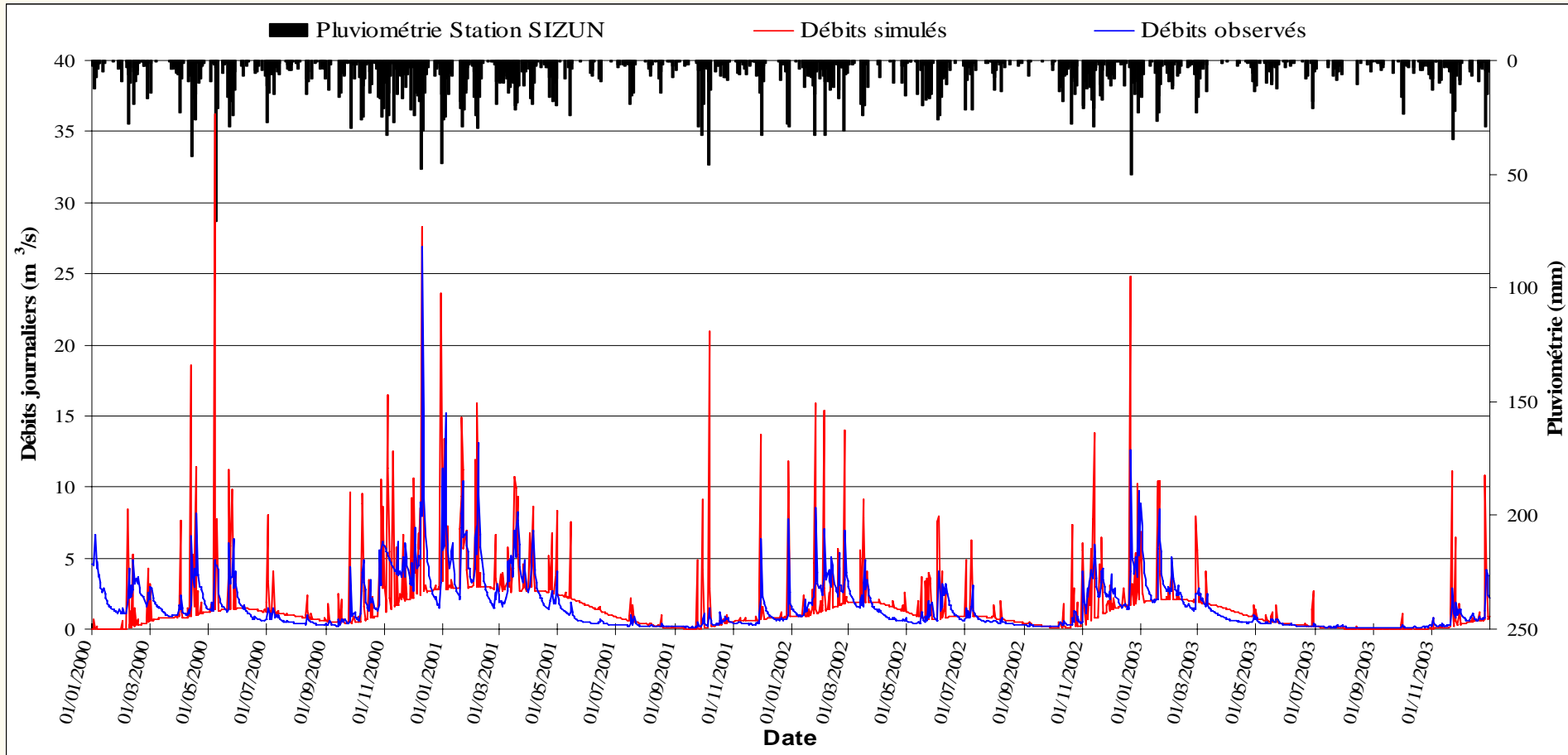
→ Simulation sur la deuxième série de données avec les paramètres choisis lors du calage : du 01/01/2004 au 31/12/2006

→ Utilisation de critères d'efficacité pour définir la qualité de la simulation : r^2 , E_{NS} , EV



Résultats : débits avant calage

Hydrogrammes observés sur la station DIREN et simulés par le modèle AVSWAT :
du 01/03/2000 au 31/12/2003



$$r^2 = 0,30$$

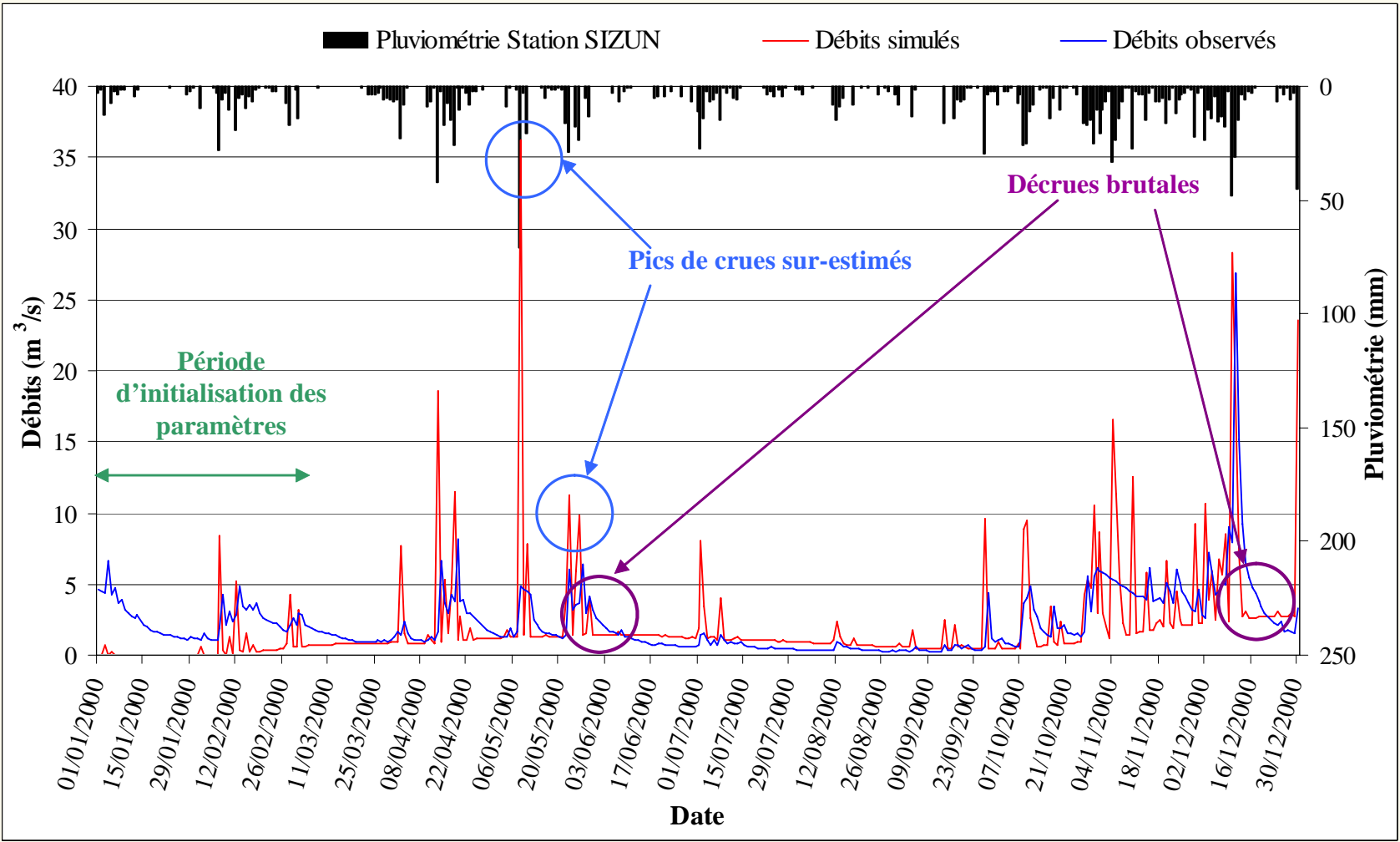
$$E_{NS} = -0,41$$

$$EV = -12,5$$



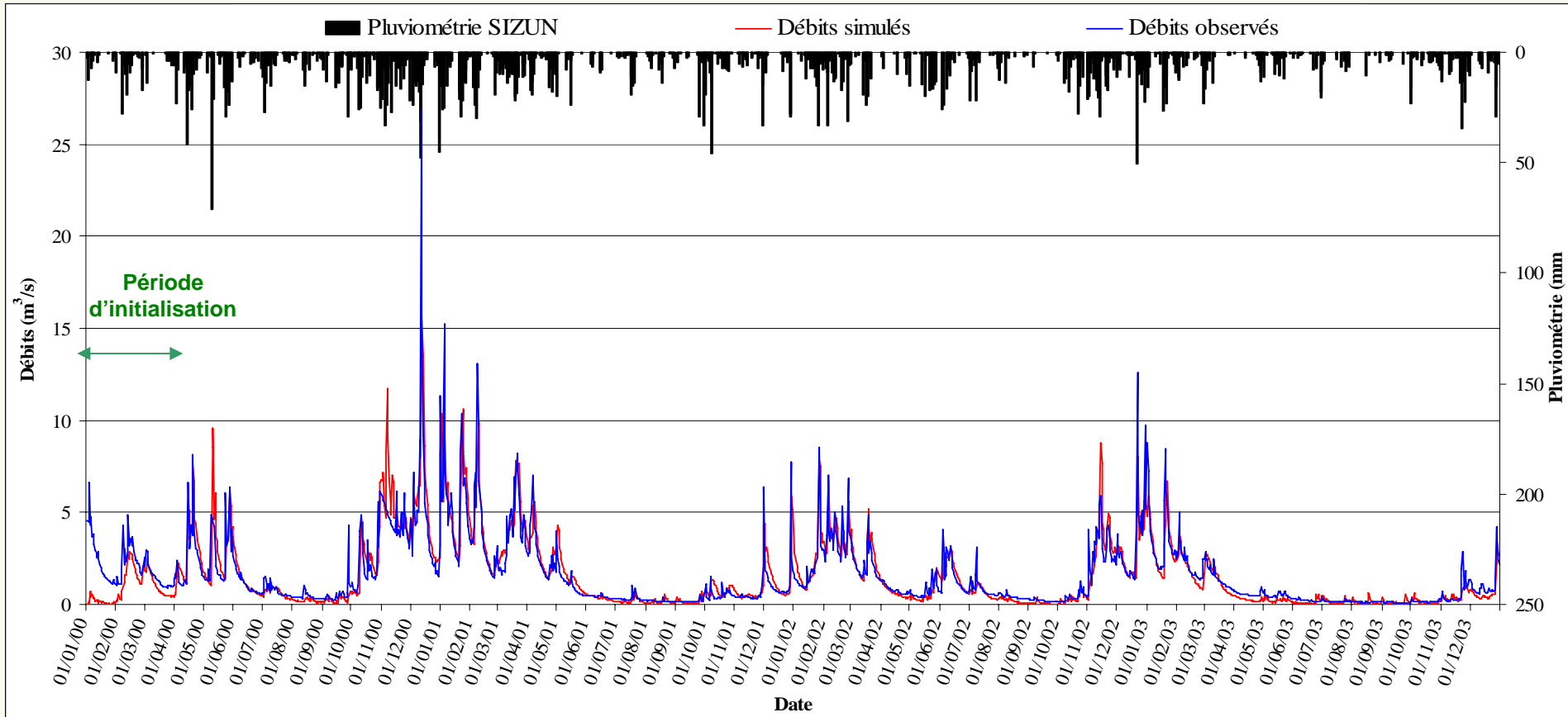
Résultats : débits avant calage

Hydrogrammes observés sur la station DIREN et simulés par le modèle AVSWAT :
du 01/01/2000 au 31/12/2000



Résultats : débits après calage

Hydrogrammes observés sur la station DIREN et simulés par le modèle AVSWAT :
du 01/01/2000 au 31/12/2003



$$r^2 = 0,84$$

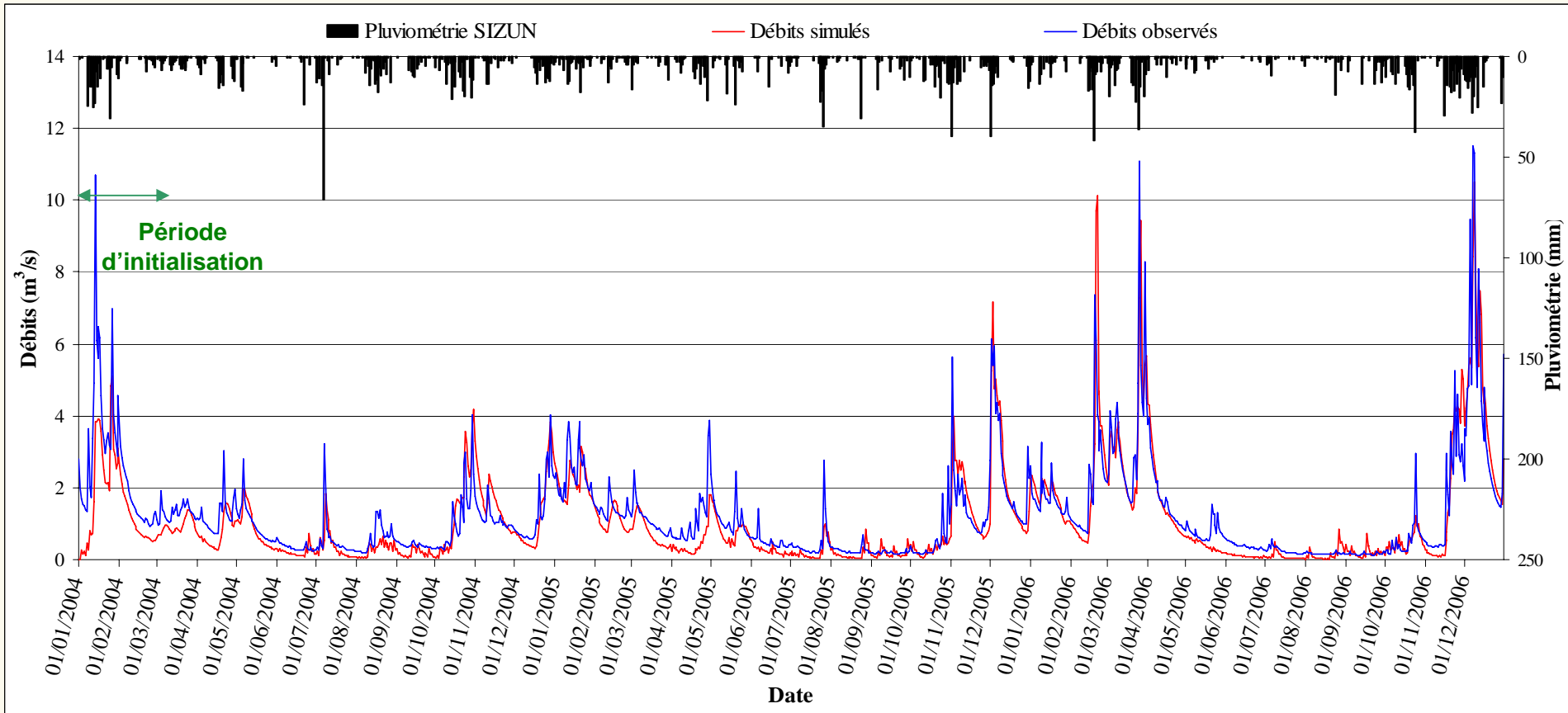
$$E_{NS} = 0,79$$

$$EV = -0,33$$



Validation interne du modèle

Hydrogrammes observés sur la station DIREN et simulés par le modèle AVSWAT :
du 01/01/2004 au 31/12/2006



$$r^2 = 0,84$$

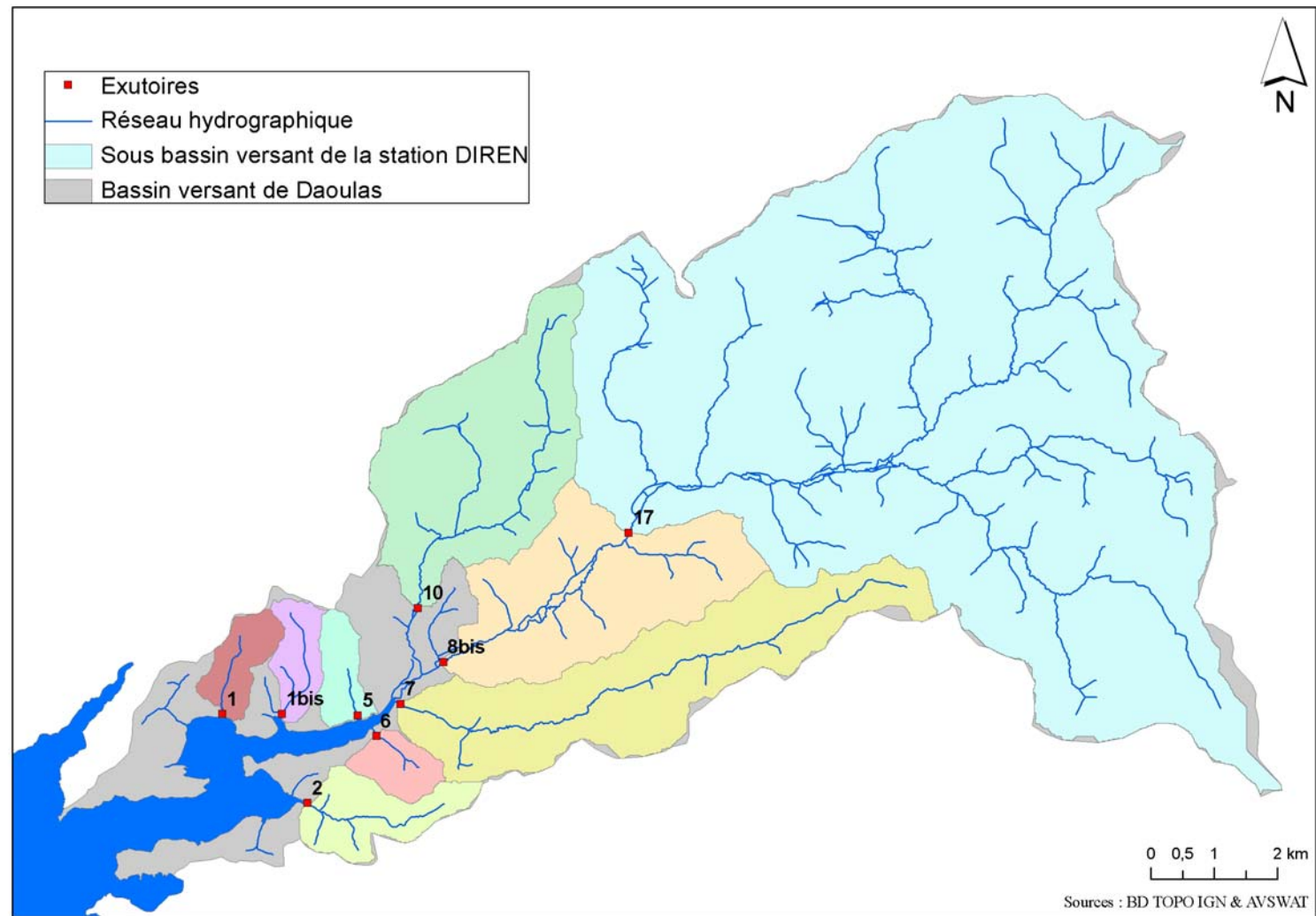
$$E_{NS} = 0,82$$

$$EV = 10,49$$



Calage externe

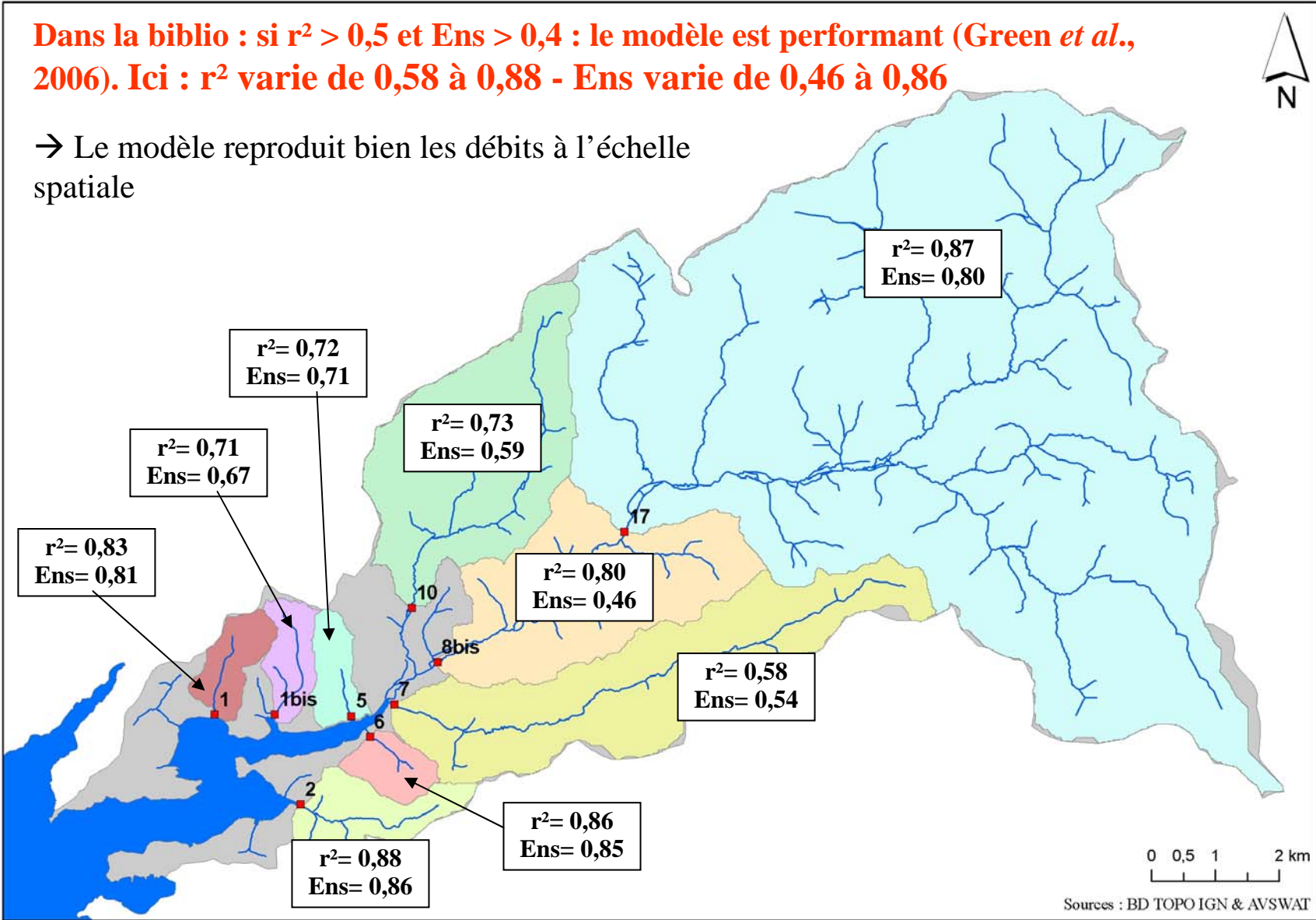
- Objectif : Bonne reproduction des écoulements d'eau à l'échelle spatiale
- Période : Avril à Juillet 2007



Calage externe

Dans la biblio : si $r^2 > 0,5$ et $Ens > 0,4$: le modèle est performant (Green *et al.*, 2006). Ici : r^2 varie de 0,58 à 0,88 - Ens varie de 0,46 à 0,86

→ Le modèle reproduit bien les débits à l'échelle spatiale



Conclusion de la modélisation hydrologique



- Bonne reproduction des écoulements par AVSWAT

→ Le modèle est adapté à notre bassin versant

→ Il reproduit la réponse hydrologique du BV aux données d'entrée de façon satisfaisante



Plan

Objectifs

1. Présentation du site
2. Acquisition de données
3. Modélisation hydrologique
4. **Application du modèle aux flux d'*E. coli***

Conclusion

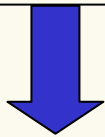


4. Application du modèle aux flux d'*E. coli*

Premières simulations des flux d'*E. coli* sans apport de sources ponctuelles (épandage, rejets) : Effet « Débits »

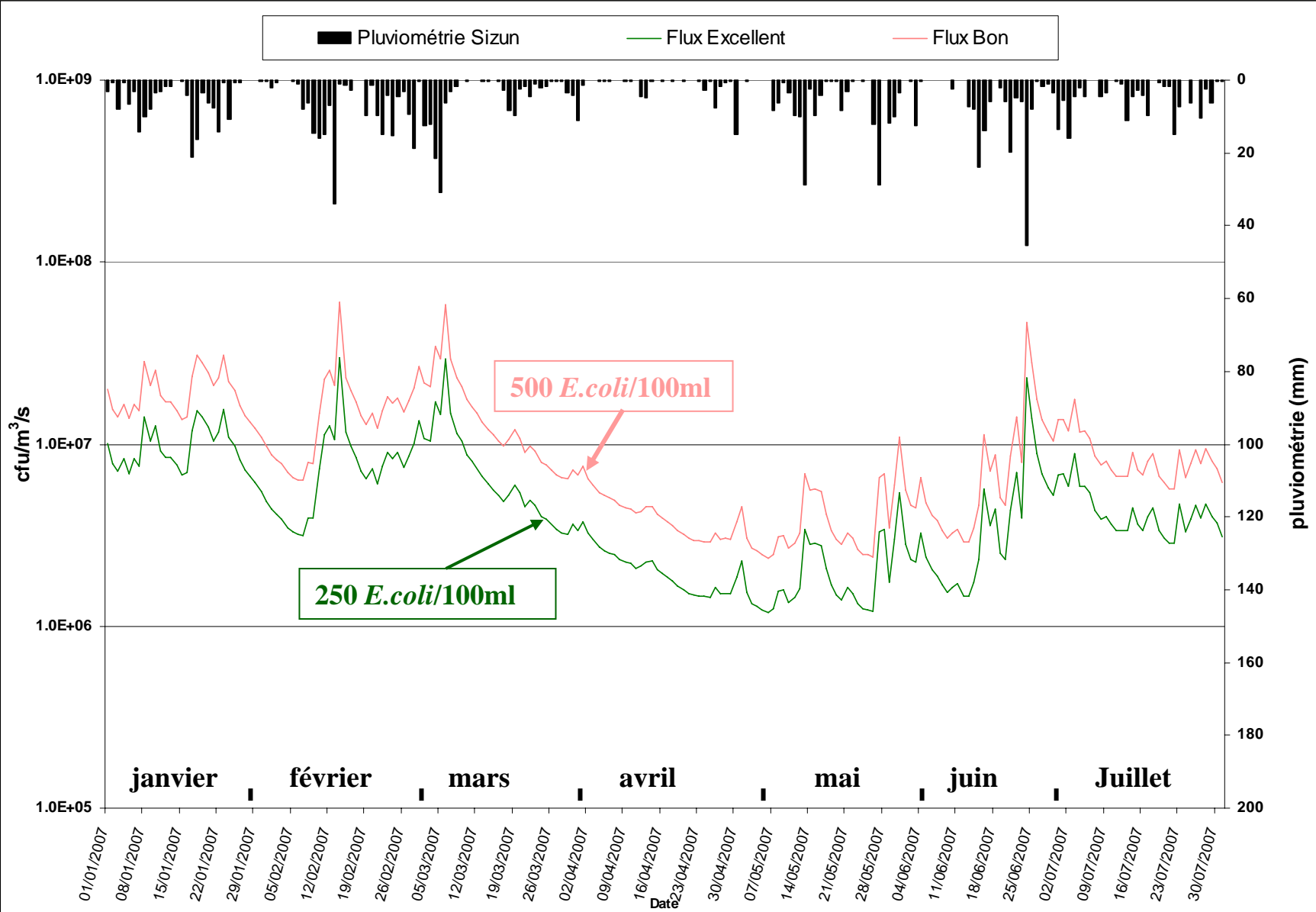
Calcul de flux théoriques

- débits simulés par le modèle
- **x** avec une concentration théorique **excellente** (250 *E.coli*/100ml) ou **bonne** (500 *E. coli*/100ml)

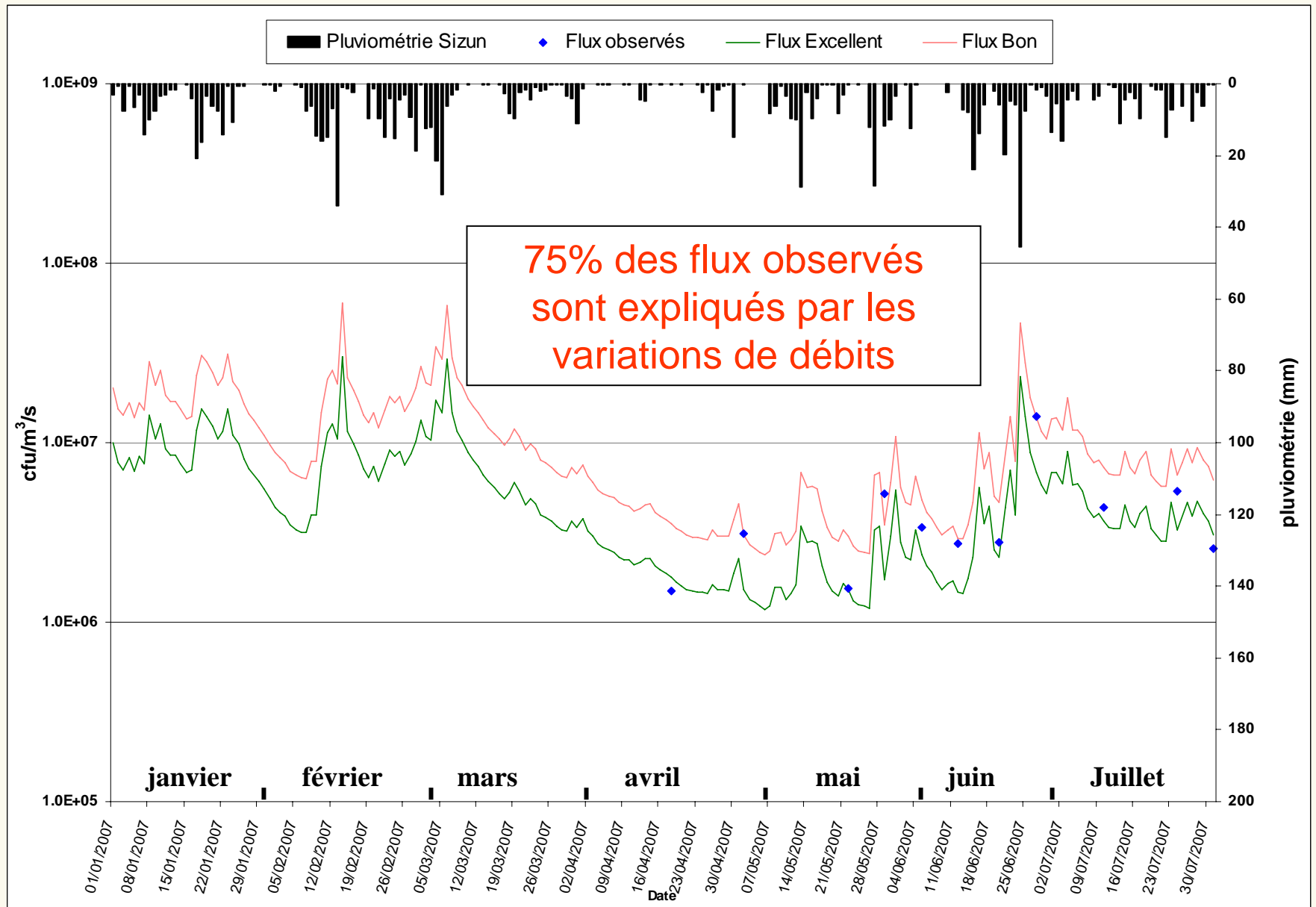


Comparaison avec données terrains

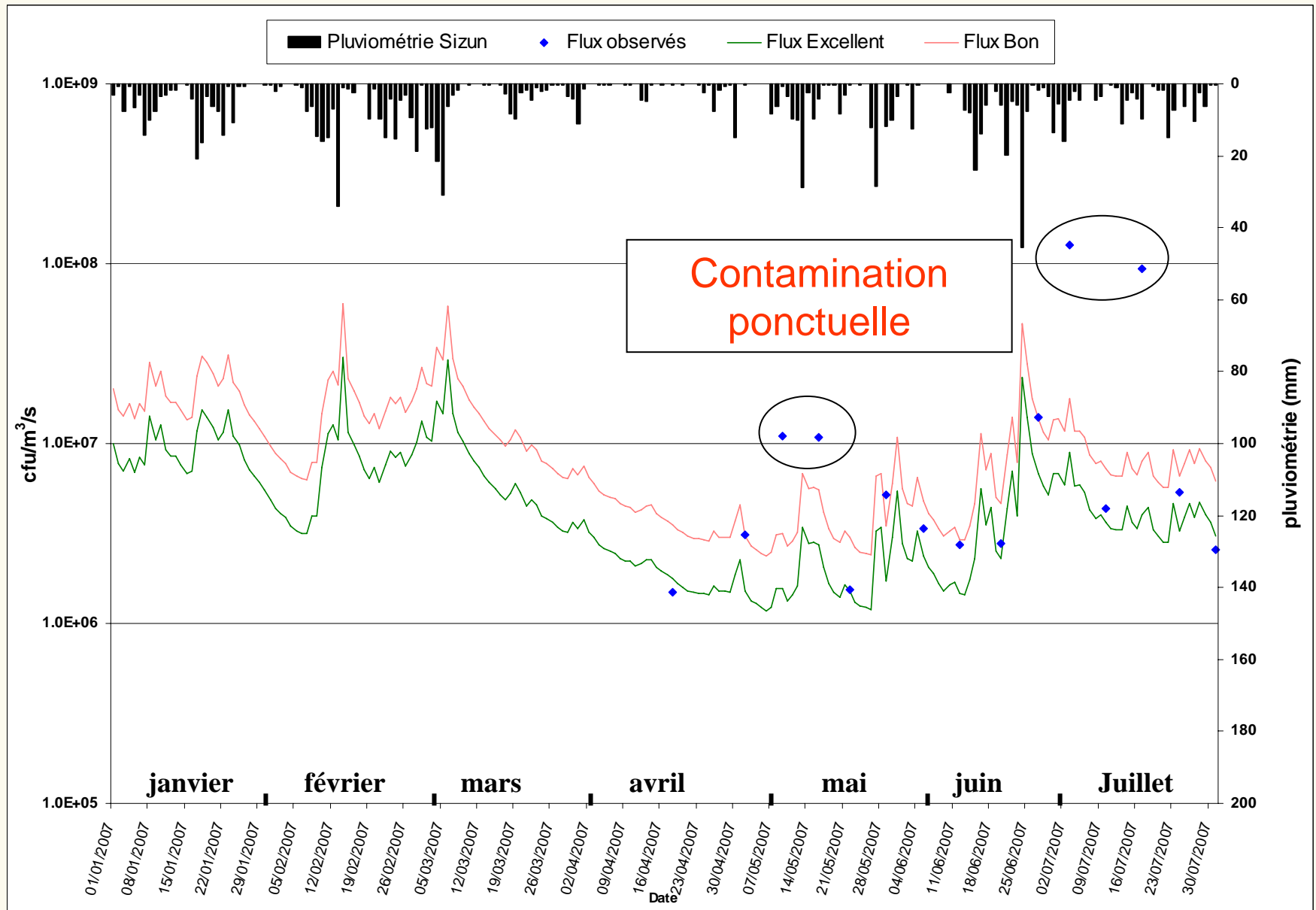
Flux *E. coli* théoriques sur le sous-bassin versant de la DIREN



Flux *E. coli* théoriques sur le sous-bassin versant de la DIREN

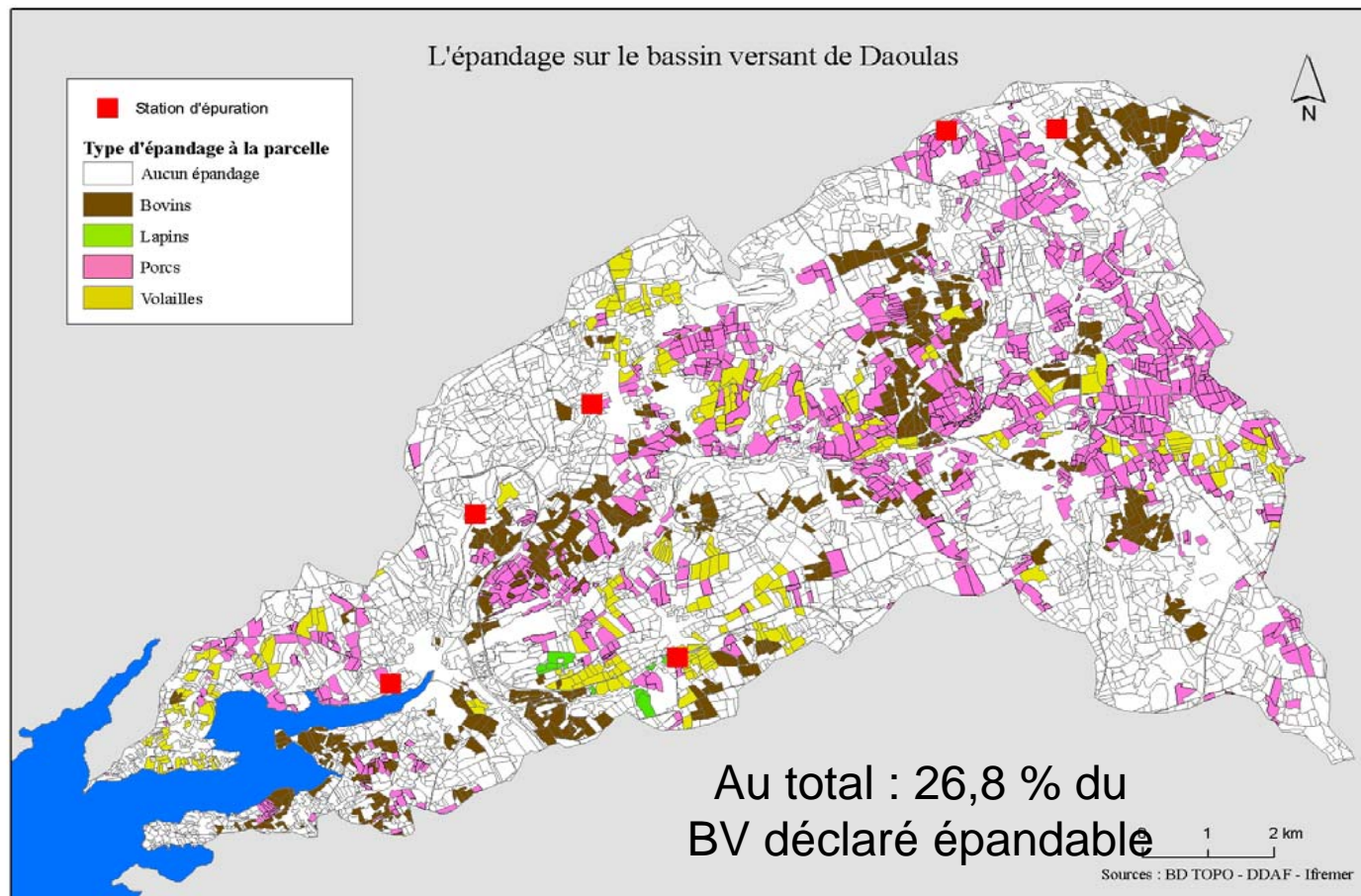


Flux *E. coli* théoriques sur le sous-bassin versant de la DIREN

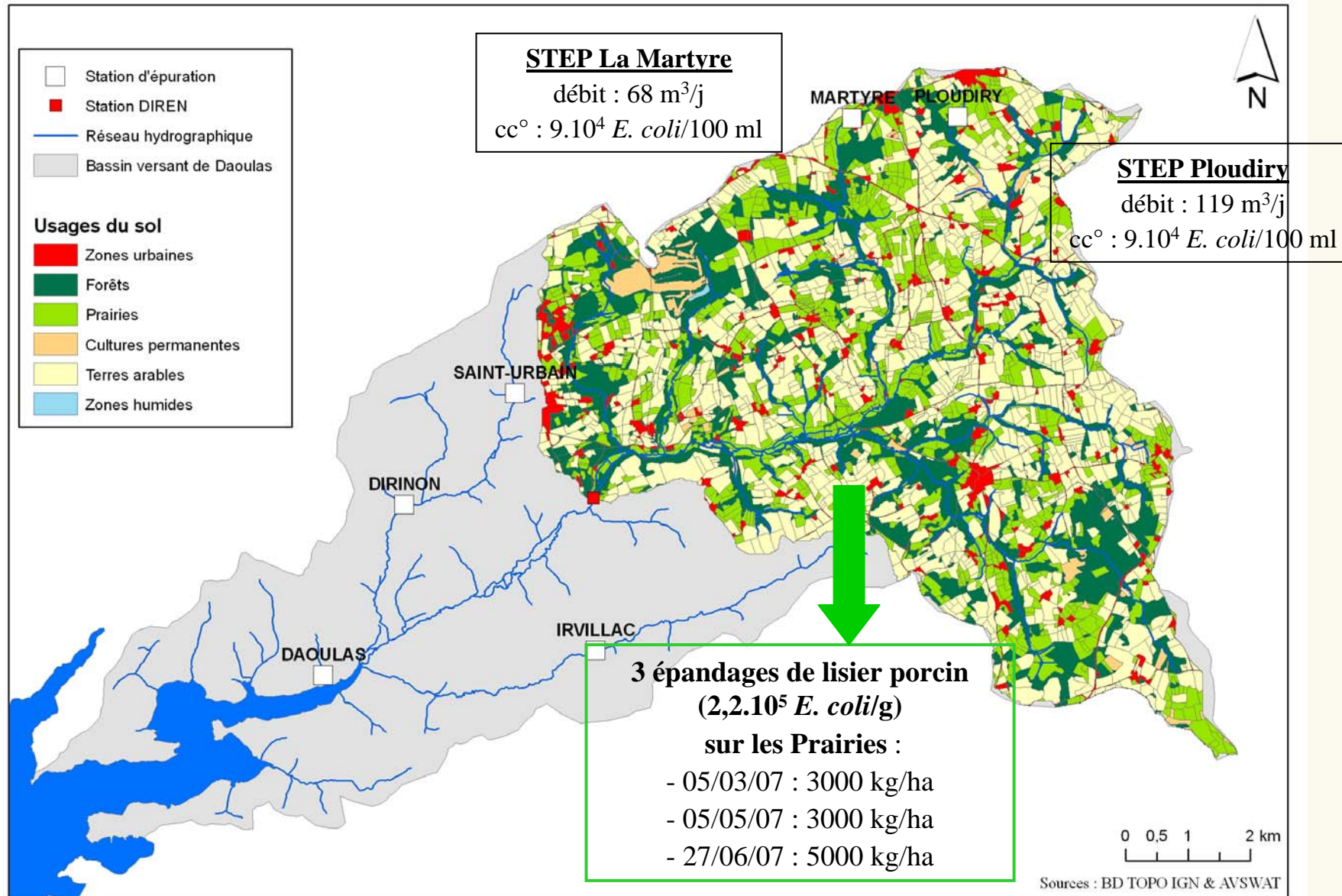


Simulations avec apports des sources ponctuelles

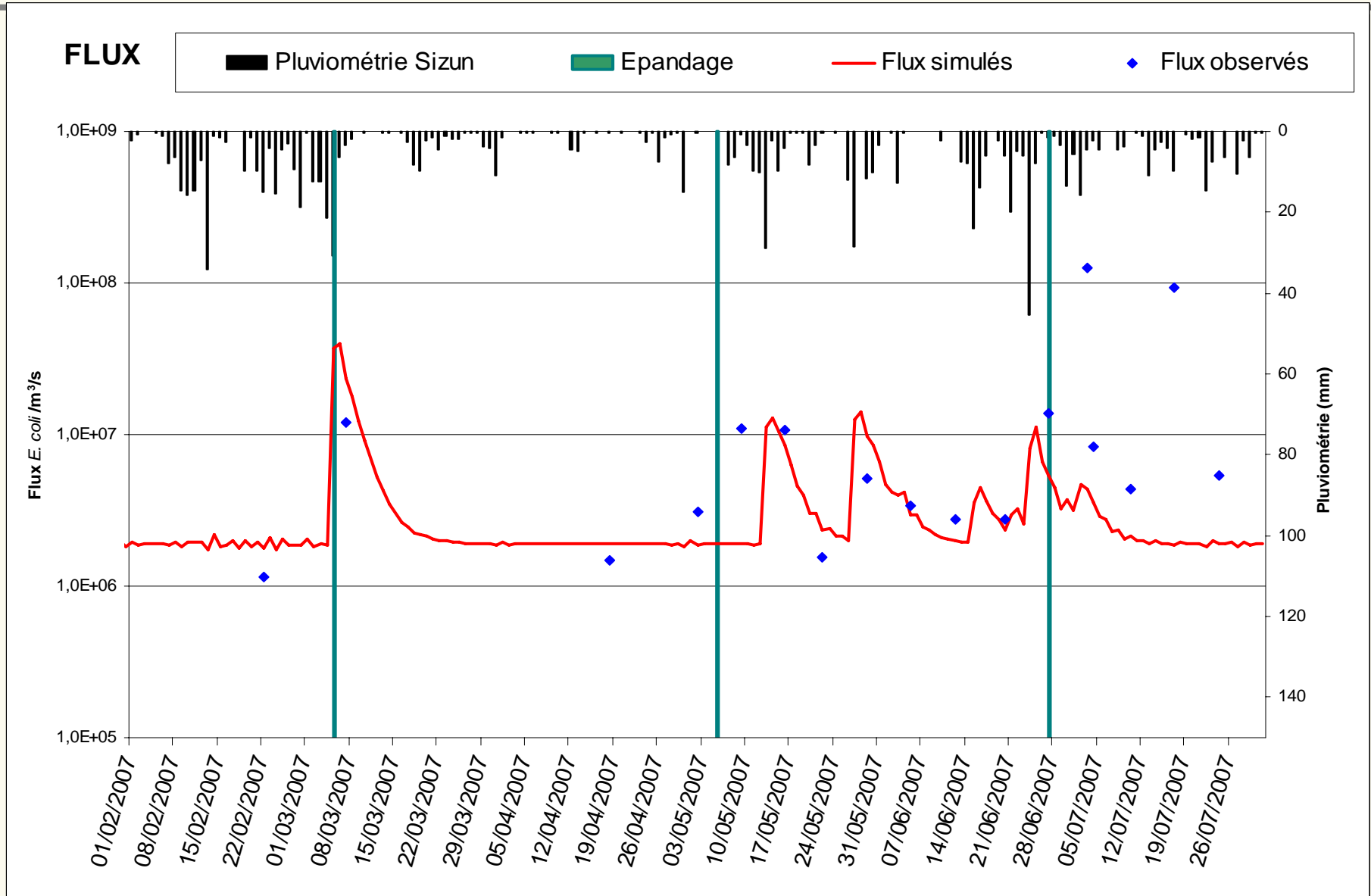
- Modélisation des flux d'*E. coli* avec le modèle AVSWAT en intégrant :
 - L'épandage à la parcelle en fonction du type de cultures :
fumiers de porcs sur 15% du BV
 - Les 6 stations d'épuration présentes sur le BV



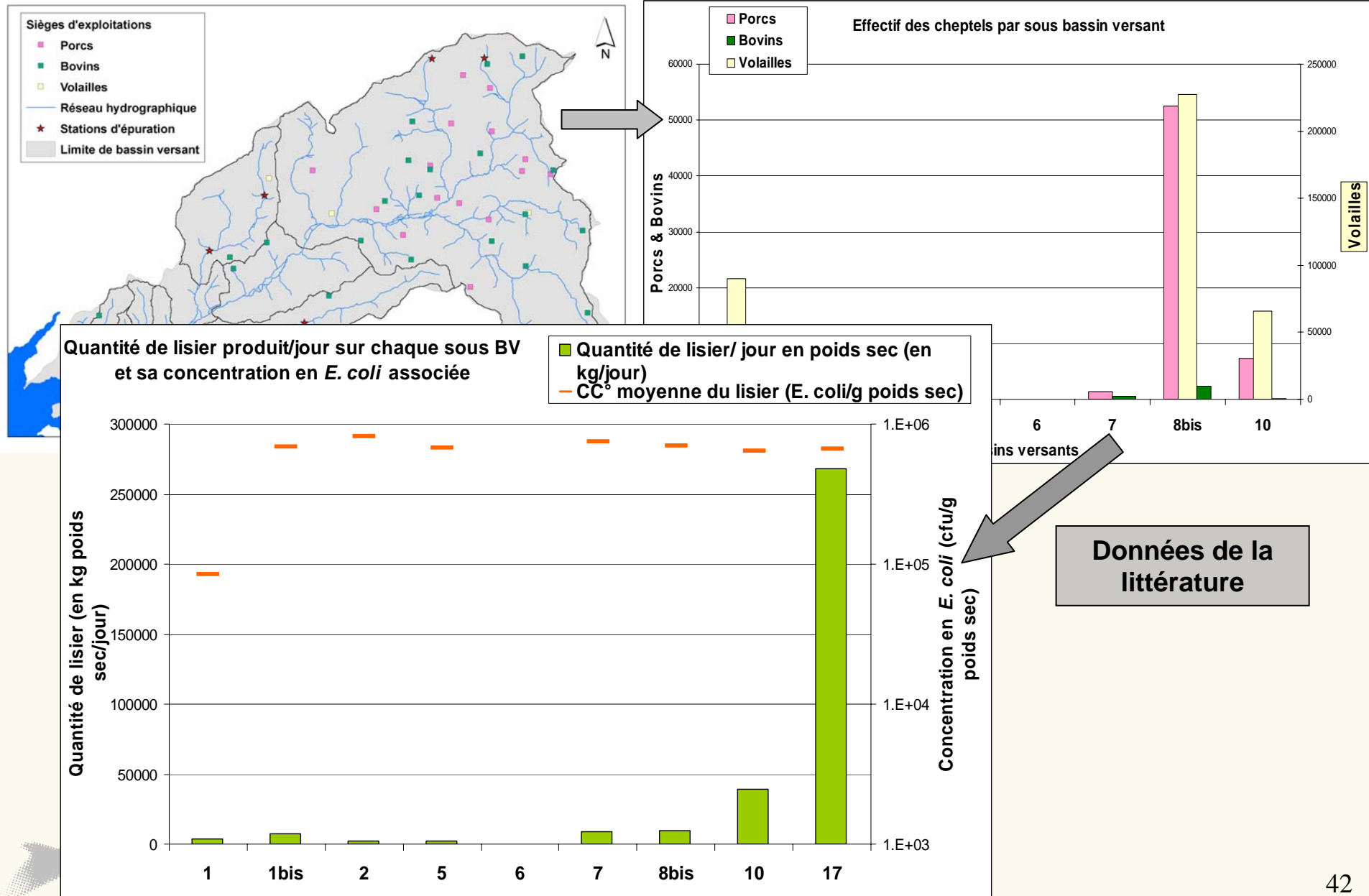
Premières simulations de rejets d'*E. coli* liés aux usages agricoles et aux rejets de STEP sur le sous bassin versant de la DIREN



Premières simulations de rejets d'*E.coli* liés aux épandages et aux rejets de STEP



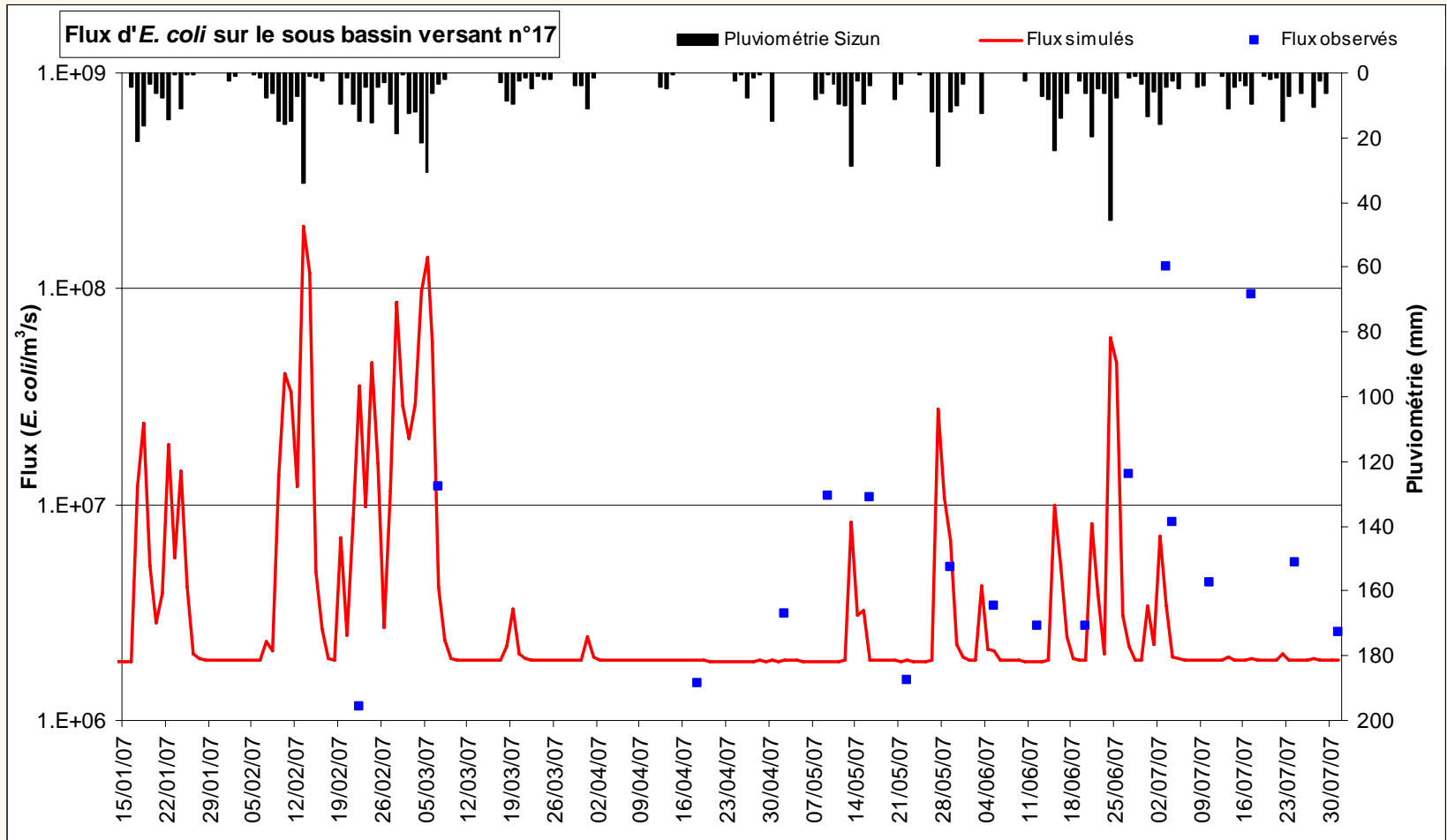
Calcul des quantités de lisier épandu à partir des cheptels → intégration dans AVSWAT



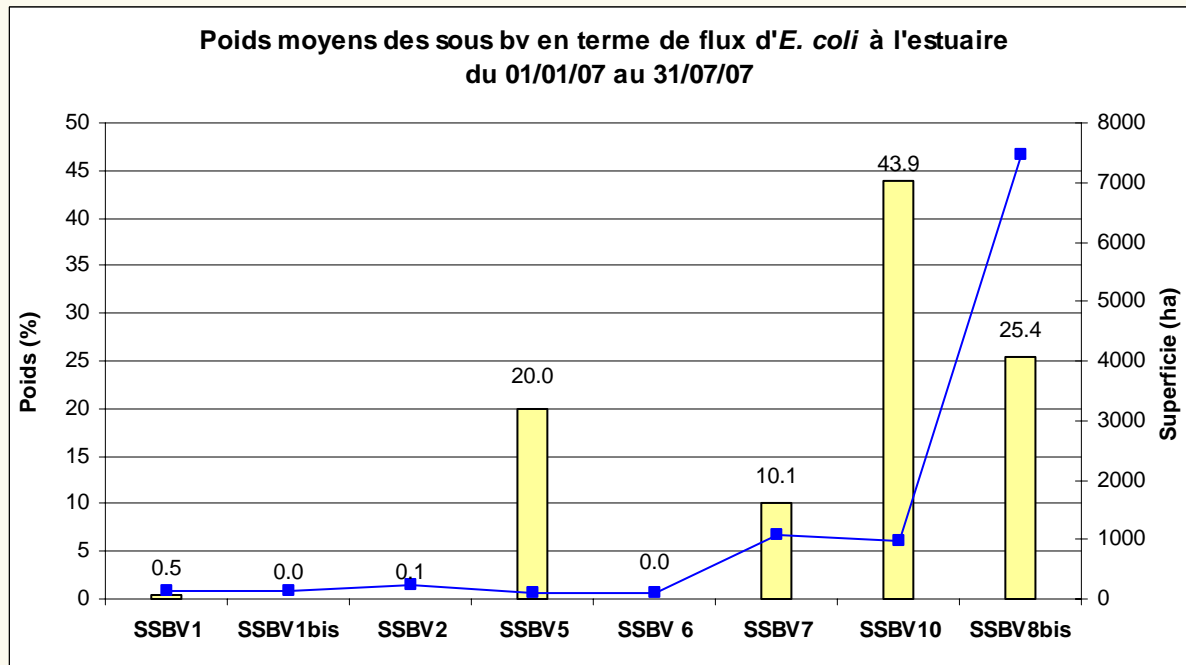
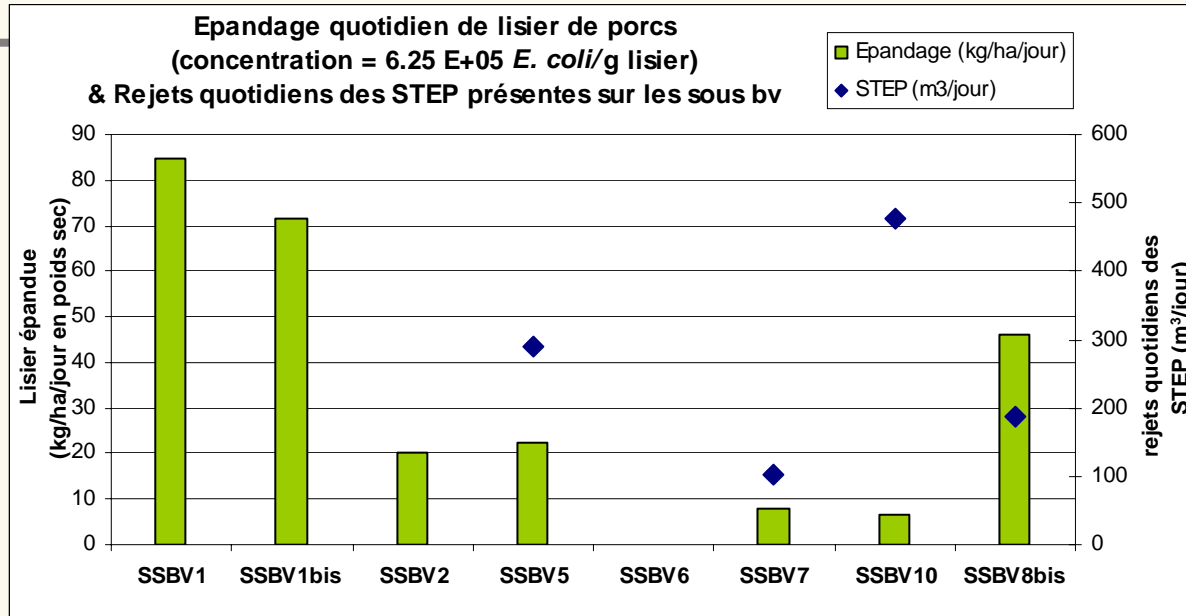
Simulation des flux d'*E. coli* → Evaluation du poids de chaque sous bv sur l'apport de bactéries fécales à l'estuaire

→Epandage quotidien du 15 janvier au 30 juin 2007 : période d'autorisation

→Rejets quotidiens et constants des 6 STEP

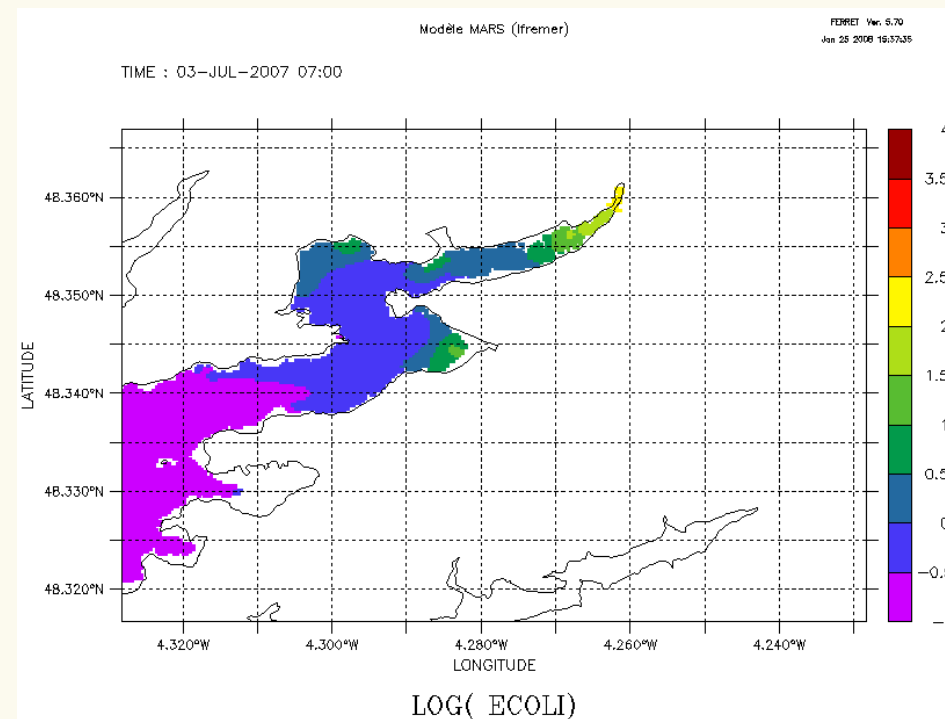


Simulation des flux d'*E. coli* → Evaluation du poids de chaque sous bv sur l'apport de bactéries fécales à l'estuaire



Conclusion sur les flux d'*E. coli*

- **Conclusion** : première application en France d'un modèle Avswat pour *E. coli* (résultats prometteurs)
- **Perspectives** :
 - Collecte et intégration d'autres sources de pollution : fosses septiques
 - Tester scénarii sur périodes sèches et pluvieuses → évaluer l'impact de la pluie
 - Tester l'effet de la réduction des charges microbiologiques des rejets de STEP
- **Suite** : intégrer les flux d' *E. coli* dans le modèle hydrodynamique côtier Mars 2D (impact des flux sur la qualité de l'eau côtière)





Merci de votre attention...

Remerciements au labo MIC IFREMER, Nicolas Rollo (Geolittomer),
BMO, Claire Baffaut (Université du Missouri), Nancy Sammons
(Université du Texas)

Co-Financement Agence de l'Eau Loire-Bretagne