



Utilisation du modèle **STREAM** dans les études de bassins versants

Possibilités et limites du modèle

Présentation du modèle STREAM

- Modèle de :
 - Ruissellement (+++)
 - Érosion diffuse
 - Érosion concentrée
 - Fonctionne sous ArcGis 8 et 9 (avec l'extension Spatial Analyst)
 - Échelles de travail :
 - Spatiale : le bassin versant
 - Temporelle : l'événement pluvieux
- ➔ Résultats pour une date donnée et un événement pluvieux donné (homogène sur le BV)



Fonctionnement du modèle STREAM

- Paramètres d'entrée :
 - Paramètres d'état de surface :

- Le faciès (4 classes)
 - Degré de développement de la croûte de battée



- La rugosité (5 classes)
 - Dénivelée entre les dépressions et les cols



- Le couvert végétal (3 classes)
 - Taux de développement de la culture
 - Proportion de résidus





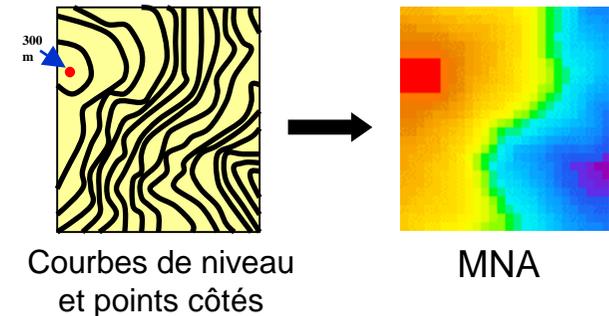
➔ Évaluation des **capacités d'infiltration** en mm/h pour chaque pixel à partir des paramètres d'état de surface



Inf (mm/h)		Faciès				
Rugosité	Couvert végétal (%)	État fragmentaire	Faciès fragmentaire altéré	Faciès continu sans dispersion	Faciès continu avec croûte sédimentaire	
>10 cm	>61	50	50	50	10	
	31-60			20		20
	<30		50			50
5-10 cm	>61			20		10
	31-60		50			20
	<30			20		10
2-5 cm	>61		20		10	5
	31-60			10	5	2
	<30		20		10	5
1-2 cm	>61		50	20	10	5
	31-60	10				
	<30		20	10	5	
<1 cm	>61	50	10	5	2	
	31-60					10
	<30	10	10	5	2	

Fonctionnement du modèle STREAM

- Paramètres d'entrée :
 - Paramètres complémentaires :
 - Le Modèle Numérique d'Altitude
 - Intensité de la pente
 - Surface drainée



→ Réalisé à partir de la BD Topo Pays (MNT au pas de 25 m)
pour les BV de plus de 500 ha

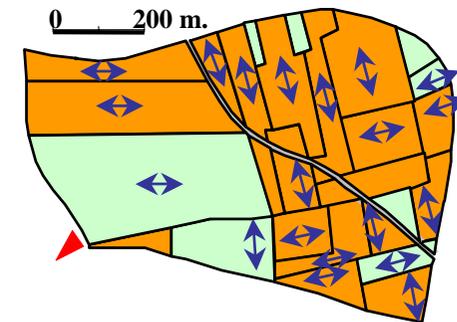
→ Réalisé à partir de la digitalisation des courbes de niveaux et des points côtés
(MNT au pas de 5)
pour les BV de moins de 500 ha

Fonctionnement du modèle STREAM

- Paramètres d'entrée :
 - Paramètres complémentaires :

- La direction du travail du sol
Renseignée pour chaque parcelle

- Les pluies
 - Hauteur
 - Durée
 - Intensité maximale
 - Pluies antécédentes



Déroulement de la modélisation



STREAM 3.2.4 - INRA Orléans, Unité de Recherche de Science du Sol

"Sealing and Transfer by Runoff and Erosion in relation to the Soil"

Général | **Entrées** | Ecoulement | Bassins versants | Etats de surface | Ruissellement

Jeu d'entités avec une géométrie de type "Polygone"
(La couche du parcellaire détermine l'extension géographique maximale de votre jeu d'entités)

Couche du parcellaire: Parcellaire Copie de la base :

Nom de l'attribut par défaut d'après la nomenclature STREAM:	Nom de l'attribut dans votre table attributaire:	Traitement
Numéro de parcelle (NO_PAR)	Id	Maille
Faciès (FACIES)	FACIES	Maille
Rugosité parallèle (RUGOT)	RUGOT	Maille
Couverture végétale (CV)	CV	Maille
Rugosité perpendiculaire (RUGOPT)	RUGOPT	Maille
Sens de travail du sol (TRAVAIL)	TRAVAIL	Maille
Occupation du sol (OCCUP)	OCCUP	Maille

Jeu de données Raster
(Le MNA détermine la taille élémentaire des mailles, l'intersection avec le parcellaire)

Modèle Numérique des Altitudes: Altitude Extraire comblé :

Jeu d'entités avec une géométrie de type "Ligne"
(entrée facultative qui est nécessaire pour la prise en compte des facteurs anthropiques)

Couche des limites de parcelles: Copie de la base :

Chemin d'eau (CHEMIN_EAU) Maille

Fourrière -> le sens de travail du sol correspond à l'orientation de la fourrière
Route -> surface imperméable, l'eau circule dans le sens de la pente du chemin
Dérayure -> elle conduit l'eau selon son azimuth et dans le sens la pente

Numéro de la simulation sélectionnée :

Nombre de mailles: **224952**

S.T.R.E.A.M.

S.T.R.E.A.M.

S.T.R.E.A.M.

S.T.R.E.A.M.

Bassin versant étudié
Relevé du 22/05/2008

Légende

- limite de parcellaire
- Couverture végétale observée
- (-) non relevé
- (1) < 20 %
- (2) 21 - 60 %
- (3) > 60 %

Déroulement de la modélisation



STREAM 3.2.4 - INRA Orléans, Unité de Recherche de Science du Sol - INRA Grignon, UMR SAD APT

"S"ealing and "T"ransfer by "R"unoff and "E"rosion in relation with "A"gricultural "M"anagement

Ecoulement | Bassins versants | Etats de surface | Ruissellement | Erosion diffuse | Erosion linéaire | Evènement pluvieux | Aménage

Les directions des écoulements sont calculées à partir du Modèle Numérique des Altitudes (MNA) suivant la règle de la descente maximale. Ces directions de flux déterminées sur chaque maille d'après la topographie modifiées par deux niveaux successifs de prise en compte de l'anthropisation du milieu.

Calcul du raster des directions des écoulements topographiques dérivés du MNA :

Prise en compte des facteurs anthropiques dans le modèle des écoulements

Le travail du sol qui perturbe la rugosité de surface, peut forcer les directions des écoulements déterminées par la pente. La prise en compte du sens de travail du sol et des fourrages est possible :

Limiter la dérive entre l'azimut du sens de travail du sol réel et celui simulé par le modèle

Prise en compte du sens de travail du sol

Orientation de la pente (0 ... 360°) :

Intensité de la pente (%) :

Sens de travail du sol traduit en directions des écoulements (1 2 4 8 ...)

Angle entre orientations du travail du sol et de la pente (0 ... 90°) :

Dans le cas où il existe des éléments linéaires dans le paysage qui forcent un chemin de ruissellement (ex: fossés ou dérives, routes), ceux-ci constituent un 2ème niveau de prise en compte de l'anthropisation :

Introduction des éléments linéaires

Décision entre le sens de la pente et celui imposé par l'anthropisation :

Le forçage des directions génère des artefacts dans le modèle des sens d'écoulement. La mémorisation de la direction des écoulements avant la correction des artefacts est possible :

Modèle d'écoulement sélectionné : Directions des écoulements topographiques

Directions des écoulements représentés sous forme de flèches localisées sur chaque maille

Accumulation des écoulements (en nombre de mailles contributives) :

Numéro de la simulation sélectionnée :

Nombre de mailles: **224952**

Terminé

Fermer

S.T.R.E.A.M.

Légende

- limite de parcelle
- Directions des écoulements topographiques
 - (1) Est
 - (2) Sud-Est
 - (4) Sud
 - (8) Sud-Ouest
 - (16) Ouest
 - (32) Nord-Ouest
 - (64) Nord
 - (128) Nord-Est

Déroulement de la modélisation



STREAM 3.2.4 - INRA Orléans, Unité de Recherche de Science du Sol - INRA Grignon, UMR SAD APT

"S"ealing and "T"ransfer by "R"unoff and "E"rosion in rela

Écoulement | Bassins versants | Etats de surface | Ruissellement | Erosion diffuse

(L'ouverture d'un jeu de données qui représente la localisation des points de mes

Cette couche de points localisés à des endroits particuliers de la zone d'étude, pe
simulations dans la table attributaire qui lui est liée. L'emplacement de ces points p
d'appareils d'enregistrement installés sur le terrain, qui permettent de confronter
mesures réelles de ruissellement et de déplacement de terre au sein du secteur d

Jeu d'entités avec une géométrie de type "Point"

Points de mesures :



Ces points de mesures peuvent en outre servir d'exutoires pour la création de l
à modéliser en autant d'unités de fonctionnement.

Numéro de point (NO_MES) :

Créer les BVs avec comme

Bassins versants :

Ces unités de fonctionnement emboîtés que sont les bassins versants, peuv
uns des autres. Ceci permet de modéliser chaque bassin versant de façon in
comportera comme un secteur d'étude. Cette option a été développée dans
STREAM qui modélise le ruissellement et l'érosion au sein du bassin versant (p
(programme PIREN / SEINE) qui lui simule le transfert dans les cours d'eau p

Supprimer la connexion entres les BVs revient à ne pas transférer l

Numéro de la simulation sélectionnée :

Nombre de mailles: 224952

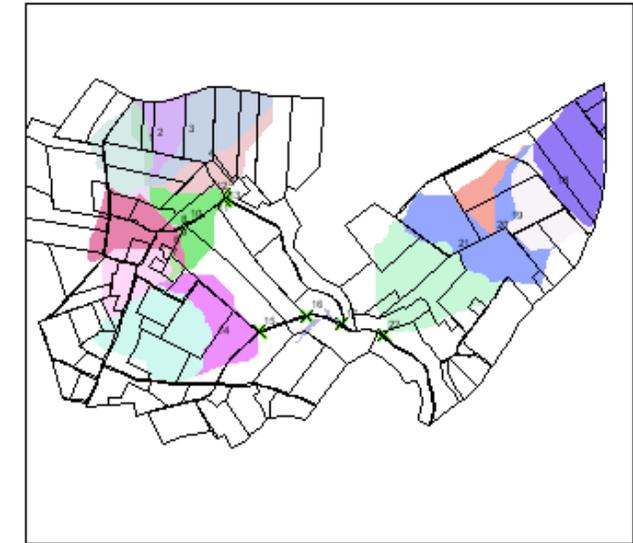
S.T.R.E.A.M.

Modèle de Ruissellement et d'Erosion en relation avec le ruissellement et l'érosion
Modèle de ruissellement et d'érosion (SAD APT) version 3.2.4 (19/05/2014)
Copyright © 2011 INRA, 2014 INRA. Tous droits réservés.



S.T.R.E.A.M.

Modèle de Ruissellement et d'Erosion en relation avec le ruissellement et l'érosion
Modèle de ruissellement et d'érosion (SAD APT) version 3.2.4 (19/05/2014)
Copyright © 2011 INRA, 2014 INRA. Tous droits réservés.



Légende

- limite de parcelle
- Bassins versants définies du niveau d'écoulement topographique
- point de mesure

Terminé

Déroulement de la modélisation



STREAM 3.2.4 - INRA Orléans, Unité de Recherche de Science du Sol - INRA Grignon, UMR SAD APT

"S"ealing and "T"ransfer by "R"unoff and "E"rosion in relation with "A"gricultural "M"anagement

Écoulement | Bassins versants | Etats de surface | Ruissellement | Erosion diffuse | Erosion linéaire | Évènement pluvieux | Aménagement

Caractéristiques de l'évènement pluvieux

Date : Exemple : 06/12/2002 pour le 6 décembre 2002

Pluie homogène sur le secteur d'étude

(Pour une simulation à grande échelle sur un secteur d'étude de quelques hectares à quelques centaines d'hectares, on considère généralement que la pluie est répartie spatialement de façon homogène sur l'ensemble de la zone à modéliser)

Hauteur de la pluie (mm) : (0.1 ... 999.9)

Durée efficace (heure) : (0.1 ... 24)

Indice de la pluie antécédente (mm) : (0.1 ... 999.9)

Intensité max. de la pluie (mm/h) : (0.1 ... 999.9)

Distribution spatiale de la pluie sur le secteur d'étude

(Optionnellement, dans le cas d'une simulation à petite échelle, sur un secteur d'étude de très grande taille, vous pouvez utiliser des rasters afin de prendre en compte l'hétérogénéité spatiale de la répartition de la pluie, ainsi que des caractéristiques de l'évènement pluvieux à simuler)

Raster de la pluie (mm) :

Raster de la durée (heure) :

Raster de l'indice de la pluie antécédente (mm) :

Raster de l'intensité maximale de la pluie (mm/h) :

Numéro de la simulation sélectionnée :

Fermer

Nombre de mailles: 224952 Terminé

Déroulement de la modélisation



STREAM 3.2.4 - INRA Orléans, Unité de Recherche de Science du Sol - INRA Grignon, UMR SAD APT

"S"ealing and "T"ransfer by "R"unoff and "E"rosion in relation with "A"gricultural "M"anagement

Bassins versants | Etats de surface | Ruissellement | Erosion diffuse | Erosion linéaire | Evènement pluvieux | Aménagements | Simul. ◀ ▶

Prendre en compte des aménagements

(L'ouverture d'un jeu de données qui représente la localisation d'aménagements

Si cette option est active, la capacité d'infiltration (mm/h) définie sur les ar les tableaux du modèle de ruissellement, lors du calcul du bilan infiltration , de simulation. Cette couche n'influence pas les directions d'écoulement qui d'écoulement". C'est par conséquent à l'utilisateur de positionner de façon aménagements en fonction du modèle d'écoulement utilisé.

S.T.R.E.A.M. 



Légende

- limite de parcelle
- aménagement

Numéro de la simulation sélectionnée :

Nombre de mailles: 224952 Terminé

Déroulement de la modélisation



STREAM 3.2.4 - INRA Orléans, Unité de Recherche de Science du Sol - INRA Grignon, UMR SAD APT

"S"ealing and "T"ransfer by "R"unoff and "E"rosion in relation with "A"gricultural "M"anagement

Etats de surface | Ruissellement | Erosion diffuse | Erosion linéaire | Evènement pluvieux | Aménagements | Simulation | Sorties

Simulation courante

Une simulation est le résultat de la combinaison de tous les choix effectués parmi l'ensemble des options combinables:

- * modèle d'écoulement avec prise en compte optionnelle des facteurs anthropiques
- * modèle de ruissellement et d'infiltration combiné ou non avec un modèle d'estimation des états de surface
- * imposition possible de la capacité d'infiltration sur des aménagements (réels ou simulés)
- * modèle d'érosion diffuse et de dépôt couplé ou non avec un modèle d'érosion par ruissellement concentré
- * caractéristiques d'un évènement pluvieux (réels ou simulés) homogène ou spatialement distribué

Valider les options de simulation actives sur les 7 pages précédentes et calculer le bilan infiltration / ruissellement

Historique des simulations

Restaurer les options d'une simulation précédemment enregistrée, par sélection de la ligne correspondante dans le tableau

N°	Date	Ch	R	Pluie	Ch	R	Durée	Ch	R	IPA	Ec	BVs	I	ES	Ve	RU	Ve	Aménage	ERD	Ve	Ch	Ra	IPM	Dépôt	ER
1	22/05/2008			40			4			0	t	MON		-9	-9	INRA	1		-9	-9			-9		-9

Modifier la simulation sélectionnée Mode curseur : Supprimer les sorties Supprimer la simulation sélectionnée

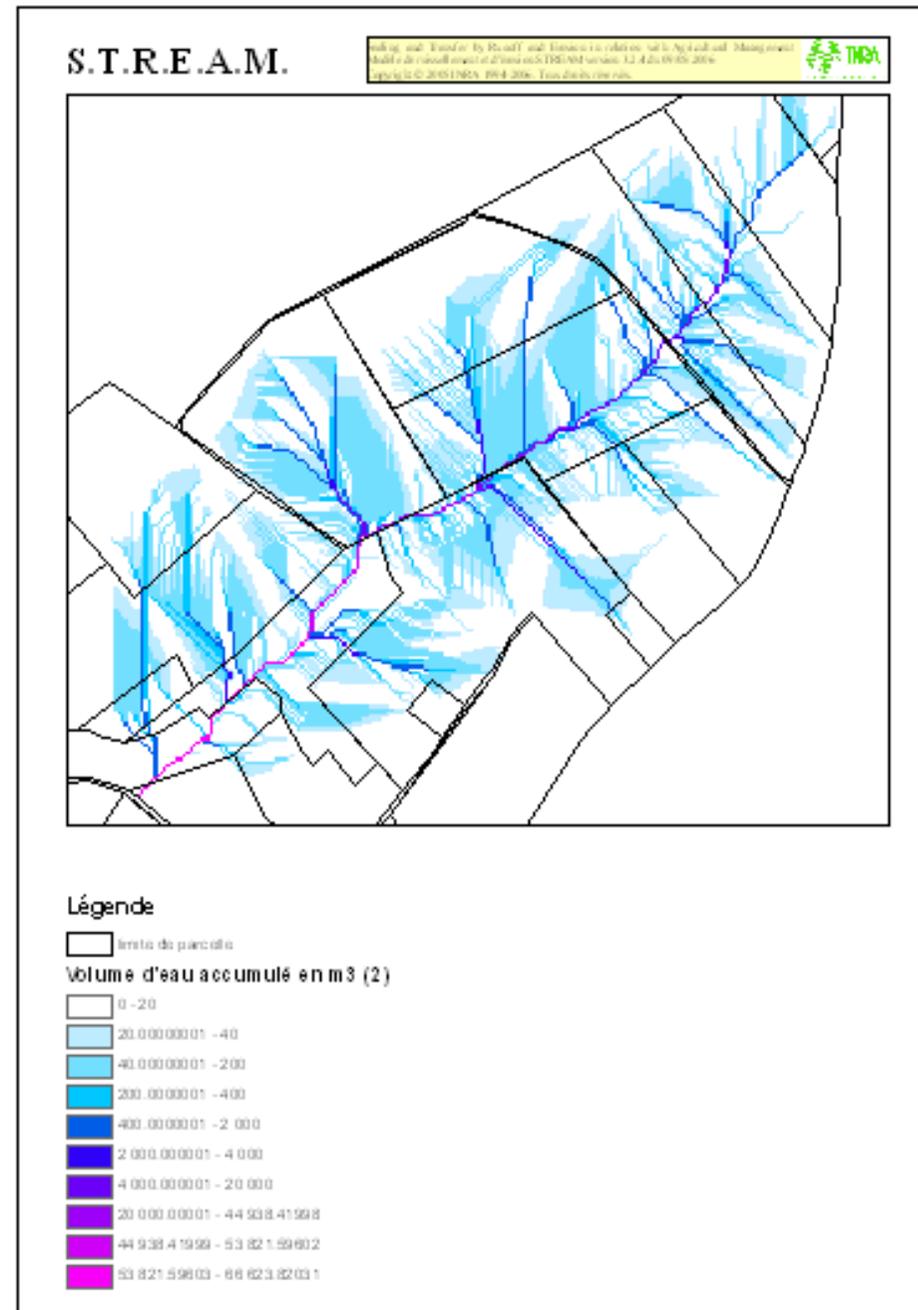
Calcul de l'accumulation du ruissellement et de la masse de terre érodée pour la simulation sélectionnée

Numéro de la simulation sélectionnée :

Nombre de mailles: 224952

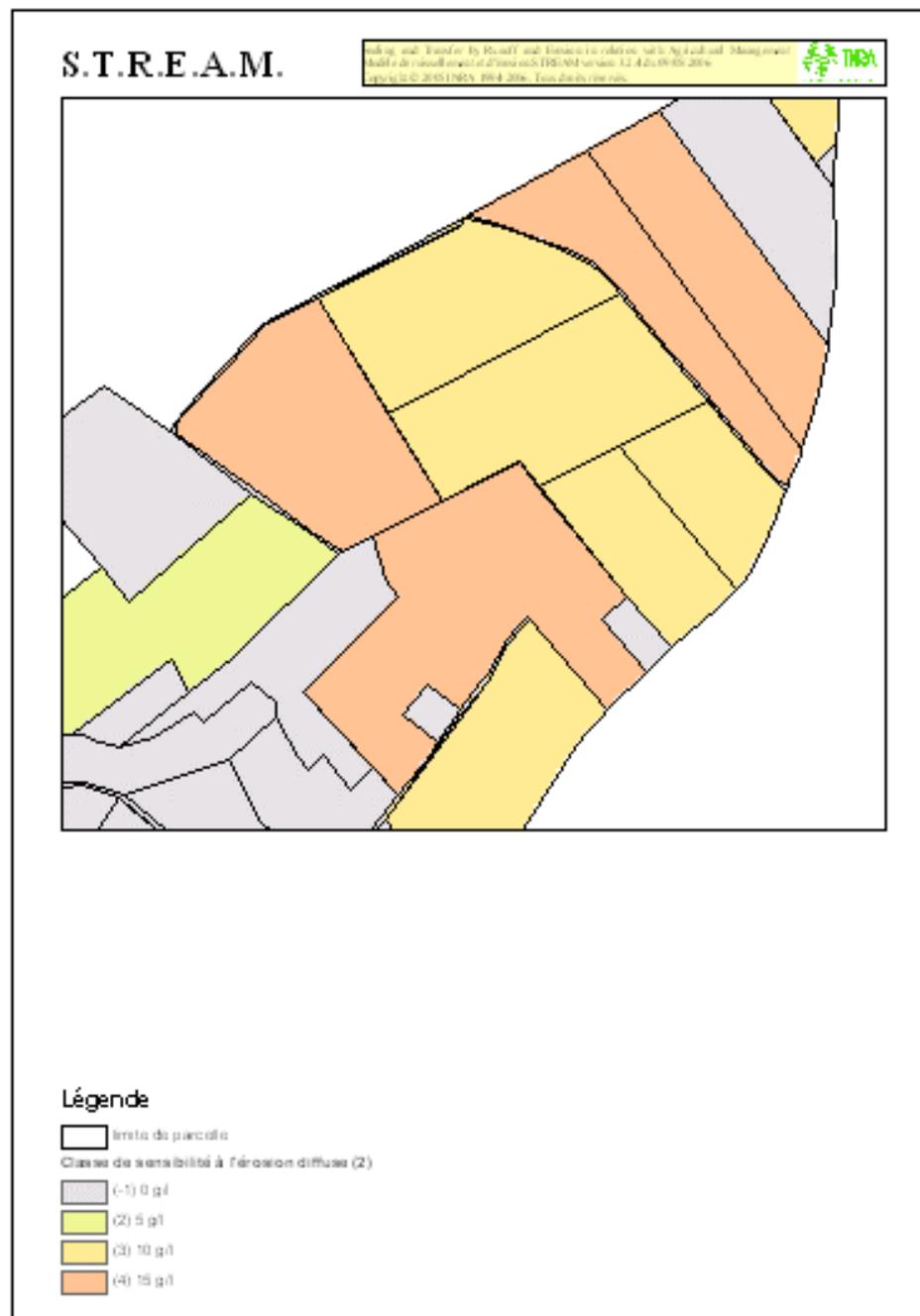
Fermer

Carte : Accumulation du ruissellement



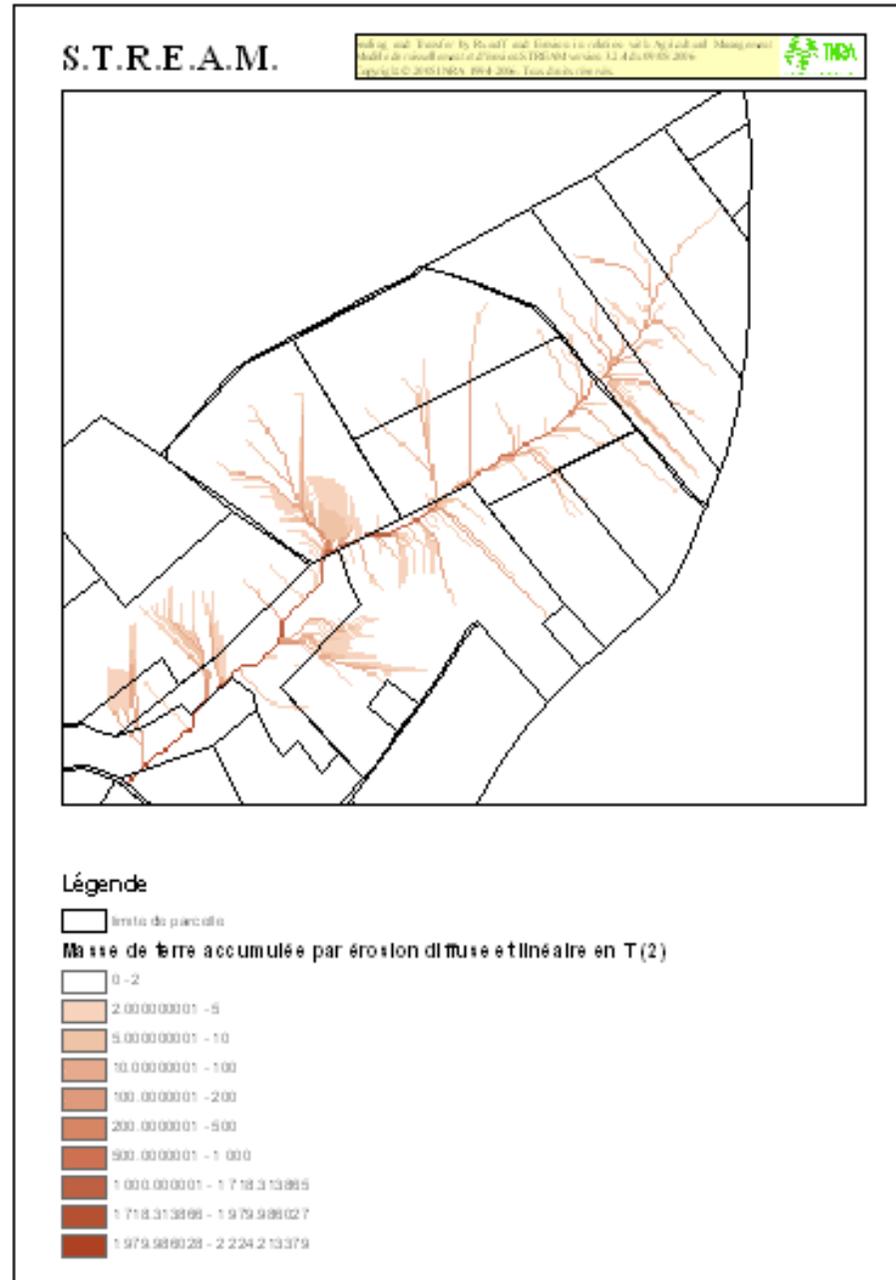
29 mai 2008

Carte : Classe de sensibilité à l'érosion diffuse



29 mai 2008

Carte : Masse de terre accumulée par érosion diffuse et érosion linéaire



29 mai 2008

Exemples d'utilisation du modèle STREAM

- Localiser les phénomènes de ruissellement
 - Identifier les talwegs principaux et secondaires
 - Identifier les zones de production du ruissellement
- Localiser des zones d'érosion diffuse et concentrée
 - Identifier les zones de départ de terre à la parcelle
 - Identifier les zones d'apparition préférentielle des ravines



Exemples d'utilisation du modèle STREAM

- Tester différents scénarii d'organisation du parcellaire
 - Évaluer l'impact des modifications des limites de parcelles et de l'occupation du sol sur la production du ruissellement (et l'érosion) et la localisation des passages d'eau

Exemple de l'utilisation de STREAM par l'AREAS dans le cadre d'un remembrement

Exemples d'utilisation du modèle STREAM

- Tester différents scénarii de localisation de bandes enherbées
 - Déterminer l'intérêt d'un scénario par rapport à un autre en tenant compte des contraintes qu'il peut engendrer (rapport efficacité/contrainte)

Exemple du travail réalisé par la CA76 et l'INRA sur le BV de Veules Ouest



Exemples d'utilisation du modèle STREAM

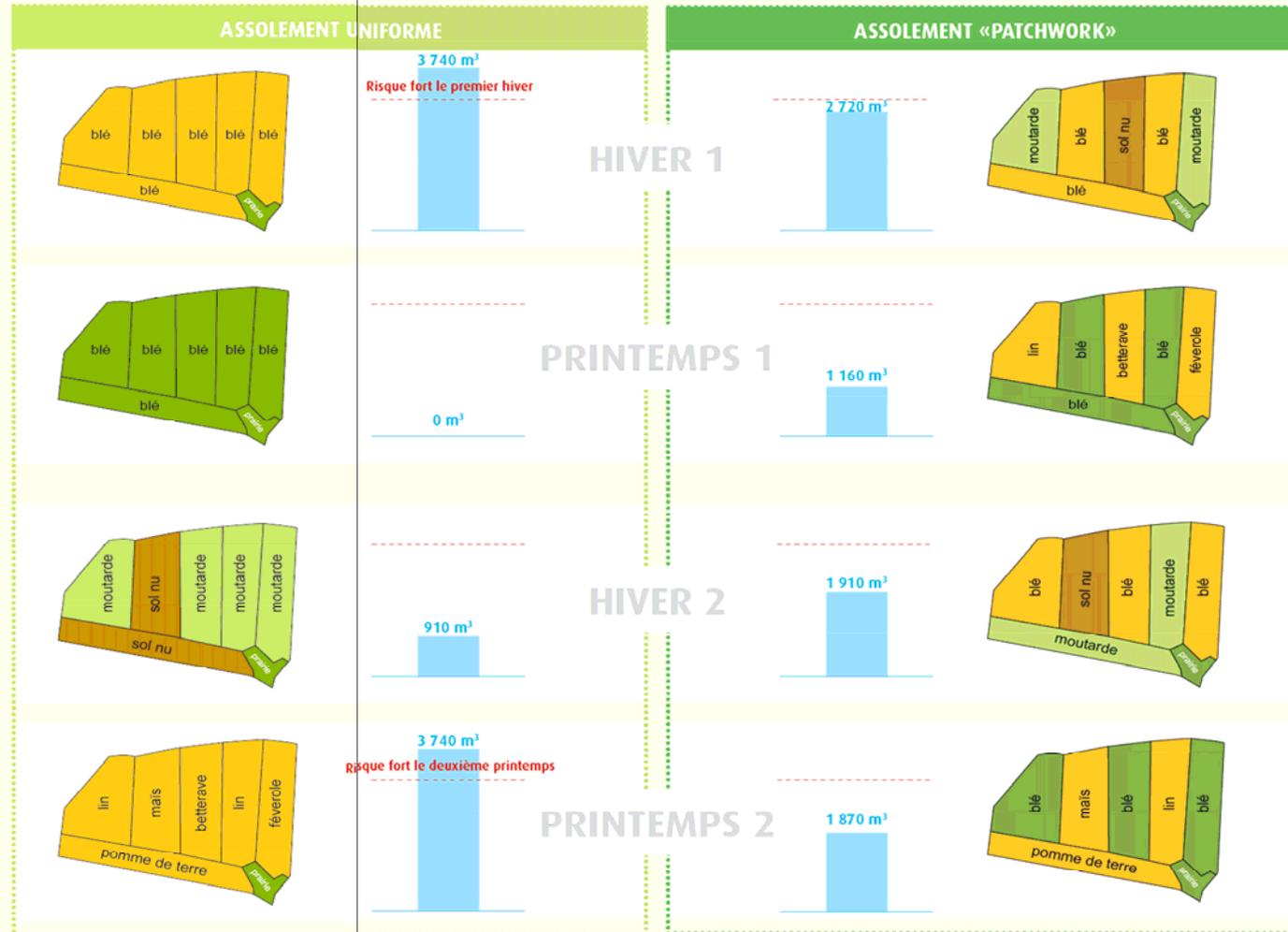
- Appui à la mise en place d'une démarche d'assolement concerté
 - Évaluer l'impact de la modification de l'affectation des cultures aux parcelles sur la production du ruissellement

Exemple de l'utilisation de STREAM par la CA76 dans le cadre de la mise en place d'une démarche d'assolement concerté sur le secteur de Claville-Motteville

Démarche d'assolement concerté

MOINS DE RISQUES AVEC L'ASSOLEMENT «PATCHWORK»

Ruissellement comparé par modélisation



Sol protégé (culture développée)



Sol protégé (culture intermédiaire)



Sol peu protégé (culture juste semée)



Sol nu



Exemple d'un bassin versant de 25 ha cultivé en 6 parcelles

Cette simulation de ruissellement à l'échelle a été effectuée pour une pluie de 30 mm en 6 heures (modèle de ruissellement de l'INRA). Le seuil acceptable dans cette situation a été estimé à 3000 m³.

Dans le cas d'un assolement uniforme, tout le bassin versant est en blé une année et en cultures de printemps l'année suivante.

Dans le cas d'un assolement «patchwork», la moitié du bassin

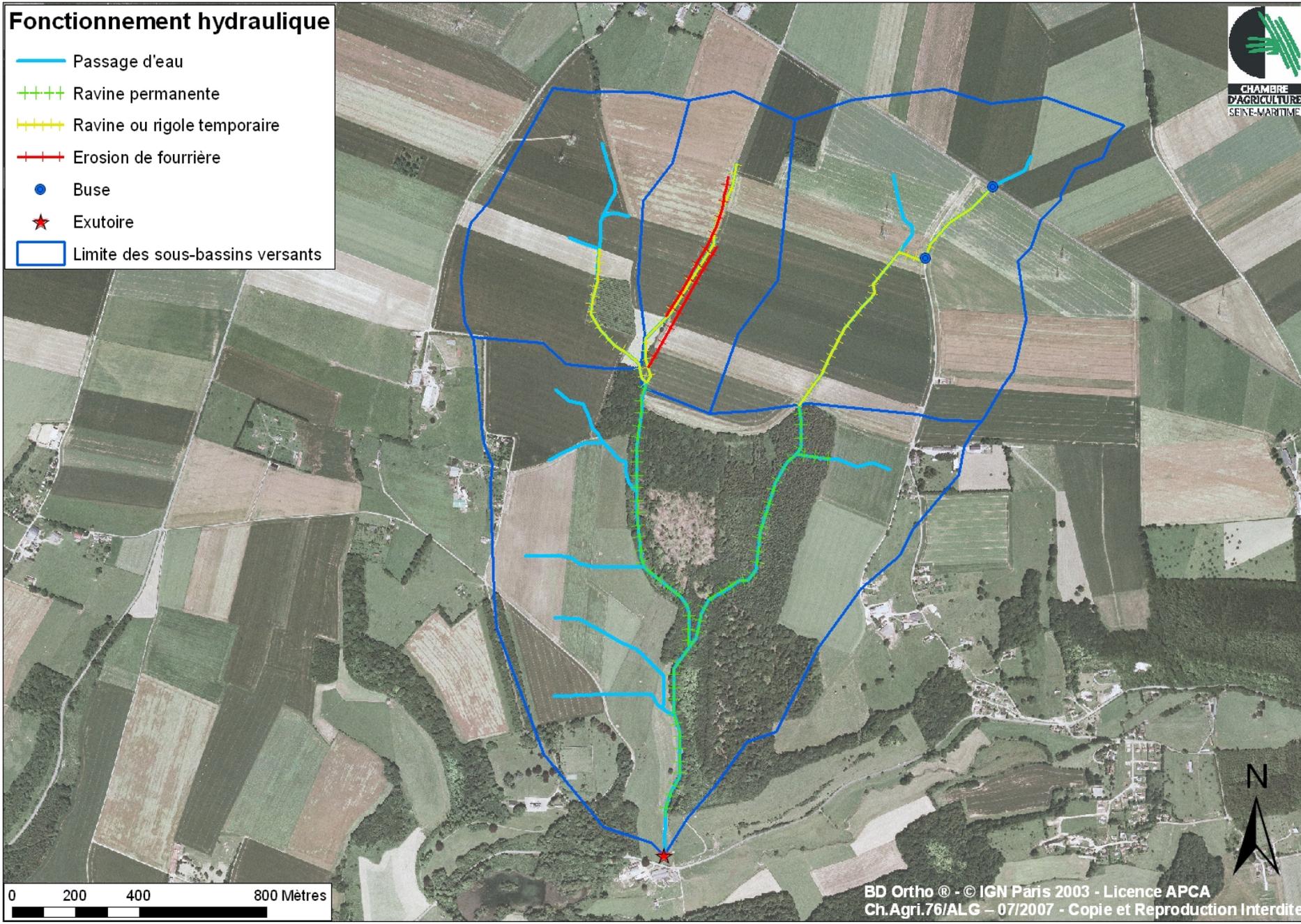
versant est en culture d'hiver et l'autre moitié en cultures de printemps lors des deux années successives.

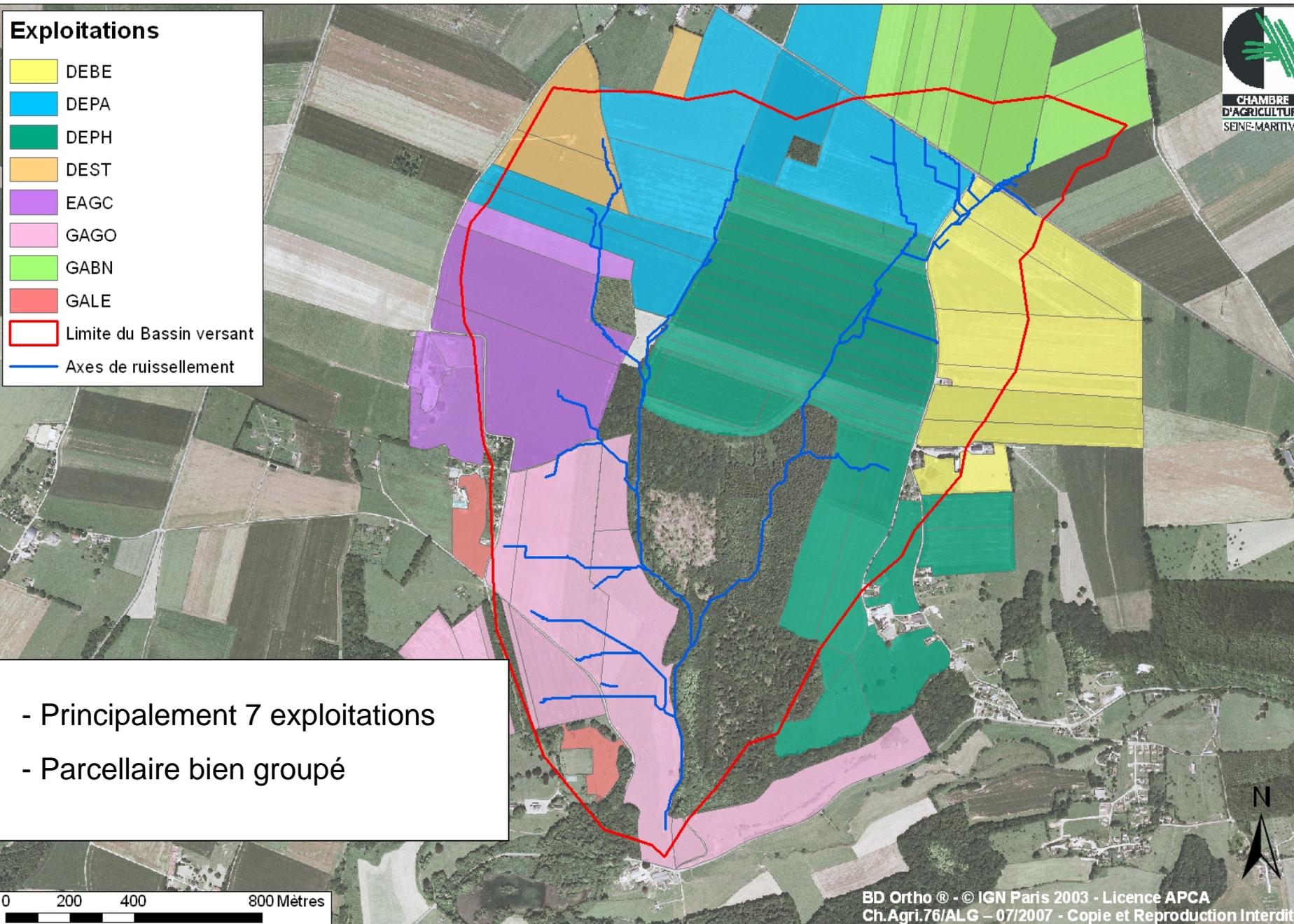
Dans les deux cas, nous avons considéré que les deux tiers des cultures de printemps étaient précédés de cultures intermédiaires.

Bien que les soles des différentes cultures soient identiques, dans le cas de l'assolement «patchwork», le risque est moins important et mieux réparti dans le temps.

Fonctionnement hydraulique

-  Passage d'eau
-  Ravine permanente
-  Ravine ou rigole temporaire
-  Erosion de fourrière
-  Buse
-  Exutoire
-  Limite des sous-bassins versants





Démarche d'assolement concerté

Différentes phases de l'études :

1. Recueil des données nécessaires à la modélisation

- Réalisation de diagnostics érosion chez les 10 exploitants
- Terrain
 - Identification des phénomènes de ruissellement/érosion
 - Relevé de l'occupation du sol, du faciès, de la rugosité, du couvert végétal, du sens du travail du sol pour chaque parcelle
 - Identification des limites de parcelles (fourrières, dérayures, ...)

Démarche d'assolement concerté

Différentes phases de l'études :

2. Cartographie préparatoire

- Réalisation du MNT
 - Ss BV de 300 ha → digitalisation des courbes de niveaux, ajout de points cotés (test du MNT)
- Saisie des infos recueillies sur le terrain dans la couche parcellaire
 - Faciès, rugosité, couvert végétal, occupation du sol, sens du travail du sol
- Renseignement de la couche limites de parcelles
- Localisation des points de mesure

Démarche d'assolement concerté

Différentes phases de l'études :

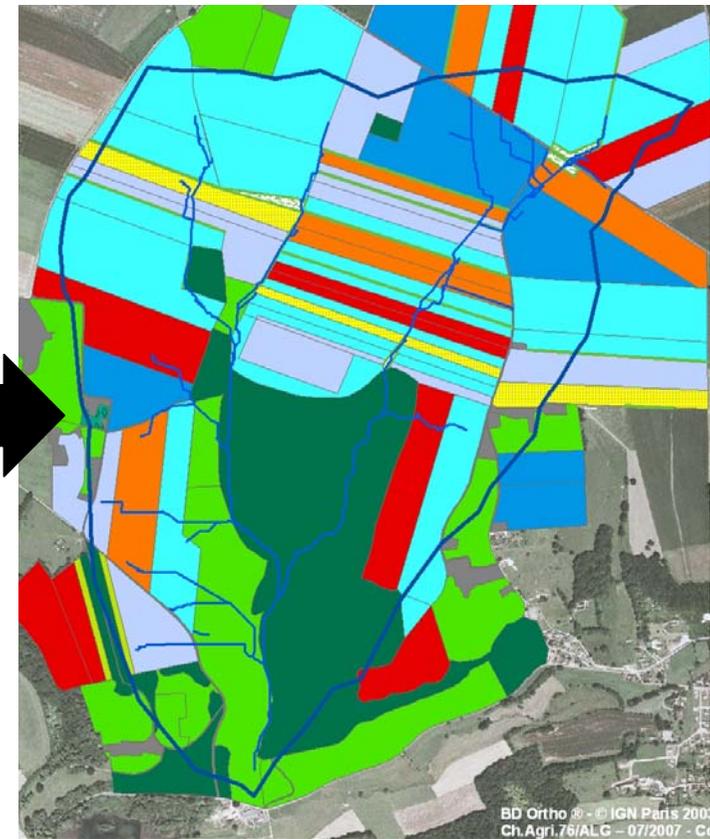
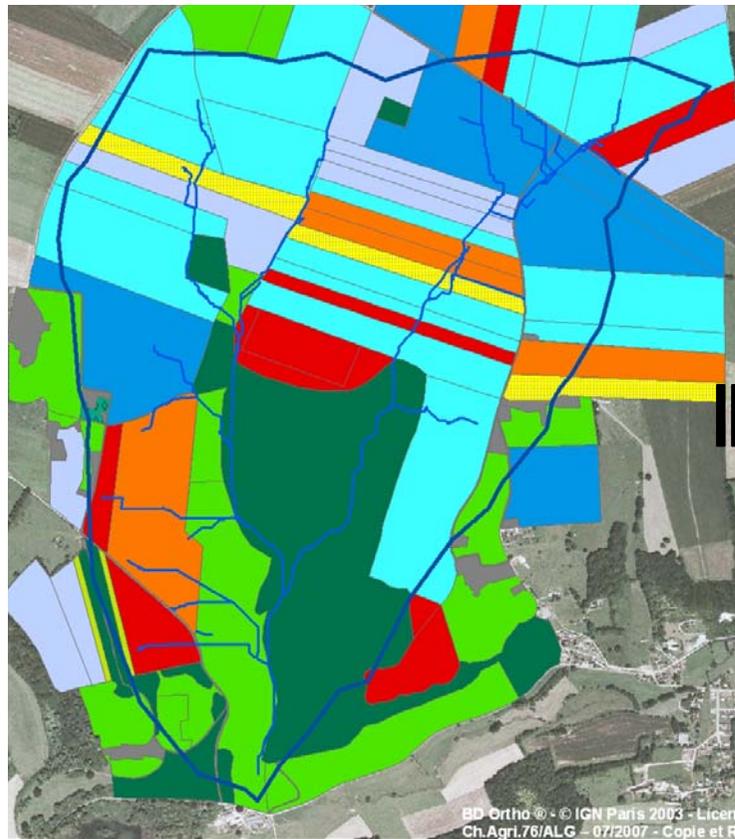
3. Modélisation du ruissellement et de l'érosion

- Pour 2 types d'événements pluvieux et 2 saisons
 - Pour l'état initial et 3 scénarii de modification de l'affectation des cultures aux parcelles
- Analyse des résultats et identification d'un scénario « idéal »

4. Restitution aux agriculteurs

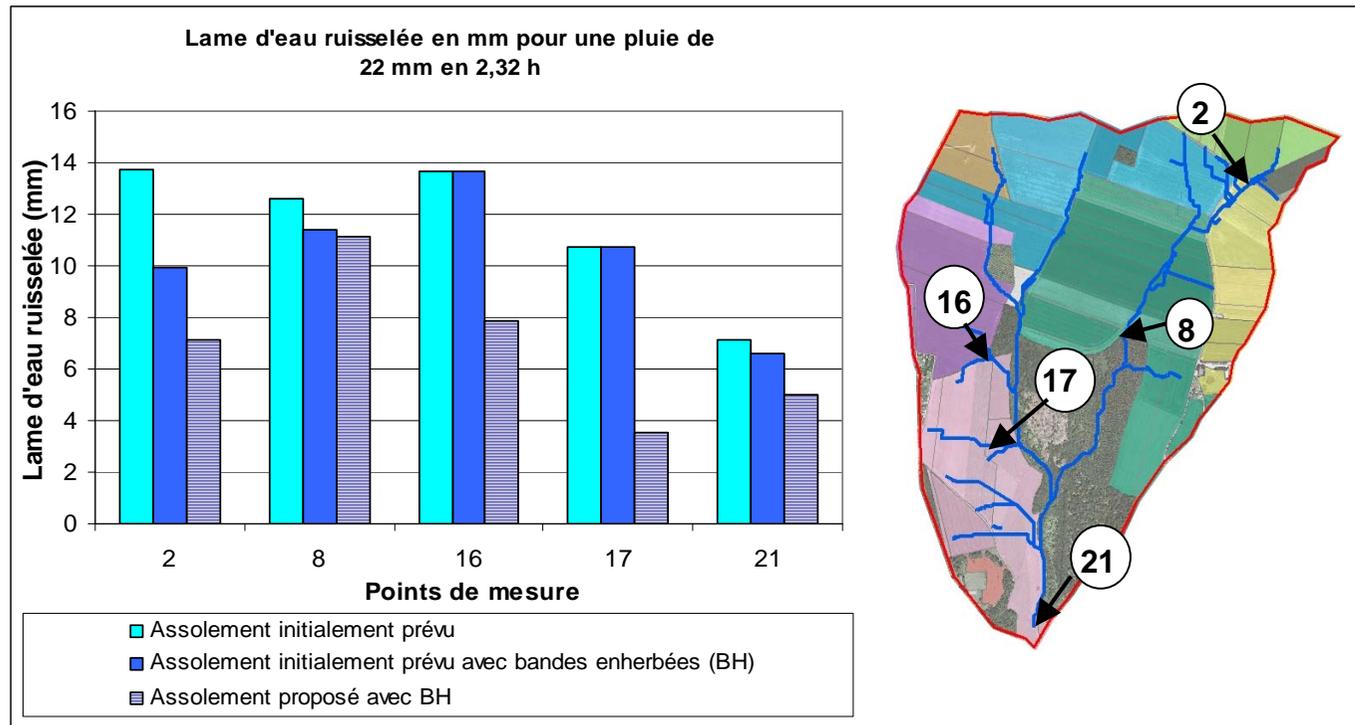
- Identification d'un scénario acceptable en fonction de leurs contraintes techniques et économiques

Démarches d'assolement concerté

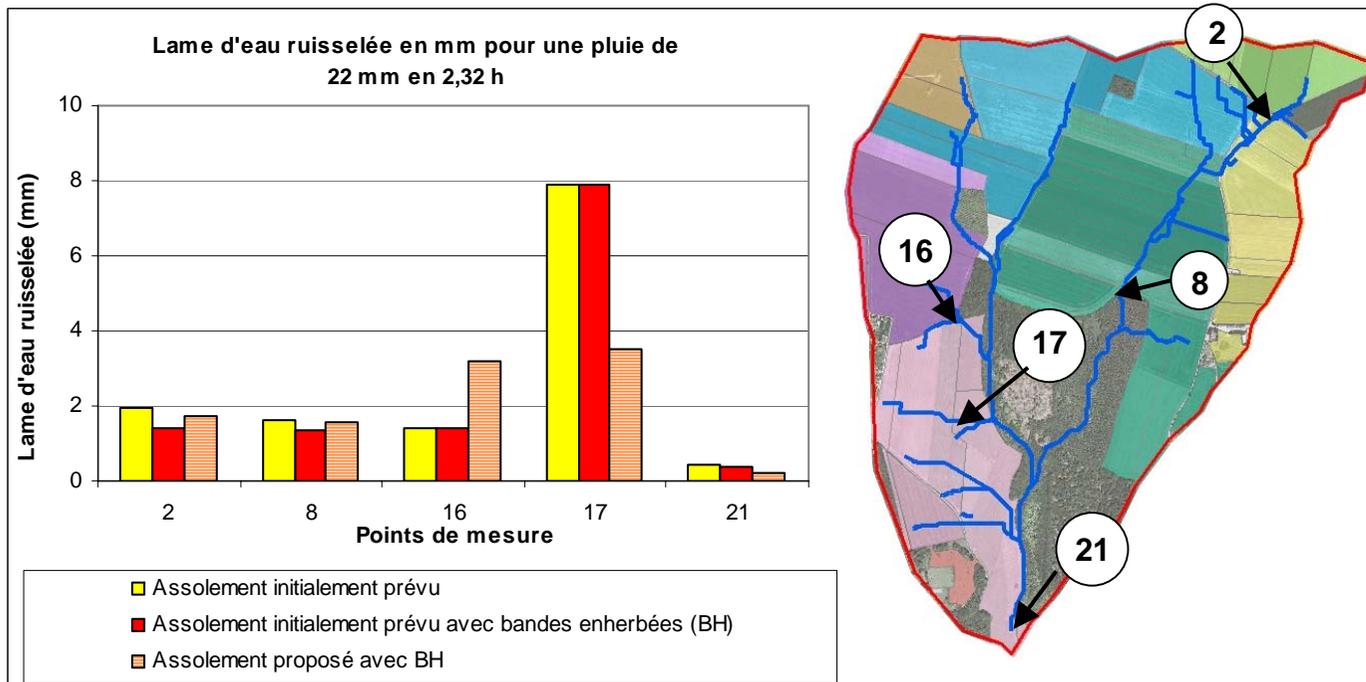




Hiver



Printemps



Les limites du modèle

- Temps nécessaire à la modélisation
 - Création de la base de données et ajustement
 - Modélisation du ruissellement et de l'érosion pour chaque événement pluvieux, chaque scénario et chaque période de l'année
- Prise en compte des différents types de sols
 - Modèle créé sur le secteur du Pays de Caux : sols limoneux battant
 - Possibilité de modifier certains paramètres pour tenir compte de la diversité des sols



Les limites du modèle

- Modélisation des aménagements d'hydraulique douce
 - Possibilité de modifier uniquement la capacité d'infiltration
 - Ne prend pas en compte le rôle de frein hydraulique des aménagements, ni leur capacité à faire sédimenter
- Modélisation du dépôt
 - Actuellement STREAM ne modélise la sédimentation que pour l'érosion diffuse (de façon +/- satisfaisante)



Synthèse

- Quand utiliser le modèle STREAM ?
 - A quelle (s) question (s) veut on répondre ?
 - Quelle est la taille du BV ?
 - STREAM est-il intéressant pour répondre à ma question?





Question que l'on se pose	Taille du BV	Intérêt de la modélisation
Étudier un bassin versant	< 500 ha	Temps d'ajustement du MNT très important pour coller à la réalité de terrain
	> 500 ha	Modélisation intéressante pour localiser les phénomènes
Travailler sur : - l'occupation du sol - l'organisation du parcellaire	< 500 ha	Modélisation intéressante, mais temps d'ajustement des données importants → Outil d'animation auprès d'exploitants/collectivités
	> 500 ha	Modélisation intéressante, mais temps de saisie des données peut être important → Outil d'aide à la décision
Aménager un bassin versant	< 500 ha	Modélisation +/- adaptée : - Temps d'ajustement des données - Diversité des aménagements modélisables
	> 500 ha	Modélisation intéressante pour identifier les secteurs à aménager (Tester l'efficacité de BH)