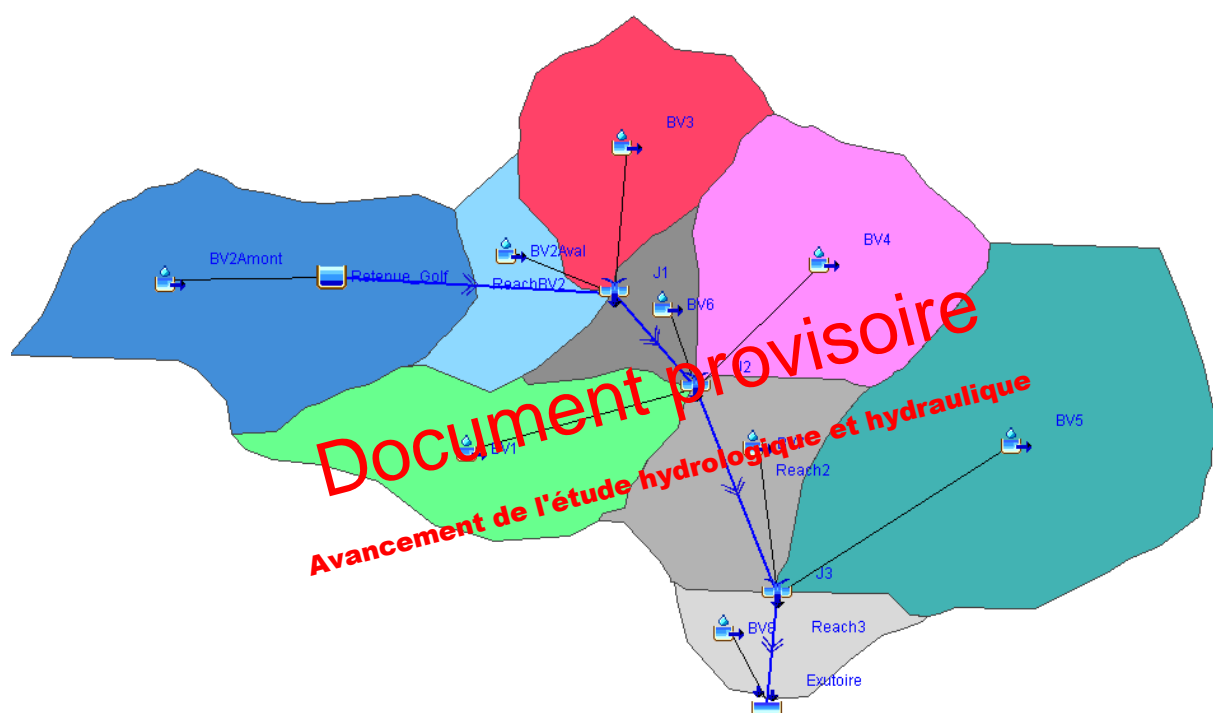


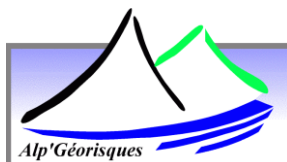
Plan de Prévention des Risques d'Inondation et de Coulées de Boues sur les communes de Château-Thierry, Brasles et Gland



Rapport d'avancement : Etude hydrologique et hydraulique

Juillet 2014

Etabli par :



Alp'Géorisques
Bâtiment Magbel
ZI- rue du Moirond
38240 Domène

Tel : 04.76.77.92.00 – Fax : 04.76.77.55.90

Mail : contact@alpgeorisques.com

| Date du dernier enregistrement | Désignation du document | Numéro de devis | Nombre de pages |
|--------------------------------|--|-----------------|-----------------|
| 07/07/2014 | Etat d'avancement de l'étude hydrologique et hydraulique | 1307103 | 21 |

| | Nom Prénom | Fonction | Rôle dans l'étude |
|--------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------|
| Auteur | Grasset Antoine | Ingénieur Géomorphologue | Interlocuteur principal |
| Relu par | Panvert Jimmy | Ingénieur Hydraulicien | Intervenant |
| Relu et Validé par | Mazet-Brachet Didier | Gérant | Chef de projet |

| Version | Date | Observations |
|---------|--------------|--------------|
| V1 | Juillet 2014 | |

Sommaire

| | |
|--|-----------|
| SOMMAIRE..... | 3 |
| 1 CONTEXTE ET OBJECTIFS..... | 4 |
| 2 DONNÉES DISPONIBLES..... | 5 |
| 3 PLUIE DE PROJET | 6 |
| 3.1 CALCUL DE LA PLUIE JOURNALIÈRES DÉCENNALES ET CENTENNALE | 6 |
| 3.2 PLUIES DE PROJET | 7 |
| 4 LE MODÈLE HYDROLOGIQUE DU RU DE BRASLES..... | 8 |
| 4.1 PRINCIPE DE LA MODÉLISATION HYDROLOGIQUE | 8 |
| 4.2 LA STRUCTURE DU MODÈLE HYDROLOGIQUE DU RU DE BRASLES | 9 |
| 4.2.1 <i>Les éléments du modèles</i> | 9 |
| 4.2.1 <i>La réserve du golf</i> | 11 |
| 4.3 CHOIX DES FONCTIONS..... | 11 |
| 4.3.1 <i>Fonction de production</i> | 11 |
| 4.3.2 <i>Fonction de transfert</i> | 16 |
| 4.3.3 <i>Routage des débits</i> | 17 |
| 5 ESTIMATION DES DÉBIT DÉCENNAUX | 18 |
| 5.1 RU DE BRASLES | 18 |
| 5.2 RU DE BASCON (GANACHE)..... | 18 |
| 6 AVANCEMENT ET SUITES DE L'ÉTUDE | 19 |

1 Contexte et objectifs

L'objectif de cette note est de faire état de l'avancement de l'étude hydrologique et hydraulique concernant le PPR Inondation et Coulées de Boues sur les communes de Château-Thierry, Brasles et Gland. Les résultats qui y sont présentés sont provisoires et peuvent changer ou faire l'objet d'adaptations.

L'étude hydrologique et hydraulique concerne essentiellement le ru de Brasles, le ru de Bascon (ru de Ganache) et le vallon de la Madeleine. La méthodologie mise en œuvre pour chacun des rus est la suivante :

- Ru de Brasles : Modélisation hydrologique + modélisation hydraulique + analyse géomorphologique ;
- Ru de Bascon (Ganache) : Estimation des débits grâce aux méthodes empiriques + modélisation hydraulique+ analyse géomorphologique ;
- Vallon de la Madeleine : comme précisé dans le compte rendu de terrain du 19/02/2014 : « Au vu des faibles débits, de la complexité hydraulique du vallon et des observations effectuées sur le terrain, une modélisation hydraulique du ru du vallon de la Madeleine n'apparaît pas nécessaire ».

Cette note traite donc uniquement du ru de Brasles et du ru de Bascon (Ganache).

2 Données disponibles



Les données pluviométriques disponibles sont récapitulées dans le Tableau 1.

Tableau 1 : données pluviométriques disponibles

| Station | Distance de Château-Thierry | Type de données |
|---------|-----------------------------|--|
| Roissy | 62 km | Coefficients de Montana |
| Reims | 51 km | Coefficients de Montana |
| Blesme | 4 km | Pluie horaire et pluie 6 minutes depuis 2005 |

Aucune donnée de débit n'est disponible pour le ru de Brasles et le ru de Bascon.

3 Pluies de projets

3.1 *Calcul des pluies journalières décennales et centennales*

Le Tableau 2 présente les coefficients de Montana aux stations de Reims et de Roissy.

Tableau 2 : Coefficients de Montana

| Période de retour | Station | a | b |
|-------------------|---------|--------|-------|
| 10 ans | Roissy | 19,052 | 0,873 |
| | Reims | 14,017 | 0,83 |
| 100 ans | Roissy | 35,141 | 0,921 |
| | Reims | 22,719 | 0,83 |

La formule de Montana permet de calculer les hauteurs de précipitations à partir de ces coefficients :

$$h(t) = a \times t^{(1-b)}$$

Avec :

$h(t)$: hauteur de précipitations (en mm)

a : coefficient de Montana

b : coefficient de Montana

t : durée de la précipitation (en minutes)

Ces coefficients permettent de calculer les pluies centennales et décennales pour une durée allant de 2 heures à 24 heures. La durée retenue pour les pluies de projets est de 24 heures.

Tableau 3 : Pluies décennales et centennales sur 24 heures

| Station\ Période de retour | 10 ans | 100 ans |
|----------------------------|--------------|--------------|
| Roissy | 48,0 mm | 62,4 mm |
| Reims | 48,3 mm | 78,2 mm |
| Pluies retenues | 48 mm | 78 mm |

3.2 Pluies de projet

Les pluies de projets retenues sont de formes triangulaires avec un temps de montée égale à la moitié de la durée des précipitations. On obtient ainsi les hyétogrammes de projets suivants :

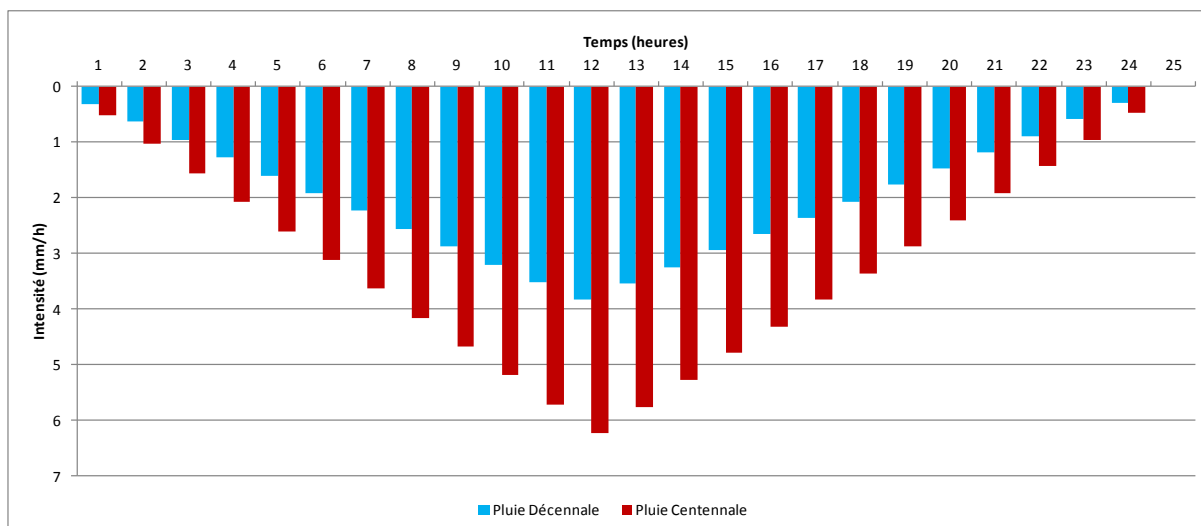


Figure 1 : Hyétogrammes de projet pour la pluie centennale et décennale.

4 Le modèle hydrologique du ru de Brasles

4.1 Principe de la modélisation hydrologique

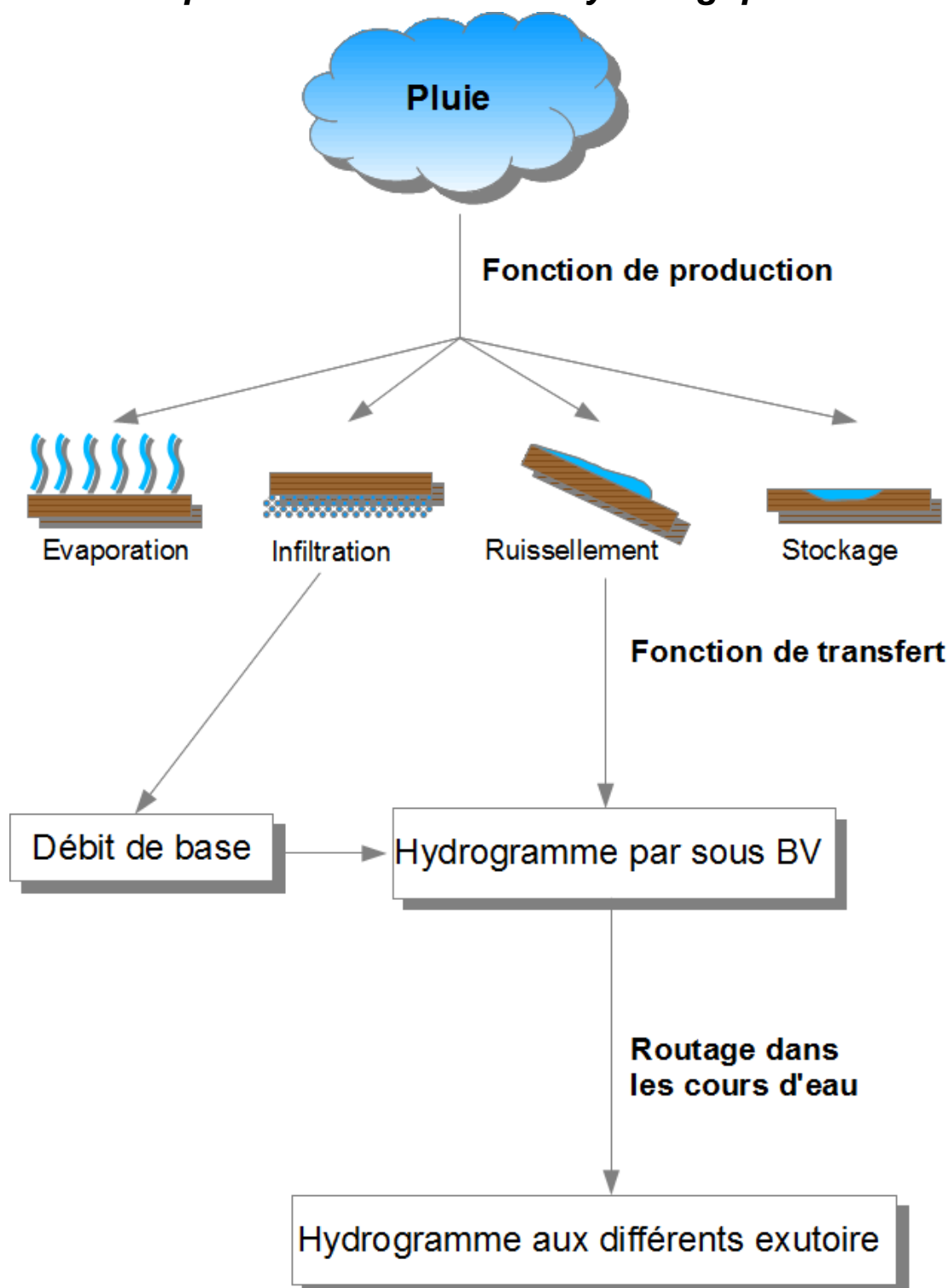


Figure 2 : Schéma représentant les différentes étapes de la modélisation hydrologique

L'objectif principal d'une modélisation hydrologique est d'obtenir les hydrogrammes aux points considérés. Comme le montre la Figure 2, un modèle hydrologique comporte plusieurs étapes permettant de transformer la pluie en débit :

- La première étape consiste à utiliser une fonction de production (ex : SCS, Green And Ampt, Initial et Constant, pertes exponentielles, SMA etc.), afin de calculer :
 - Le volume évaporé ;
 - Le volume stocké ;
 - Le volume infiltré, qui peut participer, ou non, à l'alimentation des cours d'eau sous forme de débit de base ;
 - Le volume ruisselé qui participe directement à la formation du débit.
- La deuxième étape consiste à utiliser une fonction de transfert (ex : onde cinématique, hydrogramme unitaire etc.) qui permet de répartir le volume en fonction du temps et de calculer ainsi un hydrogramme à l'exutoire de chaque sous-bassin versant.
- La troisième et dernière étape consiste à « router » les débits obtenus dans les différents cours d'eau afin d'obtenir le débit aux points considérés. On retiendra notamment les méthodes suivantes qui permettent de router les débits : Kinematic Wave, Muskingum-Cunge, Pulsations Modifiées, etc.

4.2 La structure du modèle hydrologique du ru de Brasles

Le logiciel utilisé pour la modélisation hydrologique du ru de Brasles est le logiciel HEC_HMS développé par l' « US Army Corps of Engineers ».

4.2.1 Les éléments du modèle

Comme le montre la Figure 3, la structure du modèle du ru de Brasles est constituée des éléments suivants :

- 9 sous-bassins versants ;
- 1 réservoir représentant la retenue du golf ;
- 3 jonctions ;
- 4 tronçons représentant les cours d'eau.

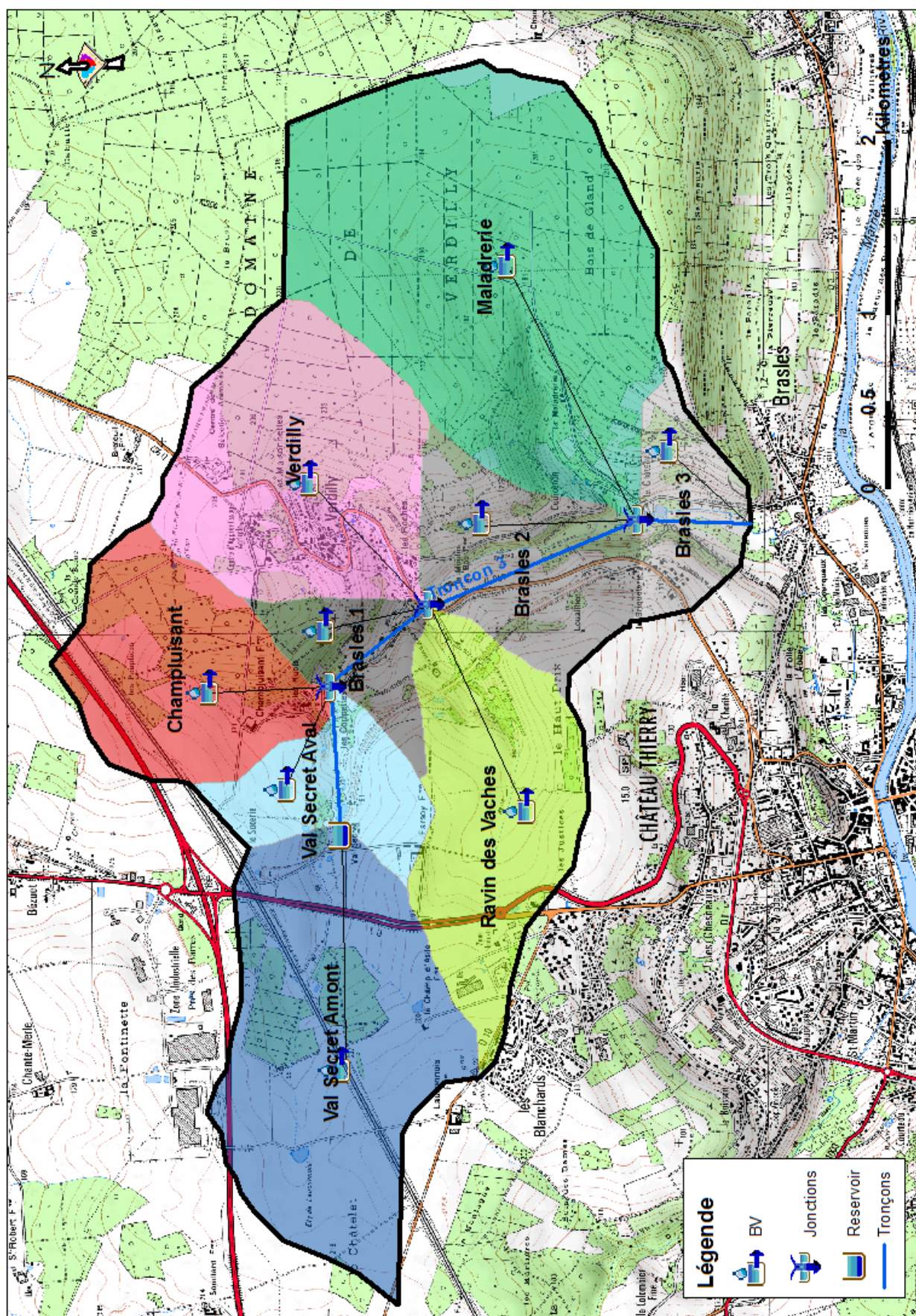


Figure 3 : Structure du modèle hydrologique de l'Arques

4.2.1 La retenue du golf

La retenue du Golf a été modélisée car elle impacte de manière non négligeable l'hydrogramme en sortie du bassin versant du Val-Secret. Les caractéristiques de cette retenue sont les suivantes :

- Capacité : 6500 m³ ;
- Cote du point de débordement : 165,5 m.

4.3 Choix des fonctions

4.3.1 Fonction de production

4.3.1.1 Description de la fonction de production retenue

La fonction de production qui a été retenue est la fonction du « Soil Conservation Service » car c'est la fonction dont les paramètres sont les plus faciles à estimer en l'absence d'observation de débits. La méthode du SCS estime le volume ruisselant comme une fonction du cumul des précipitations, de l'occupation du sol, du type de sol et de l'état de saturation du sol. Cette méthode se base sur un paramètre appelé « Curve Number » (CN) qui est estimé à partir du type de sol et de l'occupation du sol. On peut distinguer deux types de « Curve Number » :

- Les CN II, qui correspondent à une saturation moyenne des sols ;
- Les CN III, qui correspondent à une forte saturation des sols.

Le Tableau 4 présente les types de sol considérés par le SCS. Le Tableau 5 présente quelques exemples de CN II et de CN III.

Tableau 4 : Les types de sols considérés par le SCS

| Type de sol | Infiltration minimale | Structure |
|-------------|--|---|
| A | $I > 7,6 \text{ mm/h}$ | Sols sableux, loess profond, conglomérats |
| B | $7,6 \text{ mm/h} \geq I > 3,8 \text{ mm/h}$ | Loess surfacique, marnes sableuses. |
| C | $3,8 \text{ mm/h} \geq I > 1,3 \text{ mm/h}$ | Limon argileux et limon battant, sols pauvres en matière organique, sols contenant des argiles. |
| D | $I \leq 1,3 \text{ mm/h}$ | Sol argileux qui gonflent significativement quand ils sont mouillés |

Tableau 5 : Coefficients du SCS

| | | CN II (SCS + AREAS) (saturation du sol moyenne) | | | | CN III adapté de CN II (forte saturation du sol) | | | |
|---|------------------|--|----|----|----|---|----|----|----|
| Type de sols | | A | B | C | D | A | B | C | D |
| <i>Bois</i> | | 30 | 55 | 70 | 77 | 50 | 74 | 84 | 89 |
| <i>Prairie</i> | | 39 | 61 | 74 | 80 | 60 | 78 | 87 | 90 |
| <i>Voirie et fossés</i> | | 83 | 89 | 92 | 93 | 92 | 95 | 96 | 97 |
| <i>Zone urbanisées</i> pourcentage d'imperméabilisation | 65 % | 77 | 85 | 90 | 92 | 89 | 93 | 95 | 96 |
| | 38 % | 61 | 75 | 83 | 87 | 78 | 87 | 92 | 94 |
| | 25 % | 54 | 70 | 80 | 85 | 73 | 84 | 90 | 93 |
| | 12 % | 46 | 65 | 77 | 82 | 66 | 81 | 89 | 91 |
| <i>Cultures</i> | Sol nu compacté | 77 | 86 | 91 | 94 | 89 | 93 | 96 | 97 |
| | Interculture | 58 | 69 | 75 | 79 | 76 | 84 | 87 | 90 |
| | Inter-rang large | 72 | 81 | 88 | 91 | 86 | 91 | 94 | 96 |
| | Petites graines | 65 | 76 | 84 | 88 | 81 | 88 | 92 | 94 |
| | déchaumage | 63 | 75 | 83 | 87 | 80 | 87 | 92 | 94 |

Nota. Les « Curve Numbers » pour l'interculture (ligne surlignée en bleu), ne figurent pas dans les tables du SCS.

4.3.1.2 Estimation des paramètres du SCS

Les paramètres (CN) de la méthode du SCS ont été estimés par croisement de la pédologie et de l'occupation du sol en considérant que le sol était moyennement saturé. Les Figure 4, Figure 5 et Figure 6 présentent la répartition spatiale de ces coefficients par sous-bassin versant.

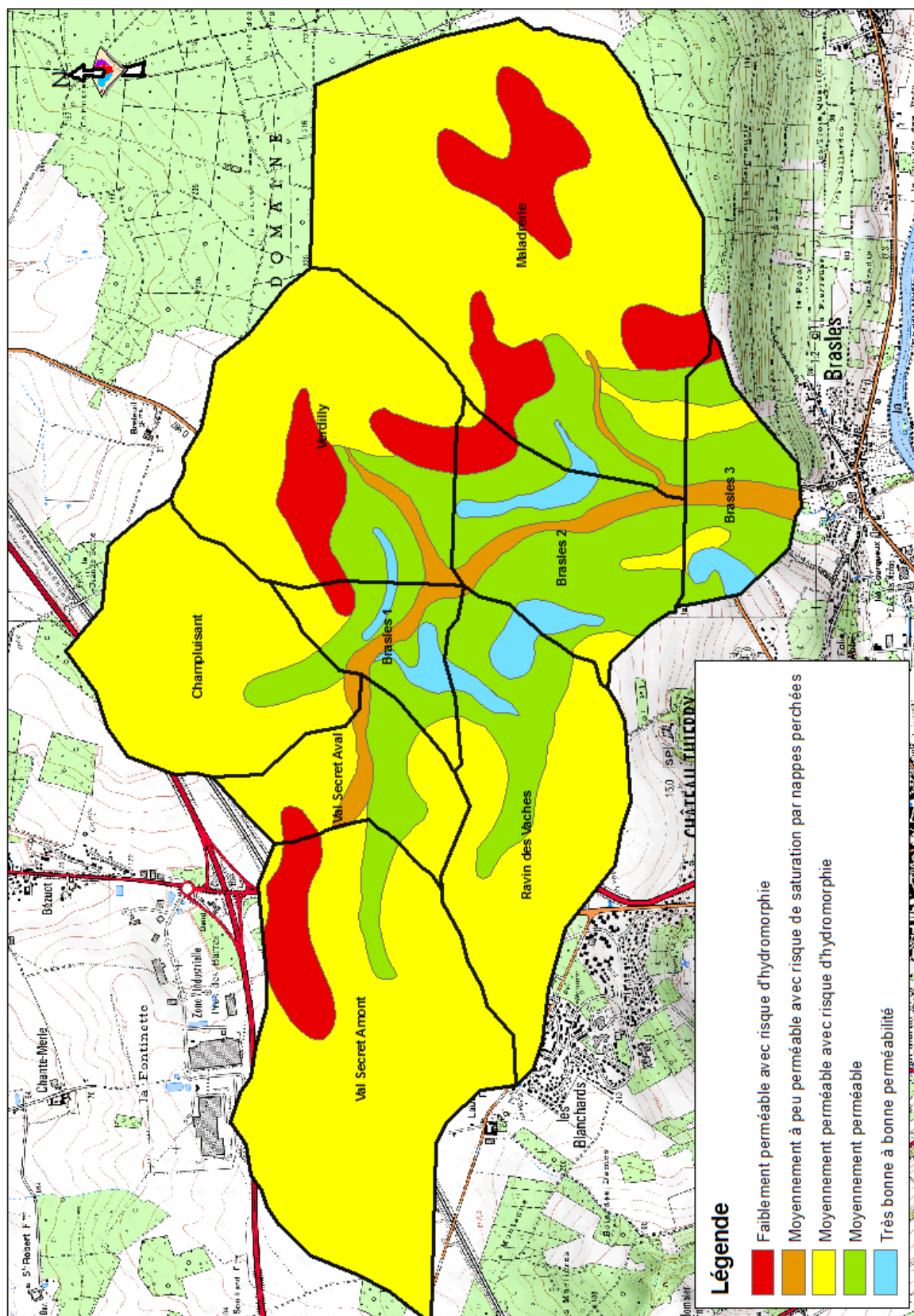


Figure 4 : Pédologie dans le bassin versant du ru de Brasles

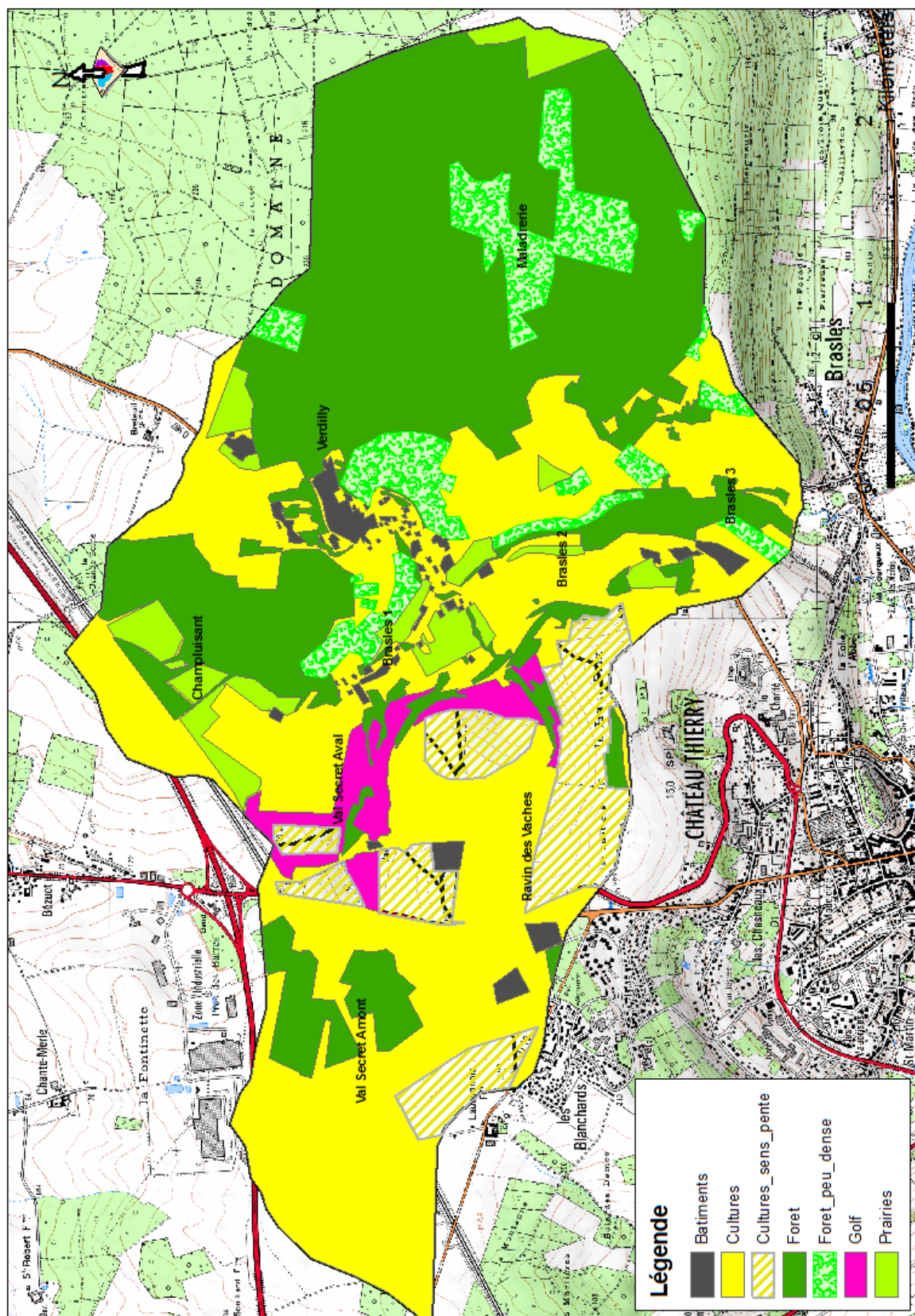


Figure 5 : Occupation du sol dans le bassin versant du ru de Brasles

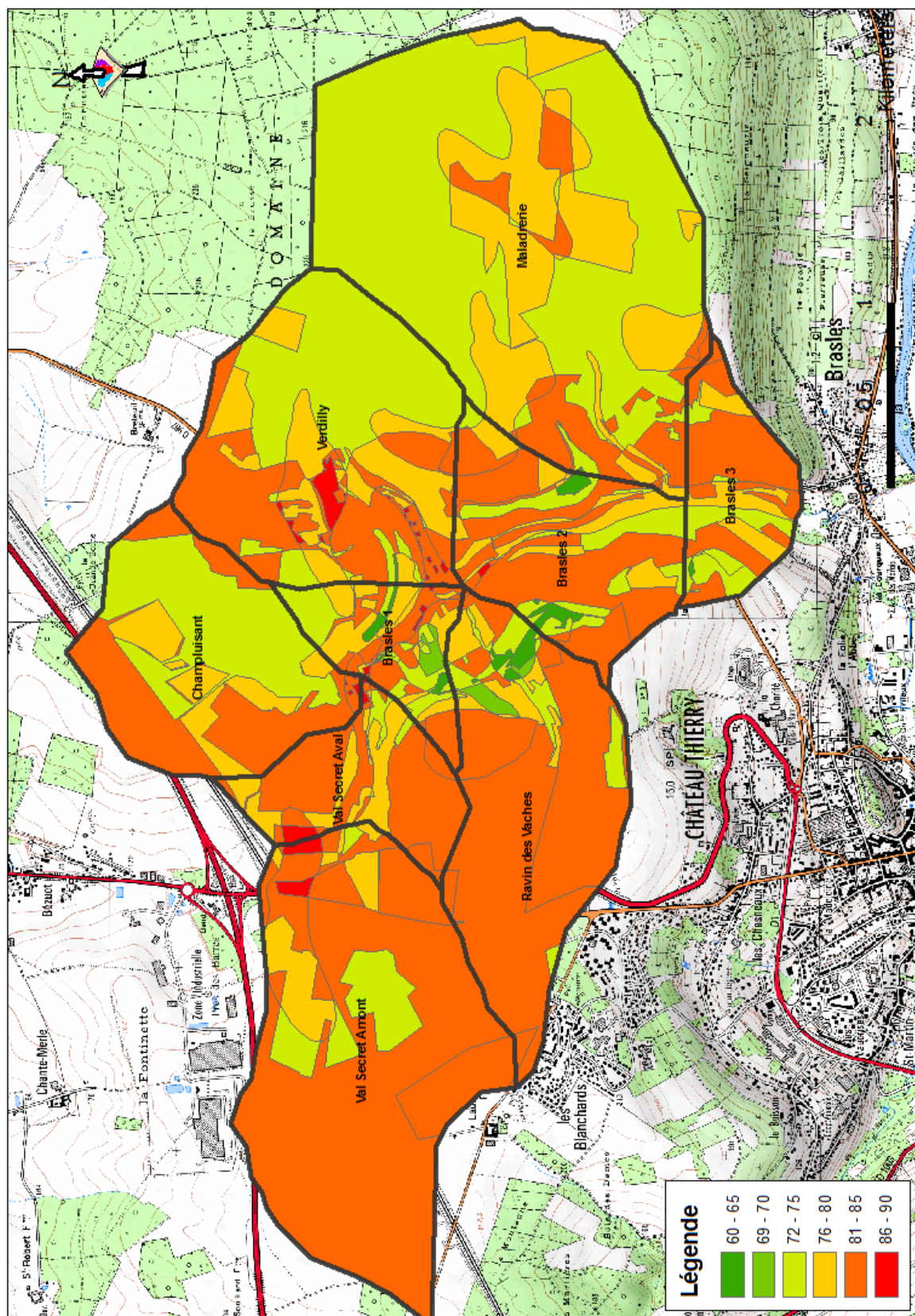


Figure 6 : Paramètres du SCS (CN) obtenus par croisement de l'occupation du sol et de la pédologie.

On obtient ainsi les CN moyens par bassin versant.

Tableau 6 : CN moyens par bassin versant

| BV | CN |
|------------------|----|
| Ravin des vaches | 80 |
| Val Secret Amont | 81 |
| Val Secret Aval | 81 |
| Champluisant | 77 |
| Verdilly | 77 |
| Maladrerie | 75 |
| Brasles 1 | 77 |
| Brasles 2 | 79 |
| Brasles 3 | 79 |

4.3.2 Fonction de transfert

4.3.2.1 Description de la fonction de transfert retenue

La fonction de transfert retenue est la méthode de l'hydrogramme unitaire utilisée avec l'hydrogramme théorique du SCS. L'hydrogramme unitaire théorique du SCS est un hydrogramme triangulaire dont le temps de latence (lag time) dépend des caractéristiques du bassin versant considéré. Le temps de latence correspond au temps séparant le barycentre de la pluie du pic de l'hydrogramme. La méthode SCS préconise de calculer le temps de latence avec la formule suivante :

$$Tlag(scs) = 0,6 Tc$$

Où Tc est le temps de concentration, qui représente le temps mis par une particule d'eau pour atteindre l'exutoire depuis le point le plus éloigné de celui-ci. C'est le temps que met une particule d'eau pour parcourir le plus long trajet hydraulique.

4.3.2.1 Estimation du temps de latence

Différentes formules empiriques prenant en compte la pente, la superficie du bassin versant, et le dénivelé permettent de calculer le temps de concentration dont on déduit le temps de latence. Le temps de concentration utilisé par la suite est le temps de concentration moyen calculé à partir des 9 formules suivantes : Kirpich, Giandotti, Passini, Ventura, Turazza, Van Te Chow, Dujardin, Sogreah, CEMAGREF.

Tableau 7 : Temps de latence par bassin versant.

| BV | Temps de latence |
|------------------|------------------|
| Ravin des vaches | 30 min |
| Val Secret Amont | 48 min |
| Val Secret Aval | 18 min |
| Champluisant | 26 min |
| Verdilly | 27 min |
| Maladrerie | 45 min |
| Brasles 1 | 12 min |
| Brasles 2 | 18 min |
| Brasles 3 | 10 min |

4.3.3 Routage des débits

4.3.3.1 Description de la méthode de routage retenue

La méthode de routage retenue est la méthode de l'onde cinématique. Cette méthode repose sur la résolution des équations de Saint-Venant. Elle considère que la pente d'énergie est égale à la pente du lit du cours d'eau. Les paramètres utilisés sont présentés dans le Tableau 8.

Tableau 8 : Paramètres de la méthode de l'onde cinématique

| Paramètre | Description |
|---------------------|--|
| Longueur (m) | Longueur du cours d'eau |
| Pente (m) | Pente moyenne du cours d'eau |
| Coefficient Manning | Il représente les frottements entre l'écoulement et le lit du cours d'eau. |
| Largeur du lit (m) | Largeur moyenne du cours d'eau |

4.3.3.2 Estimation des paramètres de la méthode de l'onde cinématique

Les paramètres de la méthode de l'onde cinématique ont été estimés grâce à un traitement SIG permettant de calculer les pentes et les longueurs.

| BV | Longueur (m) | Pente (m/m) | Coefficient de Manning | Largeur du lit (m) |
|-----------|--------------|-------------|------------------------|--------------------|
| Tronçon 1 | 800 m | 0,040 m/m | 0,035 | 1 m |
| Tronçon 2 | 790 m | 0,024 m/m | 0,035 | 2 m |
| Tronçon 3 | 1490 m | 0,021 m/m | 0,035 | 2 m |
| Tronçon 4 | 650 m | 0,017 m/m | 0,035 | 4,5 m |

5 Estimation des débit décennaux

Les résultats présentés dans cette partie sont obtenus à partir de méthodes empiriques ou de modèles hydrologiques non calés, ce qui est peu fiable. A ce titre, les présents résultats sont **provisoires** et seront réévalués après application de la méthode proposée dans la partie 6 de ce rapport.

5.1 *Ru de Brasles*

Le débit de pointe décennal pour le ru de Brasles a été estimé grâce au modèle hydrologique non calé et également à l'aide de méthodes empiriques. Les résultats obtenus sont présentés dans le Tableau 9.

Tableau 9 : Débits de pointes décennaux

| Méthode | Q10 |
|---------------------|-----------------------|
| Modèle hydrologique | 5,1 m ³ /s |
| Méthode rationnelle | 5,9 m ³ /s |
| Méthode socose | 3,6 m ³ /s |
| Méthode Crupedix | 3,1 m ³ /s |
| Méthode SOGREAH | 4,9 m ³ /s |

On s'aperçoit que les différentes méthodes donnent des débits significativement différents. Il paraît donc important de caler le modèle hydrologique grâce à la méthode proposée dans la partie 6, avant d'estimer le débit centennal.

5.2 *Ru de Bascon (Ganache)*

| Méthode | Q10 |
|---------------------|-----------------------|
| Méthode rationnelle | 4,2 m ³ /s |
| Méthode SCS | 1,8 m ³ /s |
| Méthode socose | 2,2 m ³ /s |
| Méthode Crupedix | 1,2 m ³ /s |
| Méthode SOGREAH | 2,1 m ³ /s |

Comme pour le ru de Brasles, on s'aperçoit que les différentes méthodes donnent des débits significativement différents. Il paraît donc important de caler les paramètres utilisés dans les différentes méthodes avant d'estimer le débit centennal.

6 Avancement et suite de l'étude

Les étapes de l'étude qui ont été réalisées sont :

- La construction du modèle hydrologique du ru de Brasles ;
- L'évaluation du débit décennal du ru de Brasles grâce au modèle hydrologique dont les paramètres ont été estimés de manière empirique ;
- La détermination par des méthodes empiriques des débits décennaux pour le ru de brasles et le ru de Bascon (Ganache) ;
- Les enquêtes de terrain permettant de reconstituer les zones inondées lors des événements historiques, notamment :
 - L'événement de septembre 1987 pour le ru de Brasles ;
 - L'événement de juin 2009 pour le ru de Bascon (Ganache).

En l'absence de limnimètre sur le ru de Brasles et le ru de Bascon (Ganache), il n'est pas possible de caler les paramètres du modèle hydrologique à partir de mesure de débit. Or, un modèle hydrologique non calé est peu fiable. Afin de résoudre ce problème nous proposons d'appliquer la méthodologie suivante :

- Récupération des données topographiques pour les ru de Brasles et ru de Bascon (Ganache) ;
- Construction du modèle hydraulique ;
- Reconstitution numérique (grâce au modèle hydraulique) des zones inondées lors des événements historiques. Cette reconstitution permettra d'en déduire les débits de pointes au cours des événements historiques ;
- Calage du modèle hydrologique grâce aux débits de pointes et aux pluies au cours des événements historiques ;
- On fait l'hypothèse que la période de retour des pluie est égale à la période de retour des débits. On utilise les pluies de projet décennales et centennales et le modèle hydrologique calé pour estimer le débit centennal et le débit décennal ;
- Utilisation du modèle hydraulique et des débits décennaux et centennaux afin de cartographier les hauteurs les vitesses et de l'aléa.

Ces différentes étapes sont récapitulées par la Figure 7.

Nous sommes actuellement dans l'attente des données topographiques qui se situent à l'amont des étapes permettant la production de la cartographie de l'aléa.

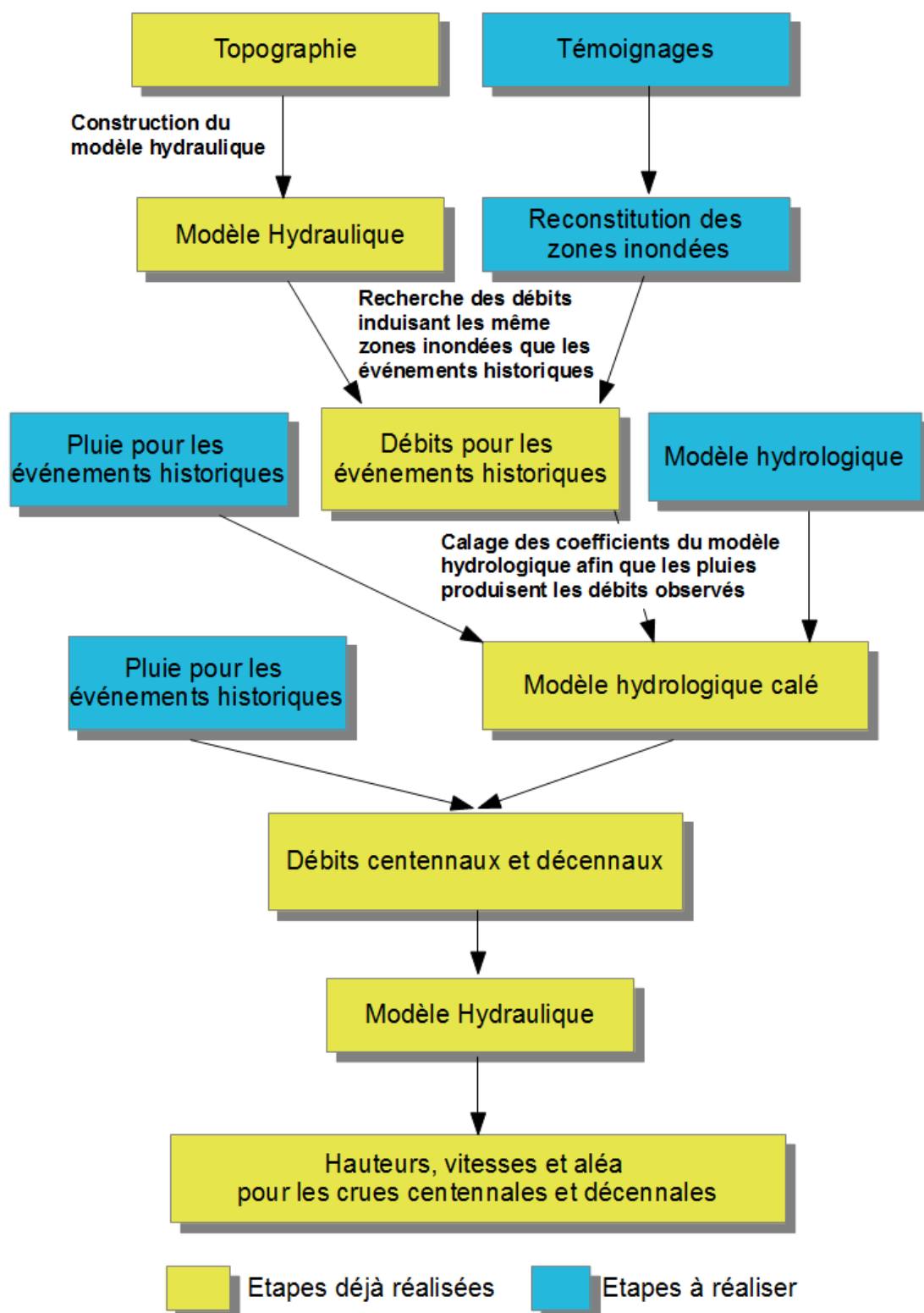


Figure 7 : Les différentes étapes permettant la cartographie de l' aléa.