

# Etude du ruissellement pluvial sur les zones à urbaniser de la CAV



Année : 2011

Auteur : J. Chicaud

## Sommaire

1. Préambule.....	3
2. Choix des zones d'étude.....	3
3. La méthodologie.....	4
3.1 Inventaire de la microtopographie.....	4
3.2 Calcul des débits de ruissellement d'un bassin versant.....	4
La méthode de Caquot.....	4
La méthode rationnelle.....	6
3.3 Calcul de la capacité des caractéristiques du terrain à recueillir les eaux de ruissellements	7
4. Résultats .....	8
4.1 Zone de Vaivre et Montoille .....	8
4.2 Zone de Noidans-les-Vesoul .....	9
4.3 Zone de Villeparois .....	9
5. Limites de la méthode .....	10
Glossaire.....	11
Bibliographie.....	11

## Table des annexes

Annexe n°1 : Carte des zones étudiées.....	12
Annexe n°2 : Coefficients de Montana .....	13
Annexe n°3 : Tableau des coefficients de ruissellement moyens .....	14
Annexe n°4 : Cartographie du bassin versant de la zone de Vaivre-Montoille .....	15
Annexe n°5 : Données et résultats pour la zone de Vaivre et Montoille .....	16
Annexe n°6 : Cartographie du bassin versant de la zone de Noidans-les-Vesoul.....	17
Annexe n°7 : Données et résultats pour la zone de Noidans-les-Vesoul .....	18
Annexe n°8 : Cartographie du bassin versant de la zone de Villeparois.....	19
Annexe n°9 : Données et résultats pour la zone de Villeparois .....	20

# 1. Préambule

L'inondation par ruissellement pluvial est provoquée par « les seules précipitations tombant sur l'agglomération, et/ou sur des bassins périphériques naturels ou ruraux, dont les ruissellements empruntent un réseau hydrographique naturel (ou artificiel) ».

Ce type d'inondation est caractérisé par sa localisation dans l'espace et dans le temps. Elle surgit lors de phénomènes pluvieux d'intensité exceptionnelle ou un orage. Elle peut représenter un danger pour l'homme et son environnement.

Cependant, ces ruissellements peuvent être accentués par certaines caractéristiques du bassin versant :

- Superficie : plus le bassin est vaste, plus le volume de ruissellement est important.
- Pente : plus les pentes sont fortes, plus les vitesses d'écoulements seront élevées.
- Les axes d'écoulement naturels (Talwegs,...) et artificiels (fossé, drain,...).
- Le couvert végétal des bassins : un sol peu végétalisé favorisera le ruissellement des eaux.
- Imperméabilisation du sol induisant le ruissellement immédiat de l'eau de pluie.
- La nature du sol et son état, et notamment la saturation des sols et la battance. Le ruissellement varie en fonction notamment de sa perméabilité et de sa capacité d'infiltration.
- Types de culture (cultures sarclées,...) et présence de haie.
- Techniques culturales (drainage, sens de labour).

Le Plan Local d'Urbanisme (PLU) peut édicter des mesures particulières liées à la maîtrise des ruissellements et des risques d'inondation conformément au Code Générale des Collectivités Territoriales (Article L.2224-10).

## 2. Choix des zones d'étude (Voir annexe n°1)

L'objectif de l'étude est d'évaluer le risque lié au ruissellement pluvial sur certaines zones vulnérables. Une première étude réalisée par la Direction Départemental des Territoires de Haute-Saône (DDT) en association avec la Communauté de Communes de l'Agglomération de Vesoul a cartographié des zones de concentration d'écoulements indépendamment de toutes les considérations relatives au sol, à l'occupation du sol et aux phénomènes climatiques locaux. A partir de cette cartographie, une sélection de zones potentiellement urbanisables répondant à des risques de ruissellement a été mise en place, soit 16 zones réparties sur 10 communes.

Cependant, seules certaines zones seront retenues pour l'étude approfondie, selon les caractéristiques liées :

- Aux études en cours, les zones de Colombier et d'Echenoz-la-Méline faisant l'objet d'une étude réalisée par le SMETA, elles ne sont pas prises en compte dans l'étude.
- A la vulnérabilité. Seules les zones correspondant à des zones à urbaniser de type 1 (1AU) sont étudiées prioritairement (Vaivre et Montoille, Noidans-les-Vesoul, Navenne, Quincey, Comberjon, Villeparois, Mont-le-Vernois, Chariez, Montigny).
- A la topographie et l'occupation du sol, variables qui influencent les risques de ruissellements. Les zones de Montigny, Quincey, Navenne, Chariez, Mont-le-Vernois et Comberjon ne présentant pas une topographie (petit bassin versant et pente faible) et une occupation du sol (dominance de pâturage et de forêt) favorables au ruissellement, seront donc étudiées ultérieurement.

Notre étude portera donc sur trois zones situées dans les communes de Villeparois, Vaivre-et-Montoille, Noidans-les-Vesoul qui répondent aux caractéristiques vues au préalable, puisqu'elles présentent une topographie favorable aux ruissellements (pente élevée, surface de bassin versant importante) et elles se situent dans des zones à urbaniser de type 1.

### **3. La méthodologie**

Pour répondre à cette problématique, deux approches seront prises en compte :

- Cartographie de la microtopographie ce qui correspond à inventorier les aménagements humains (drains,...), et les éléments naturels influençant le ruissellement de l'eau.
- Calcul des débits de ruissellement des bassins versants à l'exutoire, sachant que l'exutoire pris en compte se situe dans la zone à urbaniser ciblée par l'étude.

#### **3.1 Inventaire de la microtopographie**

Cette inventaire s'effectue sur le terrain en localisant les aménagements sur une carte IGN de 2008 de la zone au 1/5 000<sup>ème</sup>. Les aménagements humains potentiellement à localiser sont : les routes et sentiers, les drains, les fossés et les talwegs. Les éléments naturels recensés sont liés à la microtopographie en elle-même (dépression, cuvettes, fossé,...).

A partir de cet inventaire, une carte présentant les zones d'accumulation d'eau et les chemins préférentiels de l'eau seront schématisés. Cet inventaire permet aussi de délimiter le bassin versant de la zone d'étude en prenant en compte la zone à urbaniser comme exutoire.

#### **3.2 Calcul des débits de ruissellement d'un bassin versant**

Pour calculer les débits, trois méthodes sont utilisées :

- La méthode de Caquot utilisée pour les bassins versants urbanisés ayant une surface inférieure à 50 hectares, un coefficient de ruissellement supérieur à 0.20, un débit maximum inférieur à 200 l/s, et une pente comprise entre 0.002 et 0.05 en m/m.
- La méthode rationnelle et la méthode SOCOSE pour des bassins versants (inférieur à 200 km<sup>2</sup>) à dominante rural. Les deux méthodes seront utilisées et comparées.

Les débits seront calculés en fonction des deux types d'évènements pluvieux qui correspondent à la pluie décennale et à la pluie centennale.

#### **La méthode de Caquot**

Cette méthode est définie dans l'Instruction Technique interministérielle de 1977, et elle est utilisée pour estimer les débits de pointe de bassins versants urbanisés en utilisant des données pluviométriques locales.

Le débit de pointe est défini par la relation suivante :

$$QIX_{\text{brut}} = K^{1/u} * I^{v/u} * C^{1/u} * A^{w/u}$$

QIX : débit instantané maximal brut (m<sup>3</sup>/s)

I : pente moyenne du bassin versant (mètre/mètre)

L : longueur du chemin hydraulique le plus long depuis l'exutoire (hm)

I<sub>k</sub> : pente sensiblement constante du tronçon L<sub>k</sub> (mètre/mètre)

C : coefficient de ruissellement défini comme le rapport de la surface imperméabilisée sur la surface totale.

A : Superficie du bassin versant (ha).

Les coefficients K, u, v et w, ont été définis nationalement pour chaque période de retour et pour chacune des trois régions pluviométriques homogènes. La région Haute-Saône est en région I. Ils ont été calculés à partir des relations ci-dessous, en fonction des coefficients a(T) et b(T) de Montana définis à partir des distributions des pluies maximales de 5mm à 120mm de chaque région pluviométrique homogène.

$$K = 0.5 - b(T)a(T)/6.6$$

$$U = 1 - 0.287b(T)$$

$$V = 0.41b(T)$$

$$W = 0.95 - 0.507b(T)$$

Le poste pluviométrique local pris en compte est le poste de Luxeuil (pluies de durée de 15 minutes à 6 heures) avec (voir Annexe n°2) :

<b>T (ans)</b>	<b>10</b>	<b>100</b>
<b>a</b>	9.37	11.266
<b>b</b>	0.75	0.688

Tableau 1 : Coefficient de Montana de Luxeuil

Définition des variables :

Surface (A) : surface drainée en amont du point où l'on effectue le calcul de débit de pointe.

Pente moyenne I du bassin versant : la pente moyenne Pt est le rapport entre la hauteur du dénivelé y et la projection x de la distance parcourue d soit : Pt = y / x. Pour faire cette mesure, la BDAlti sera utilisée avec une courbe de niveau tous les 5 mètres. Des transects seront donc tracés pour chaque chemin de cours d'eau potentielle, et la moyenne des pentes sera calculée. La pente est calculée à partir du chemin hydraulique le plus long.

Le coefficient de ruissellement (C) : pour cette variable, les coefficients de référence seront utilisés. (Voir annexe n°3)

Remarque :

Calcul du temps de concentration

$$Tc = 0.50m^{-(1-0.287b)/b} * I^{-0.41} * A^{(0.507)} * Q(F)^{-0.287}$$

Tc : temps de concentration (mn)

M=1

B : paramètre de Montana de la loi Id(F) : Intensité des pluies-durées

I : pente moyenne du bassin (m/m)

A : surface du bassin (ha)

Q(F) : débit (m<sup>3</sup>/s) instantanée de fréquence donnée

## La méthode rationnelle

Cette méthode est une méthode simplifiée permettant le calcul du débit maximum à l'exutoire d'un bassin versant soumis à une précipitation donnée.

Elle admet trois hypothèses :

- Le débit de pointe ne peut être observé que si l'averse a une durée égale au temps de concentration. Elle ne prend pas en compte les interactions pluies-sol.
- Le débit de pointe est proportionnel à l'intensité moyenne maximale de l'averse déterminée avec un intervalle de temps égal au temps de concentration.
- Le coefficient de ruissellement est constant ce qui suppose l'homogénéité de la nature des surfaces réceptrices.

Avec cette méthode le débit de pointe est :

$$QIX: K * C * It * S$$

Avec

QIX : débit instantané maximal (m<sup>3</sup>/s)

K : constante pour homogénéiser les unités (1/3.6)

C : coefficient de ruissellement

It : intensité de la pluie à durée égale au temps de concentration (mm/h)

S : superficie du bassin versant (km<sup>2</sup>)

### Calcul de l'intensité de la pluie à durée égale au temps de concentration :

Ce calcul s'effectue à l'aide de la formule de Montana :

$$It = (a * tc^{-b}) * 60$$

a et b sont les coefficients de Montana

Tc est le temps de concentration en minutes.

### Calcul temps de concentration :

Le temps de concentration est égal à la somme du temps de ruissellement superficiel ts et du temps d'écoulement en réseau tr, soit :

$$tc = ts + tr$$

Ts est évalué de façon forfaitaire et varie de 5 à 15 minutes. Pour notre étude, la valeur de 15 minutes sera retenue.

Pour calculer tr j'utilise la formule :

$$Tr = 0.000325 * L^{0.77} / S^{0.385}$$

Avec L : longueur du chemin hydraulique le plus long depuis l'exutoire (m)

Et S la pente (m/m)

La difficulté de la méthode réside dans l'estimation du temps de concentration (tc). De plus, cette méthode ne prend pas en compte la distribution spatiale des précipitations et l'effet de stockage de l'eau dans le bassin versant.

### 3.3 Calcul de la capacité des caractéristiques du terrain à recueillir les eaux de ruissellements

Afin de déterminer s'il y a un risque lié aux ruissellements sur les zones à urbaniser, une comparaison entre le débit de ruissellement obtenu et la capacité du terrain (c'est-à-dire tout les éléments capables de drainer les eaux de ruissellements tels que les talwegs, les fossés, les routes, le réseau d'eau pluvial...) sur le bassin versant sera réalisée. Pour simplifier, ces éléments drainants seront identifiés comme réseau.

Pour calculer la capacité du réseau à évacuer les écoulements superficiels j'utiliserai la formule de Strickler pour déterminer le débit dans la canalisation (fossé anthropique, talweg,...) :

$$Q = K * S * R^{2/3} * I^{1/2}$$

Q : débit moyen de la canalisation (m<sup>3</sup>/s)

S : surface mouillée (m<sup>2</sup>)

R : rayon hydraulique égale à S/P où P est le périmètre mouillé

I : pente (%)

K : coefficient de STRICKLER mesurant la rugosité de fond

	<b>Caractéristiques</b>	<b>K</b>
Parois très lisses	Revêtements en mortier de ciment et sable	100 - 90
	Mortier lissé	85
Paroi lisses	Enduit ordinaire, grès	80
	Béton lisse	75
	Maçonnerie ordinaire	70
Parois rugueuses Paroi très rugueuses	Terre irrégulière	60
	Terre très irrégulière avec des herbes	50
	Terre en mauvais état	40
	Terre complètement à l'abandon	20-15

Tableau 2 : Coefficient de Strickler

Ces calculs ont été réalisés à l'aide du logiciel ODUC 6.1.

Remarque : Pour le calcul du diamètre d'un fossé permettant l'utilisation du logiciel ODUC, la surface mouillée du fossé est calculée et cette surface est associée à un diamètre de canalisation.

## 4. Résultats

<b>Débit de pointe de ruissellement pluviale (en m<sup>3</sup>/s)</b>				
		Bassin versant		
Méthode	Pluie	1 AU Vaivre	1 AU Noidans	1 AU Villeparois
Rationnelle	Décennale	0,413	0,252	0,251
	Centennale	0,605	0,365	0,413
SOCOSE	Décennale	-	-	-
	Centennale	-	-	-

<b>Capacité du réseau (en m<sup>3</sup>/s)</b>				
		Bassin versant		
Méthode	Type de réseau	1 AU Vaivre	1 AU Noidans	1 AU Villeparois
Manning Strickler	Fossé amont	1,54	1,486	-
	Fossé aval	1,334	0,943	-
	Buse 1	-	0,823	-
	Buse 2	-	0,163	-
	Buse 3	-	0	-
	Réseau d'eau pluvial	-	-	0,163

<b>Rejet d'eau pluvial zone urbanisé (en m<sup>3</sup>/s)</b>		
Méthode Caquot	1 AU Villeparois	0,178

Tableau 3 : Tableau des résultats pour les trois zones

### 4.1 Zone de Vaivre et Montoille (voir annexes n°4 et 5)

Le bassin versant de la zone de Vaivre et Montoille est délimité essentiellement par une route bordée de fossés et par la topographie. Il se situe plutôt en haut de pente d'où une superficie faible : 36 hectare. La pente calculée à partir des courbes de niveaux est de 0.105 m/m (soit 10.5 %) et l'occupation du sol est essentiellement du pâturage et de la forêt, d'où un coefficient de ruissellement de 0.08 (sols argileux).

Avec la méthode rationnelle le débit obtenu est de 0.413 m<sup>3</sup>/s (soit 413.6 l/s) pour une pluie décennale est de 0.605 m<sup>3</sup>/s pour une pluie centennale.

Les résultats obtenus sont de 1.54 m<sup>3</sup>/s pour le fossé se situant à l'amont de la zone à urbaniser (fossé n°1), et de 1.334 m<sup>3</sup>/s pour les deux fossés de la route longeant la zone à urbaniser (fossés n°2). Ce qui signifie que pour une pluie décennale et centennale, les fossés ont la capacité de récupérer les eaux de ruissellement provenant du bassin versant.



Cependant, une faible partie de ces ruissellements peut atteindre la zone à urbaniser puisque non recueillie par les fossés du fait de la topographie du bassin versant.

Pour que l'écoulement des eaux de ruissellement s'effectue correctement dans les fossés, il est nécessaire de les curer et de les faucher régulièrement afin qu'ils ne soient pas obstrués par des éléments empêchant le bon écoulement des eaux (embâcle,...). Ceci pouvant entraîner un risque de ruissellement sur les zones urbanisées.

#### 4.2 Zone de Noidans-les-Vesoul (voir annexes n°6 et n°7)

Le bassin versant de la zone de Noidans-les-Vesoul a une superficie de 19 hectares et une pente moyenne de 18.1%. L'occupation du sol est essentiellement du pâturage et de la forêt. Ce bassin versant est délimité par une route longée par un fossé et par la topographie.

Les débits de ruissellements obtenus à l'aide de la méthode rationnelle pour cette zone sont de 0.252 m<sup>3</sup>/s pour une pluie décennale et de 0.365 m<sup>3</sup>/s pour une pluie centennale.

Le fossé bordant la route est découpé en deux tronçons ayant des pentes différentes : le premier tronçon (fossé n°1) a un débit de 1.486 m<sup>3</sup>/s du fait de la pente évaluée à 14%, et le deuxième tronçon (fossé n°2) a un débit de 0.943 m<sup>3</sup>/s avec une pente plus faible de 6%. Les débits obtenus pour ces deux fossés étant inférieurs aux débits de ruissellements du bassin versant pour une pluie décennale et centennale, le fossé a la capacité de recueillir les eaux pluviales du bassin versant. Ensuite, même si le débit du premier tronçon est supérieur à celui du deuxième tronçon, cela n'a normalement pas d'effet sur l'écoulement des eaux de ruissellement car la capacité du deuxième tronçon est plus de deux fois supérieure au débit de ruissellement calculé.

Cependant, ce fossé est busé à trois reprises :

- > La troisième buse est complètement obstruée ce qui ne permet pas le bon écoulement des eaux pluviales ; entraînant le débordement du fossé et un risque de ruissellement sur la zone aval.
- > La deuxième buse est obstruée à 50% de sa capacité entraînant un débit de 0.163 m<sup>3</sup>/s. Ceci peut entraîner le débordement des eaux pluviales sur la route et le ruissellement sur la zone à urbaniser.
- > La première buse a un débit 0.943 m<sup>3</sup>/s, ce qui permet l'évacuation des eaux pluviales dans le talweg de la zone à urbaniser pour une pluie décennale et centennale.

Le talweg présent sur la zone à urbaniser doit être maintenu et il doit pouvoir accueillir la totalité des eaux de ruissellements pluviaux provenant du bassin versant.

Les préconisations pour cette zone sont le curage et le fauchage du fossé pour permettre le bon écoulement des eaux pluviales ainsi que le curage des buses et le maintien du talweg dans la zone à urbaniser. Si ces préconisations ne sont pas respectées, les capacités des réseaux calculées ne correspondent plus. Il peut donc y avoir un risque de ruissellement sur la zone à urbaniser.

#### 4.3 Zone de Villeparois (voir annexes n°8 et n°9)

Le bassin versant de la zone de Villeparois a une surface de 20 hectares, et une pente moyenne de 12%. L'occupation du sol est de la forêt et de la culture, d'où un coefficient de ruissellement égal à 0.09. La délimitation de ce bassin versant est réalisée essentiellement à partir de la topographie.

Les débits de ruissellements obtenus pour cette zone sont de  $0.251 \text{ m}^3/\text{s}$  pour une pluie décennale et de  $0.413 \text{ m}^3/\text{s}$  pour une pluie centennale.

L'absence de fossé sur cette zone entraîne un ruissellement des eaux pluviales dans la zone urbanisée. La présence d'une haie peu large et un labour dans le sens contraire de la pente ne suffit pas à limiter le ruissellement, il permet juste de limiter sa vitesse. De plus, le réseau d'eau pluvial existant de cette zone, calculé par la méthode Caquot a une capacité de  $0.16 \text{ m}^3/\text{s}$ . Le rejet d'eau pluviale pour une pluie décennale est évalué à  $178 \text{ m}^3/\text{s}$ , le réseau est sous-dimensionné en ne prenant en compte que les rejets d'eaux pluviales du lotissement. Ce qui signifie que les eaux de ruissellements des eaux pluviales arrivant sur la zone urbaniser ne sont pas recueillie par le réseau d'eau pluviale. Il y a donc risque de ruissellement à l'aval de la zone urbanisée considérée.

## **5. Limites de la méthode**

La méthode utilisée n'est pas exhaustive, elle permet juste d'estimer de manière approximative les débits liés au ruissellement de bassin versant naturel. En effet, les données pluviométriques utilisées ne correspondent pas à une réalité climatique très claire, la variabilité climatique peut être très grande à des échelles de quelques kilomètres. Les résultats obtenus doivent donc être utilisés à titre indicatif. Pour avoir des informations plus précises il faudrait réaliser une étude hydrologique complète avec la méthode RISK PHOR par exemple. Cependant, je ne suis pas en mesure de faire cette étude par manque d'outils (logiciel de modélisation) et par manque de données (pédologique notamment).

## Glossaire

**Bassin Versant** : un territoire de taille quelconque considéré au regard des phénomènes hydrologiques, tel que toute l'eau ruisselée sur sa surface s'écoule vers un point unique : l'exutoire du bassin versant.

**Battance** : traduit la sensibilité des sols à la fermeture de la porosité, formant une croûte superficielle qui colmate la surface du sol et réduit l'infiltration des précipitations

**Coefficient de ruissellement** : rapport entre le volume ruisselé à l'exutoire et le volume précipité sur le bassin versant.

**Exutoire** : sortie gravitaire émergée ou non des eaux d'un bassin versant, d'un plan d'eau.

**Réseau hydrographique** : ensembles des rivières et autres cours d'eau permanents ou temporaires, ainsi que des lacs et des réservoirs, qui participent à l'écoulement dans une région donnée. Le réseau est sous l'influence de plusieurs facteurs tels que sa géologie, le climat, la pente et le degré d'urbanisation.

**Temps de concentration** : temps mis par l'eau pour parcourir la distance entre le point le plus éloigné de l'exutoire et ce dernier.

**Transect** : ligne virtuelle ou physique que l'on met en place pour étudier un phénomène où l'on comptera les occurrences.

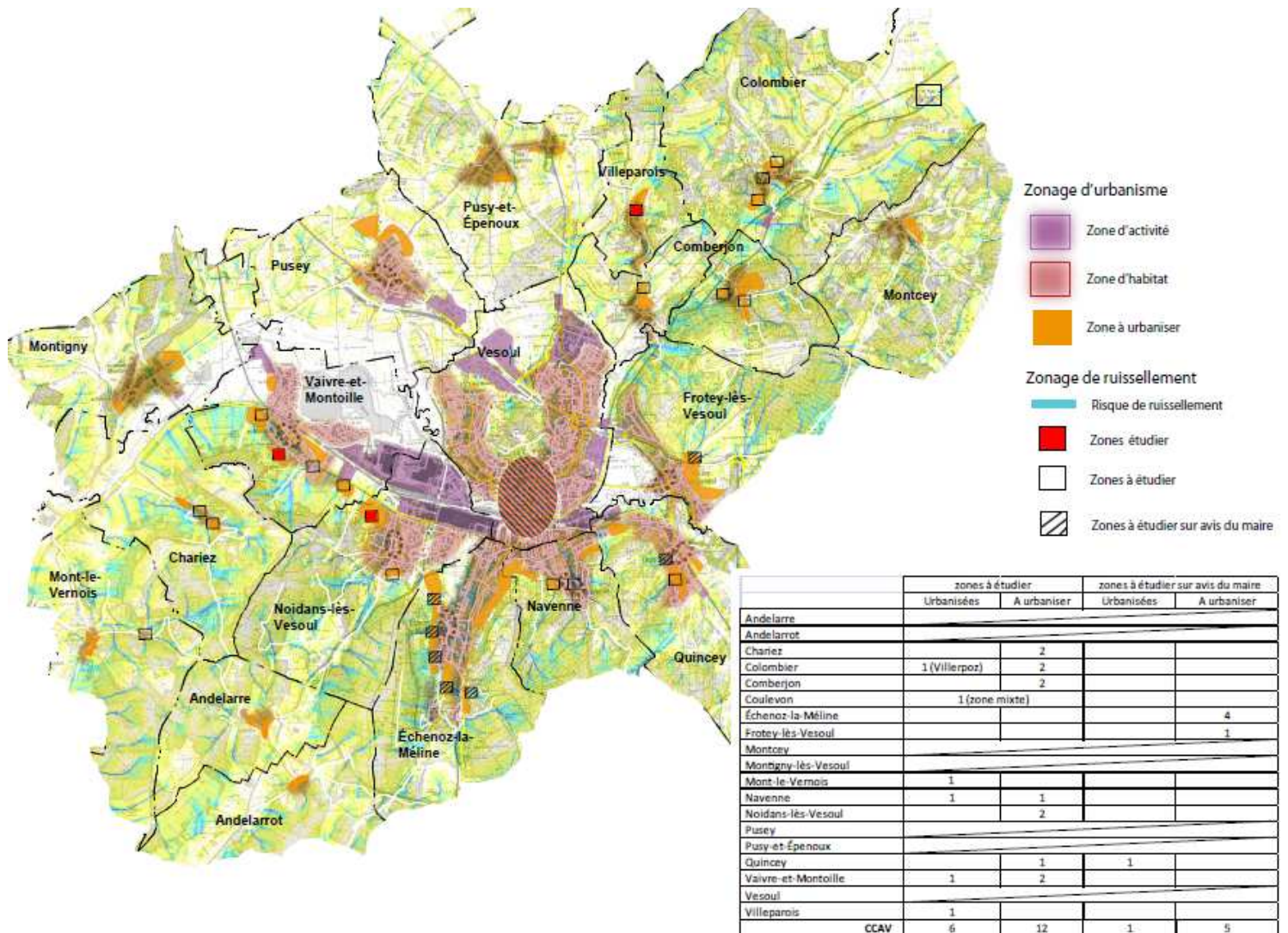
## Bibliographie

Galéa G., Ramez P., *Maitrise du ruissellement et de l'érosion en vignoble de coteau. Guide à l'usage des aménageurs*, 1995, Cemagref

*Les collectivités locales et le ruissellement pluvial, Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables*, 2006.

Office International de l'Eau, *les modèles hydrologiques*, 2000

## Annexe n°1 : Carte des zones étudiées



# Annexe n°2 : Coefficients de Montana



## COEFFICIENTS DE MONTANA Formule des hauteurs – Méthode du renouvellement

Statistiques sur la période 1970 – 2006

**LUXEUIL (70)**

Indicatif : 70473001, alt : 271 m., lat : 47°47'12"N, lon : 06°21'48"E

La formule de Montana permet, de manière théorique, de relier une quantité de pluie  $h(t)$  recueillie au cours d'un épisode pluvieux avec sa durée  $t$  :

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

Les quantités de pluie  $h(t)$  s'expriment en millimètres et les durées  $t$  en minutes.  
Les coefficients de Montana ( $a, b$ ) sont calculés par un ajustement statistique entre les durées et les quantités de pluie ayant une durée de retour donnée.

Cet ajustement est réalisé à partir des pas de temps (durées) disponibles entre 15 minutes et 6 heures.  
Pour ces pas de temps, la taille de l'échantillon est au minimum de 28 années.

### Coefficients de Montana pour des pluies de durée de 15 minutes à 6 heures

Durée de retour	a	b
5 ans	8.061	0.753
10 ans	9.37	0.75
20 ans	10.26	0.737
30 ans	10.687	0.728
50 ans	11.039	0.712
100 ans	11.266	0.688

Page 1/1

Edité le : 17/01/2008

N.B. : La vente, redistribution ou rediffusion des informations reçues,  
en l'état ou sous forme de produits dérivés, est strictement interdite sans l'accord de METEO-FRANCE

Direction de la Production  
42 avenue Gustave Coriolis 31057 Toulouse Cedex  
Fax : 05 61 07 80 79 – Email : climattheque@meteo.fr

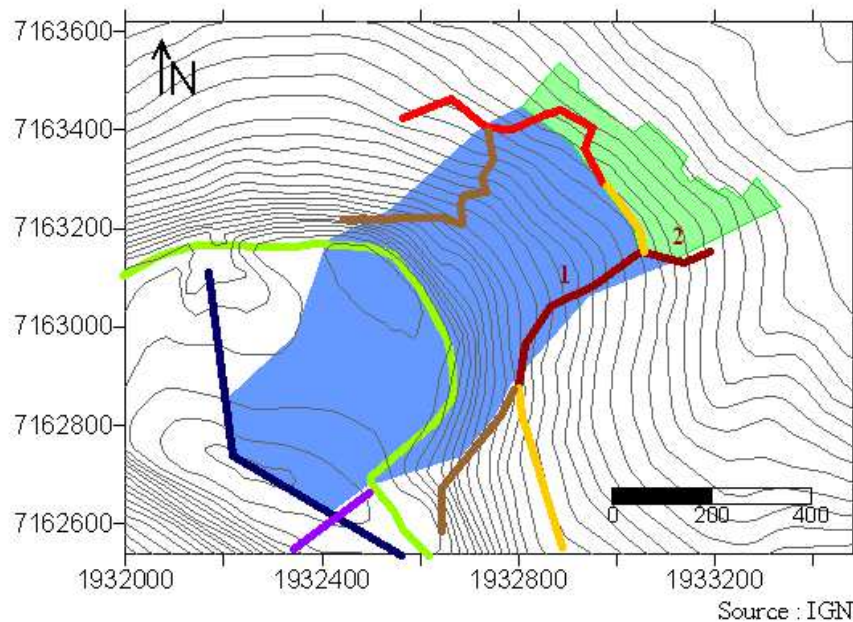
## Annexe n°3 : Tableau des coefficients de ruissellement moyens

Désignation des zones	Nature du sol		
	Leger	Moyen	Lourd
Zone aggloméré, centre ville (160 logts/ha)	0,85	0,9	0,9
Secteur diffus, 110-150 logts (110 -150 logts/ha)	0,75	0,8	0,8
Banlieue de métropole (60-100 logts/ha)	0,5	0,55	0,6
Banlieue éloignée (40-80 logts/ha)	0,4	0,45	0,5
Zone pavillonnaire (20-30 logts/ha)	0,3	0,35	0,4
zone résidentielle (16-40 logts/ha)	0,25	0,35	0,4
Zone pavillonnaire grand standing (15 -20 logts/ha)	0,2	0,3	0,35
village rural traditionnelle	0,15	0,2	0,25
zone d'habitat très faible densité	0,08	0,1	0,15
zone d'habitat très ancien	0,4	0,5	0,6
Zone industrielle et artisanale	0,4	0,5	0,7
Zone industrielle lourde	0,6	0,7	0,8
Zone portuaire		0,8	
Gare routière et entrepôt	0,75	0,8	0,85
Centre hôtelier et commercial	0,65	0,7	0,8
Terrain de sport, terrain de jeux	0,2	0,3	0,35
Aérodrome et terrain militaire	0,15	0,3	0,45
Cimetière	0,3	0,4	0,5
Emprise autoroute	0,5	0,6	0,65
Emprise voie urbaine rapide		0,8	0,9
emprise échangeurs et carrefour	0,4	0,5	0,6
Chaussées et parkings		0,8	
Espace vert, zone de loisir	0,1	0,15	0,25
Zone boisée urbaine	0,05	0,1	0,15
Forêt, bois et landes	0,01	0,04	0,08
Terrains de culture	0,06	0,08	0,1
Prés et pâturage	0,05	0,07	0,08
Carrières	0,2		0,5
Terrains nus	0,04	0,15	0,3

# Annexe n°4 : Cartographie du bassin versant de la zone de Vaivre-Montoille

## Cartographie des aménagements humains et de la topographie du bassin versant de la zone de Vaivre-Montoille

Auteur : J. Chicaud



### Légende

#### Zone d'étude

- Zone à urbaniser
- Limite communale
- Bassin versant

#### Topographie

- BDalti
- Ligne de crête

#### Aménagements humains

- Ligne de retranchement
- Route avec fossés
- Route goudronnée
- Route en terre battue
- Sentier
- 1 Numéros de fossés

**Annexe n°5 : Données et résultats**  
**pour la zone de Vaivre et Montoille**

<b>Débit de pointe de ruissellement pluviale (en m3/s)</b>		
	Pluie décennale	Pluie centennale
<b>Calcul débit de pointe (m3/s)</b>	0,41	0,61
Surface (km <sup>2</sup> )	0,36	0,36
Coef de ruissellement	0,08	0,08
I <sub>max</sub>	51,66	75,67
K	0,28	0,28
<b>Calcul de l'It</b>		
	51,66	75,67
a	9,37	11,27
t <sub>c</sub>	24,11	24,11
b	0,75	0,69
<b>Calcul temps de concentration (min)</b>		
	24,11	24,11
t <sub>s</sub>	15,00	15,00
t <sub>r</sub>	9,11	9,11
Longueur du chemin hydraulique (m)	950,00	950,00
Pente (m/m)	0,11	0,11

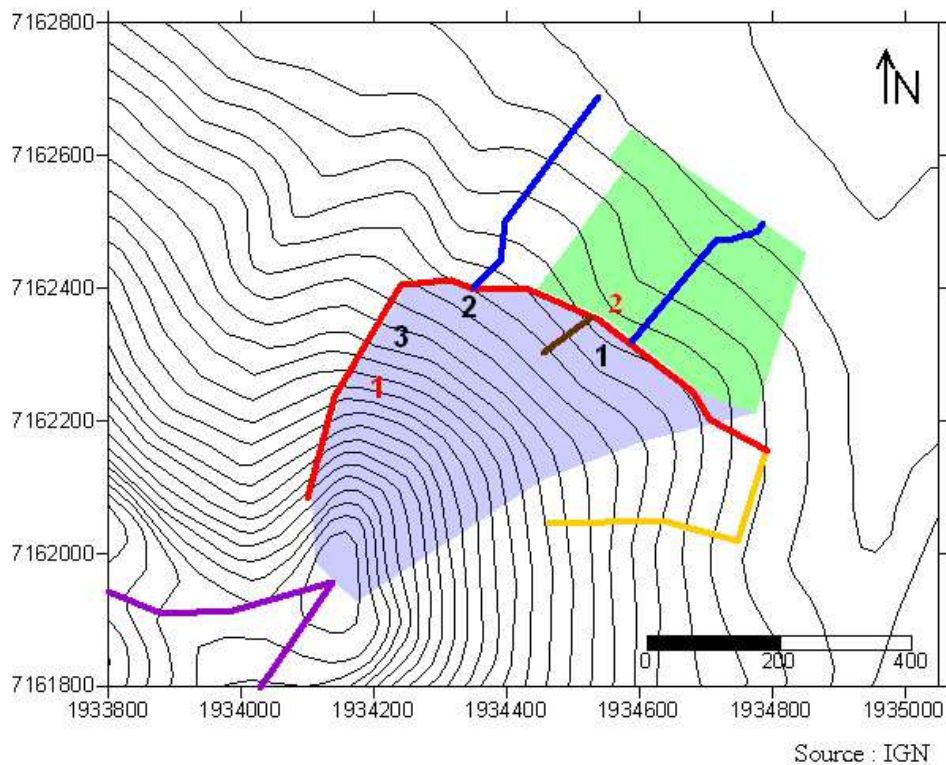
<b>Capacité du réseau (en m3/s)</b>		
	Fossé amont	Fossé aval
<b>Calcul du débit de pointe (m3/s)</b>	1,55	1,33
Pente (mm/m)	160	120
Surface mouillée (m <sup>2</sup> )	0,28	0,28
Coefficient de Manning Strickler	50	50



# Annexe n°6 : Cartographie du bassin versant de la zone de Noidans-les-Vesoul

## Cartographie des aménagements humains et de la topographie du bassin versant de la zone de Noidans-les-Vesoul

Auteur : J. Chicaud



### Légende

#### Zone d'étude

- Zone à urbaniser
- Limite communale
- Bassin versant

#### Topographie

- BDalti
- Ligne de crête

#### Aménagements humains

- Route avec fossés
- Route goudronnée
- Sentier
- Talweg
- 1** Numéros des buses
- 1** Numéros des fossés

**Annexe n°7 : Données et résultats**  
**pour la zone de Noidans-les-Vesoul**

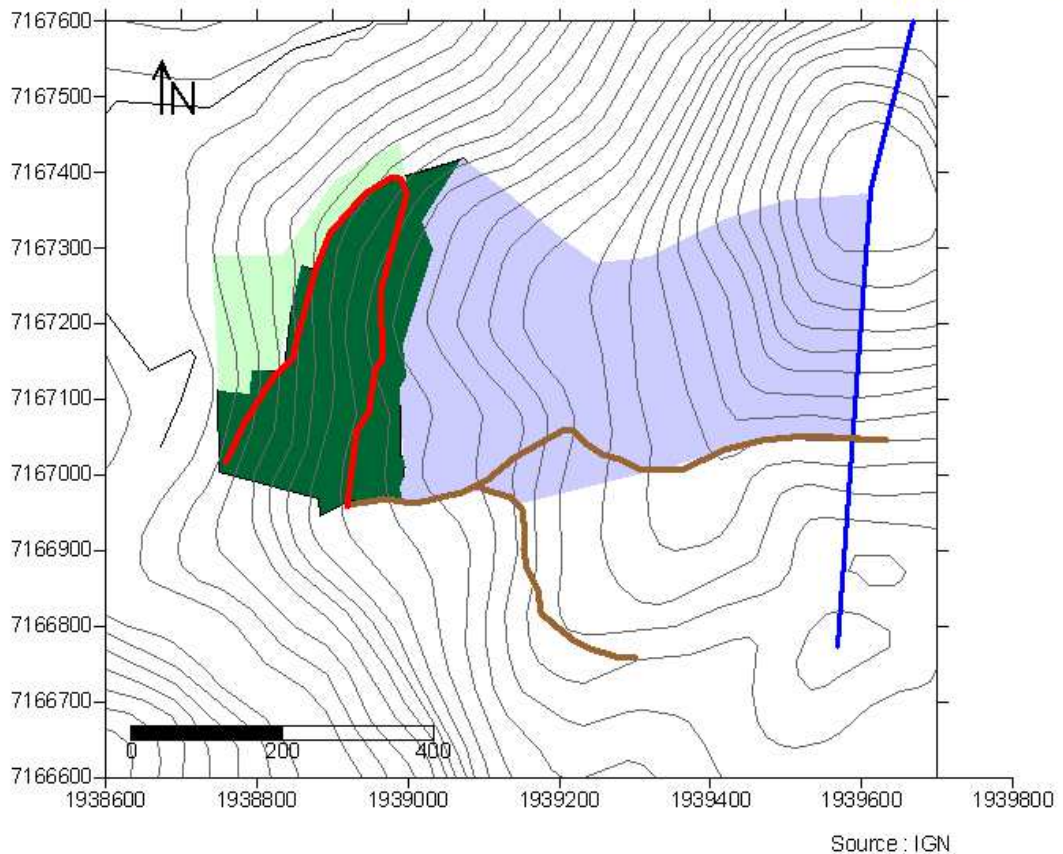
<b>Débit de pointe de ruissellement pluviale (en m3/s)</b>		
	Pluie décennale	Pluie centennale
<b>Calcul débit de pointe (m3/s)</b>	0,25	0,36
Surface (km <sup>2</sup> )	0,19	0,19
Coef de ruissellement	0,08	0,08
Imax	59,03	85,51
K	0,28	0,28
<b>Calcul de l'It</b>	59,03	85,51
a	9,37	11,27
tc	20,19	20,19
b	0,75	0,69
<b>Calcul temps de concentration (min)</b>	20,19	20,19
ts	15,00	15,00
tr	5,19	5,19
Longueur du chemin hydraulique (m)	600,00	600,00
Pente (m/m)	0,18	0,18

<b>Capacité du réseau (en m3/s)</b>					
	Fossé amont	Fossé aval	Buse 1	Buse 2	Buse 3
<b>Calcul du débit de pointe (m3/s)</b>	1,49	0,94	0,823	0,163	0
Pente (mm/m)	149	60	50	30	
Surface mouillée (m <sup>2</sup> )	0,28	0,28	0,275	0,275	
Coefficient de Manning Strickler	50	50	75	75	

# Annexe n°8 : Cartographie du bassin versant de la zone de Villeparois

## Cartographie des aménagements humains et de la topographie du bassin versant de la zone de Villeparois

Auteur : J. Chicaud



### Légende

#### Zone d'étude

- Zone à urbaniser
- Bassin versant
- Zone urbanisée

#### Topographie

- BDalti
- Ligne de crête

#### Aménagements humains

- Route
- Sentier

## Annexe n°9 : Données et résultats pour la zone de Villeparois

<b>Débit de pointe de ruissellement pluviale (en m3/s)</b>		
	Pluie décennale	Pluie centennale
<b>Calcul débit de pointe (m3/s)</b>	0,28	0,41
Surface (km <sup>2</sup> )	0,20	0,20
Coef de ruissellement	0,09	0,08
Imax	56,38	92,89
K	0,28	0,28
<b>Calcul de l'It</b>		
	56,38	92,89
a	9,37	11,27
tc	21,46	21,46
b	0,75	0,69
<b>Calcul temps de concentration (min)</b>		
	21,46	21,46
ts	15,00	15,00
tr	6,46	6,46
Longueur du chemin hydraulique (m)	650,00	650,00
Pente (m/m)	0,12	0,12

<b>Capacité du réseau (en m3/s)</b>	
	Réseau pluvial
<b>Calcul du débit de pointe (m3/s)</b>	0,16
Pente (mm/m)	30
Diamètre intérieur (mm)	300
Coefficient de Manning Strickler	75

<b>Rejet d'eau pluvial zone urbanisé (en m3/s)</b>	
Calcul du débit de pointe	0,18
Surface (hectare)	2,2
Pente (%)	3
Longueur du chemin hydraulique (m)	230
Coef de ruissellement	0,35