

A photograph of a narrow stream flowing through a dense forest. The water is calm, reflecting the surrounding green trees and foliage. The banks are rocky and covered with fallen leaves and branches.

# Rapport

## Etude de cartographie d'aléa sur les bassins versants du Maumont, du Clan et de la Pourette

Rapport d'hydrologie

Février 2019

C17LC0140

Rapport établi par : Yohann EVAIN

Vu et vérifié par : Jean-Michel SIGAUD

| Date       | Version | Commentaires                             |
|------------|---------|--|
| 15/02/2019 | v1      | Initiation du document                   |
| 17/12/2020 | V2      | Correction suite aux retours de la DDT19 |
|            |         |  |
|            |         |  |



## Récapitulatif de l'affaire

Client : Mme Marie-Christine MARTIN  
Direction départementale des territoires de Corrèze  
Service environnement, police de l'eau et risques  
Cité Administrative Jean Montalat  
Place Martial Brigouleix BP 314  
19011 - TULLE CEDEX

Objet de l'étude : Etude de cartographie d'aléa sur les bassins versants du Maumont, du Clan et de la Pourette - Rapport d'hydrologie

Résumé de la commande : Etude hydrologique et hydraulique sur les bassins versants du Clan, du Maumont et de la Pourette pour aboutir à une cartographie d'aléa.

Référence dossier : Affaire C17LC0140

Offre : Devis N° D17LC0140-1

Accord client :

Communicabilité : ☐ Libre (avec acceptation préalable du commanditaire dans le contrat)  
☐ Contrôlée (communiquée uniquement avec l'autorisation du commanditaire à posteriori)  
☐ Confidentielle (non référencée dans IsaWeb)

Chargé d'affaire : Yohann EVAIN –Département Laboratoire de Clermont-Ferrand –  
Tél. 04 73 42 11 25 / Fax +33 (0)4 73 42 10 01  
Courriel : yohann.evain@cerema.fr

Constitution de l'équipe : Yohann EVAIN, Jean-Michel SIGAUD, Claire FRAISSE

Mots Clés : Développement Durable, Ecologie, Risques naturels, Inondation, Hauteurs d'eau, Vitesses, Aléas, Pluies, Débits.

ISRN :

## Liste des destinataires

| Contact                    | Adresse   | Nombre - Type                    |
|----------------------------|---|----------------------------------|
| Mme Marie-Christine MARTIN | Direction départementale des territoires de Corrèze<br>Service environnement, police de l'eau et risques<br>Cité Administrative Jean Montalat<br>Place Martial Brigouleix BP 314<br>19011 - TULLE CEDEX | 1 ex papier<br>1 ex électronique |
|                            |   |                                  |
|                            |   |                                  |

Clermont-Ferrand, le

Pour la direction du Département Laboratoire de Clermont-Ferrand

# Sommaire

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1 -     | <a href="#">Contexte et objectifs de l'étude</a>  | 5  |
| 2 -     | <a href="#">Analyse des données disponibles et enquête de terrain</a>   | 7  |
| 2.1 -   | <a href="#">Les données disponibles</a>   | 7  |
| 2.2 -   | <a href="#">L'enquête de terrain</a>  | 8  |
| 3 -     | <a href="#">Étude hydrologique</a>  | 9  |
| 3.1 -   | <a href="#">Caractéristiques du Clan</a>  | 9  |
| 3.2 -   | <a href="#">Caractéristiques de la Pourette</a>   | 10 |
| 3.3 -   | <a href="#">Caractéristiques du Maumont</a>   | 10 |
| 3.4 -   | <a href="#">Définition du bassin versant utile à la modélisation hydraulique</a>  | 11 |
| 3.5 -   | <a href="#">Caractéristiques pluviométriques</a>  | 13 |
| 3.5.1 - | <a href="#">Pluie journalière de période de retour décennale (PJ10), trentennale (PJ30) et centennale (PJ100)</a>           | 13 |
| 3.5.2 - | <a href="#">Coefficients de Montana (a et b)</a>  | 14 |
| 3.5.3 - | <a href="#">Caractéristiques pluviométriques retenues</a>   | 15 |
| 3.6 -   | <a href="#">Temps de concentration</a>  | 15 |
| 3.7 -   | <a href="#">Estimation des débits caractéristiques de bassin versant ayant pour exutoire le début du modèle hydraulique</a> | 18 |
| 3.7.1 - | <a href="#">Débit décennal (Q10)</a>  | 18 |
| 3.7.2 - | <a href="#">Débit trentennal (Q30)</a>  | 23 |
| 3.7.3 - | <a href="#">Débit centennal Q100</a>  | 25 |
| 3.7.4 - | <a href="#">La crue de référence</a>  | 27 |
| 4 -     | <a href="#">Synthèse des données hydrologiques</a>  | 28 |



# 1 - Contexte et objectifs de l'étude

Dans le cadre de la mise à jour et de l'extension du Plan de Prévision des Risques Inondation (PPRI) de la Vézère, la Direction Départementale des Territoires de la Corrèze (DDT 19) a mandaté le Département Laboratoire de Clermont-Ferrand (DLCF) du Cerema pour qu'il réalise une étude ayant pour objectif d'établir une carte de l'aléa inondation sur le Maumont, le Clan et la Pourette au niveau des communes d'Ussac, de Donzenac et de St-Viance.

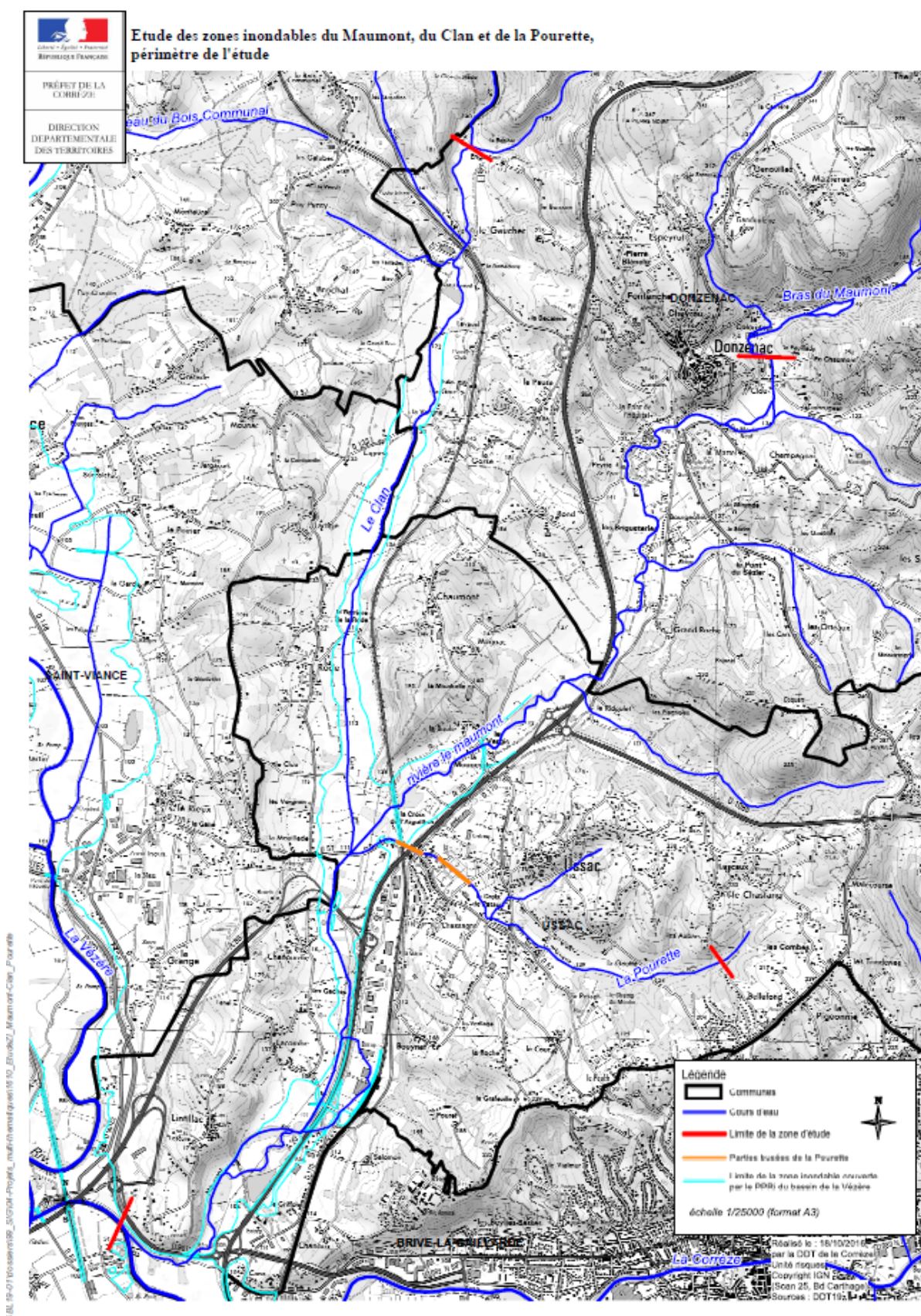
Le Clan et la Pourette sont des affluents du Maumont, lui-même affluent de la Corrèze. L'étude porte donc sur trois bassins versants d'assez grandes tailles qui convergent au niveau d'un point de triple confluence.

Le secteur hydrographique étudié débute pour le Clan, à l'amont de l'entreprise Actimétal Industrie, et descend en direction d'Ussac à travers des terrains essentiellement agricoles. En ce qui concerne la Pourette, tout son linéaire est pris en compte. Nous réalisons l'étude du Maumont depuis son passage sous la D133, à proximité de la Ludoferme sur la commune de Donzenac jusqu'à sa confluence avec la Corrèze (voir illustration 1).

L'étude est décomposée de la manière suivante :

- Prise de connaissance du contexte, analyse des données disponibles, recensement des inondations et enquête de terrain, définition des données nécessaires à la réalisation de l'étude ;
- Étude hydrologique visant à définir les débits de crue des trois cours d'eau pour des périodes de retour décennale, trentennale et pour la crue de référence, en l'occurrence les crues de 1960 pour le Maumont et 1963 pour le Clan. Cette étude hydrologique vise également à déterminer la crue de calage du modèle hydraulique ;
- Réalisation d'une campagne de levés topographiques et bathymétriques par un géomètre. Dans ce cadre, le laboratoire de Clermont-Ferrand réalise le cahier des clauses techniques particulières (CCTP) du marché ;
- Sur la base des données topographiques, bathymétriques et hydrographiques, réalisation d'un modèle hydraulique permettant de définir sur le secteur d'étude les conditions d'écoulement du Maumont, du Clan et de la Pourette ;
- Cartographie de l'aléa inondation sur les communes de Donzenac, Ussac et St-Viance pour des crues de périodes de retour décennale, trentennale et la crue de référence, basée sur la simulation des écoulements des trois cours d'eau.

**Ce rapport présente la partie hydrologie de l'étude.**



**Illustration 1: Carte de la zone d'étude**

## 2 - Analyse des données disponibles et enquête de terrain

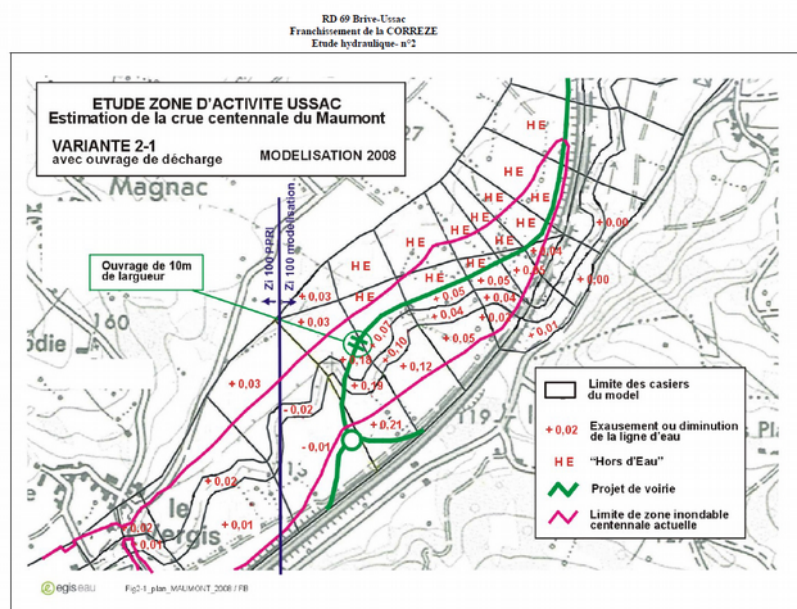
### 2.1 - Les données disponibles

En plus des crues de 1960 et 1963 qui ont concerné successivement le Maumont et le Clan, une nouvelle crue a eu lieu en juillet 2001. Les deux crues plus anciennes ont des périodes de retour estimées entre 100 et 120 ans. La crue de 2001 est plus réduite. Les données sur ces crues peuvent permettre d'établir un événement de référence supérieur à un événement d'occurrence centennale.

En 1997, la Direction Départementale des Territoires de Corrèze a fait appel à Sogreah pour déterminer les paramètres physiques des inondations du Clan et du Maumont. Sans utiliser de modèle hydraulique, cette étude a eu pour objectif d'estimer les débits des deux cours d'eau lors des crues de 1960 et 1963. La crue de 1960 du Maumont est ainsi estimée avec un débit de 195 m<sup>3</sup>/s (crue centennale estimée à 190 m<sup>3</sup>/s). La crue de 1963 sur le Clan aurait atteint des débits proches de la crue centennale, soit environ 76 m<sup>3</sup>/s à sa confluence avec le Maumont.

En 2006, Sogreah est de nouveau intervenu, cette fois pour étudier la Pourette. Une étude hydrologique a été réalisée ainsi que des calculs de débits capables des ouvrages existants à l'époque. Les informations de cette étude peuvent être intéressantes mais le développement urbain d'Ussac depuis l'étude est tel que les paramètres de calculs choisis pour l'hydrologie à l'époque ne sont plus pertinents dorénavant.

Enfin, dans le cadre d'un projet de ZAC sur les communes de Donzenac et Ussac, Egis eau est intervenu en 2008, pour déterminer l'influence que pourrait avoir la nouvelle voirie sur les hauteurs d'eau en cas d'inondation. Grâce à une modélisation hydraulique, différents scénarios ont pu être testés et les hauteurs d'eaux induites estimées.



Mars 2008

scetauroute-za-ussac-V3.doc / JHJ

13

egis eau

**Illustration 2: Exemple de cartographie obtenue par Egis eau en 2008 lors de leur modélisation sur le projet de ZAC**



## 2.2 - L'enquête de terrain

Une visite de terrain, a été effectuée en octobre 2018. Accompagné de la DDT19, nous avons pu repérer les ouvrages, les singularités et les particularités des cours d'eau et du territoire alentour. Il est primordial d'avoir une connaissance du territoire pour paramétrer au mieux les calculs d'hydrologie et d'hydraulique. C'est également lors de cette visite que nous avons localisé les laisses et repères des crues historiques pour un relevé précis par les géomètres lors de la campagne de mesure topo/bathymétrique.

Une deuxième visite de terrain début décembre 2018 a permis de valider les profils en travers dont nous avons besoin pour l'étude. Ces profils ont depuis été communiqués à la DDT19 pour lancement du marché public de levés topographiques et bathymétriques par un géomètre. Cette deuxième visite nous a également permis de mieux cerner et localiser les enjeux du territoire et mieux comprendre la configuration des bassins versants.



***Illustration 3: Photo du Maumont à l'amont du lieu-dit de la Chanourdie***

## 3 - Étude hydrologique

Cette partie présente l'étude hydrologique du bassin versant du Maumont, du Clan et de la Pourette. Elle a pour but de déterminer les débits statistiques décennaux (Q10), trentennaux (Q30) et centennaux (Q100) des cours d'eau et de définir l'aléa de référence.

### 3.1 - Caractéristiques du Clan

La rivière le Clan est un cours d'eau d'environ vingt kilomètres. Il s'écoule selon une orientation Nord/Sud en prenant sa source à proximité de la commune de Perpezac-le-Noir, à 390 mètres d'altitude.

Il serpente vers le sud, et s'encaisse une fois la commune d'Allasac rejointe. Le Clan possède 8 affluents dont la Vergne et le ruisseau de l'Étang Grêlé. Il atteint le Maumont en rive droite sur la commune d'Ussac à environ 110 mètres d'altitude.



*Illustration 4: Photo du Clan à proximité du lieu-dit La Gorse*



## 3.2 - Caractéristiques de la Pourette

La Pourette est un cours d'eau d'environ 4 kilomètres de long. Elle s'écoule sur la commune d'Ussac d'Est en Ouest. La Pourette prend sa source à environ 190 mètres d'altitude et rejoint le Maumont au même endroit que le Clan aux alentours de 110 mètres d'altitude.



*Illustration 5: Entrée de la Pourette dans un système de deux buses avant son passage sous l'autoroute*

## 3.3 - Caractéristiques du Maumont

Le Maumont est un cours d'eau de près de 40 kilomètres de long. Son bassin versant s'étend sur environ 168 kilomètres carrés. Le Maumont blanc prend sa source sur la commune de Favars à environ 430 mètres d'altitude. Il prend la direction du sud-ouest pour traverser les communes de Saint-Clément ou encore Chanteix par exemple. Une fois Donzenac atteint, il est rejoint par le Maumont noir et prend le nom de Maumont. Il finit sa course en passant par Ussac pour rejoindre la Corrèze à Brive-la-Gaillarde.



*Illustration 6: Photo du Maumont depuis le pont de la RD920 à Donzenac*



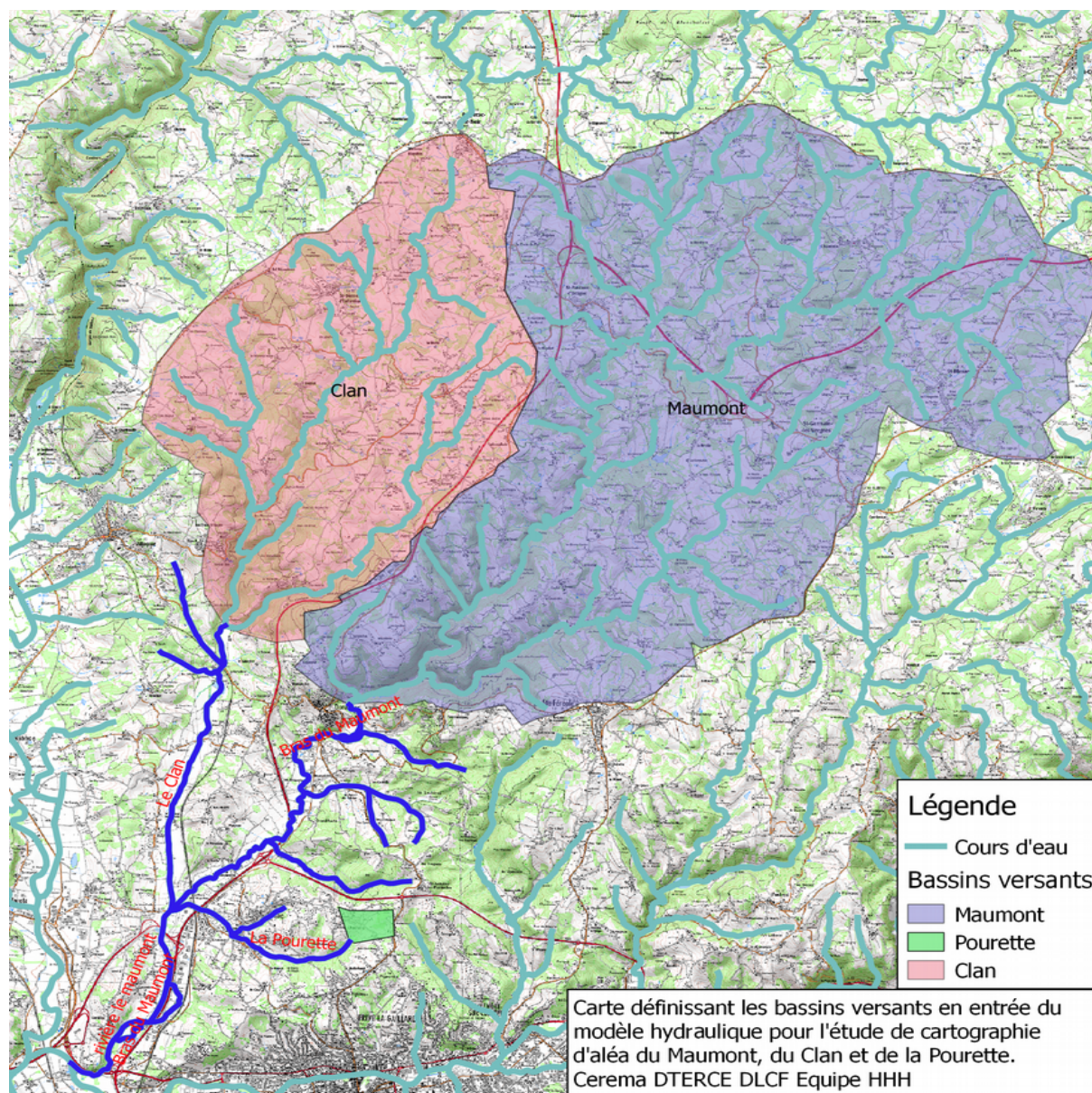
### 3.4 - Définition du bassin versant utile à la modélisation hydraulique

La définition de bassin versant va permettre de définir les débits d'entrée du modèle hydraulique.

Les bassins versants définis ont pour exutoires les entrées dans le modèle hydraulique (illustration 7). Leurs caractéristiques figurent dans le tableau 1.

| Caractéristiques                          | Noms courts | Maumont | Clan  | Pourette |
|---|-------------|---------|-------|----------|
| Surface (km <sup>2</sup> )                | S           | 88,2    | 40    | 0,5      |
| Périmètre (km)                            | P           | 47,1    | 27,2  | 2,9      |
| Indice de compacité de Gravelus           | K           | 1,41    | 1,2   | 1,15     |
| Longueur du plus long talweg (km)         | L (km)      | 24,8    | 12,2  | 0,9      |
| Cours d'eau principal du bassin versant   |             | Maumont | Clan  | Pourette |
| Altitude max du cours d'eau principal (m) |             | 461     | 421   | 192      |
| Altitude min du cours d'eau principal (m) |             | 100     | 110   | 110      |
| Pente moyenne du cours d'eau (%)          | Pmoy        | 0,014   | 0,025 | 0.0911   |

**Tableau 1: Caractéristiques des bassins versants**



**Illustration 7: Carte des bassins versants en entrée du modèle hydraulique**

## 3.5 - Caractéristiques pluviométriques

### 3.5.1 - Pluie journalière de période de retour décennale (PJ10), trentennale (PJ30) et centennale (PJ100)

Une station pluviométrique est située à Brive-la-Gaillarde. Cette station est suffisamment proche pour que nous puissions considérer ses données de pluies pour notre étude. Plus de 21 ans de données sont disponibles, ce qui permet d'estimer les pluies avec des intervalles de confiance d'environ 70 % (voir **annexe B**).

Par conséquent, pour estimer la pluie sur le bassin versant, les valeurs utilisées seront celles de cette station (tableau 2).

| Station utilisée | Brive-la-Gaillarde |
|------------------|--------------------|
| PJ10             | 68.1 mm            |
| PJ30             | 83.1 mm            |
| PJ100            | 98.8 mm            |

**Tableau 2: Pluies journalières décennales (PJ10), trentennale (PJ30) et centennale (PJ100)**  
**source : Météo France**



### 3.5.2 - Coefficients de Montana (a et b)

Ces coefficients (a et b) permettent de calculer l'intensité moyenne de la précipitation (mm/h) en fonction de sa durée t et de la période de retour T. Ces coefficients dépendent du choix de la période de retour T.

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

avec :

i : intensité de l'averse en mm/h ;

a et b : coefficients de Montana ;

t : durée de l'averse en minutes.

On peut également trouver ces coefficients sous une autre forme :

$$h(t) = a' \times t^{(1-b')}$$

avec :

h : quantité de pluie en mm ;

a' et b' : coefficients de Montana ;

t : durée de l'averse en minutes.

On a  $h(t) = i(t) \times t$ , mais compte-tenu des unités utilisées (i en mm/h et t en minutes), on a les relations suivantes :  $a = 60 \times a'$  et  $b = b'$ .

Les coefficients de Montana à la station Météo-France de Brive-la-Gaillarde sont (cf : **annexe B**) :

$a_{10} = 569$

$a_{30} = 680$

$a_{100} = 782$

$b_{10} = 0.7$

$b_{30} = 0.691$

$b_{100} = 0.676$

Ces coefficients nous seront utiles afin de calculer les temps de concentration des bassins versants. L'intensité de la pluie sera également utile lors de l'application de la méthode du Gradex ou de la méthode rationnelle que nous verrons plus loin.

### 3.5.3 - Caractéristiques pluviométriques retenues

Le tableau 3 donne les caractéristiques pluviométriques des bassins versants que nous retiendrons pour la suite de l'étude.

| Données météorologiques                               | Valeurs |
|---|---------|
| a montana (l mm/h et t en min) T=10ans $a_{10}$       | 569     |
| b montana (l mm/h) T=10ans $b_{10}$                   | 0,700   |
| a montana (l mm/h et t en min) T=30ans $a_{30}$       | 680     |
| b montana (l mm/h) T=30ans $b_{30}$                   | 0,691   |
| a montana (l mm/h et t en min) T=100ans $a_{100}$     | 782     |
| b montana (l mm/h) T=100ans $b_{100}$                 | 0,676   |
| pluie journalière de retour 10 ans <b>PJ10 (mm)</b>   | 68      |
| pluie journalière de retour 30 ans <b>PJ30 (mm)</b>   | 83      |
| pluie journalière de retour 100 ans <b>PJ100 (mm)</b> | 99      |

**Tableau 3: Hypothèses pluviométriques pour le bassin versant**

## 3.6 - Temps de concentration

Le temps de concentration **tc** est le temps que met la goutte d'eau tombée au point le plus loin du bassin versant pour arriver à l'exutoire.

Si une pluie a une durée inférieure à **tc**, quand les premières gouttes d'eau tombées au point le plus loin arrivent à l'exutoire, il ne pleut plus à l'exutoire et les effets de la pluie ne se cumulent pas. On doit donc choisir un événement pluvial de durée au moins égale à **tc**.

De nombreuses formules, souvent empiriques, existent pour estimer le temps de concentration (cf **annexe D**). Elles reposent sur les caractéristiques physiques du bassin (surface du bassin versant, longueur du plus long talweg, dénivelé du plus long talweg, pente moyenne du plus long talweg).

Des formules plus sophistiquées (Sogreah, Ventura-Passini, de Dujardin) utilisent également le coefficient de ruissellement du bassin et certaines (Ventura-Passini) les coefficients de Montana.

La méthode habituelle pour estimer **tc** est alors d'utiliser quelques-unes de ces formules et d'en prendre la médiane ou la moyenne en excluant les 2 valeurs extrêmes pour tenir compte de la variabilité des estimations. On utilisera également le calcul préconisé par le SETRA pour arbitrer le choix de  $tc_{100}$ .

Nous pouvons utiliser les huit formules suivantes :

- Ventura ;
- Passini ;
- Sogreah ;
- Ventura-Passini ;
- Bressand-Golossoff ;
- Espagnole ;
- De Dujardin ;
- Johnstone et Cross.

Les temps de concentration sont calculés pour Q10 (tableau 4), Q30 (tableau 5) et Q100 (tableau 6).

| Temps concentration en minutes | Maumont | Clan | Pourette |
|--------------------------------|---------|------|----------|
| Ventura                        | 627     | 318  | 18       |
| Passini                        | 736     | 336  | 17       |
| Sogreah                        | 255     | 145  | 14       |
| Ventura-Passini                | 413     | 185  | 6        |
| Bressand-Golossoff             | 400     | 177  | 8        |
| Espagnole                      | 492     | 255  | 28       |
| De Dujardin                    | 288     | 173  | 20       |
| Johnstone et Cross             | 468     | 247  | 35       |
| moyenne sans les 2 extrêmes    | 448     | 226  | 17       |
| médiane                        | 441     | 216  | 17       |

**Tableau 4: Estimation du temps de concentration pour Q10 - bassins versants ayant pour exutoire le début du modèle hydraulique**

| Temps concentration en minutes | Maumont | Clan | Pourette |
|--------------------------------|---------|------|----------|
| Ventura                        | 627     | 318  | 18       |
| Passini                        | 736     | 336  | 17       |
| Sogreah                        | 243     | 138  | 14       |
| Ventura-Passini                | 290     | 128  | 4        |
| Bressand-Golossoff             | 400     | 177  | 8        |
| Espagnole                      | 492     | 255  | 28       |
| De Dujardin                    | 280     | 168  | 20       |
| Johnstone et Cross             | 468     | 247  | 35       |
| moyenne sans les 2 extrêmes    | 365     | 186  | 15       |
| médiane                        | 434     | 212  | 17       |

**Tableau 5: Estimation du temps de concentration pour Q30 - bassins versants ayant pour exutoire le début du modèle hydraulique**



| Temps concentration en minutes | Maumont | Clan | Pourette |
|--------------------------------|---------|------|----------|
| Ventura                        | 627     | 318  | 18       |
| Passini                        | 736     | 336  | 17       |
| Sogreah                        | 235     | 134  | 14       |
| Ventura-Passini                | 224     | 102  | 4        |
| Bressand-Golossoff             | 400     | 177  | 8        |
| Espagnole                      | 492     | 255  | 28       |
| De Dujardin                    | 274     | 166  | 20       |
| Johnstone et Cross             | 468     | 247  | 35       |
| SETRA                          | 383     | 188  | 15       |
| moyenne sans les 2 extrêmes    | 416     | 216  | 17       |
| médiane                        | 434     | 212  | 17       |

**Tableau 6: Estimation du temps de concentration pour Q100 - bassins versants ayant pour exutoire le début du modèle hydraulique**

Les valeurs minimales de temps de concentration entre les moyennes, les médianes et la valeur SETRA (Q100) pour les différentes occurrences de crue seront retenues afin de maximiser les débits, ce qui va dans le sens de la sécurité. Les valeurs retenues sont indiquées dans le tableau 7.

| Temps concentration en minutes retenus | Maumont | Clan | Pourette |
|--|---------|------|----------|
| $tc_{10}$                              | 441     | 216  | 17       |
| $tc_{30}$                              | 407     | 199  | 16       |
| $tc_{100}$                             | 383     | 188  | 15       |

**Tableau 7: Valeurs retenues des temps de concentration pour les trois bassins versants en entrée de modèle hydraulique**

## 3.7 - Estimation des débits caractéristiques de bassin versant ayant pour exutoire le début du modèle hydraulique

### 3.7.1 - Débit décennal (Q10)

Pour estimer le débit décennal, on utilise les quatre méthodes suivantes :

- méthode de Crupédix (valable pour les bassins de plus de 10 km<sup>2</sup>) ;
- méthode rationnelle (valable pour les bassins de moins de 1 km<sup>2</sup>).
- relation de Myer
- méthode de transition (valable pour les bassins compris entre 1 km<sup>2</sup> et 10 km<sup>2</sup>)

#### Q10 Méthode Crupédix

$$Q_{10} = R \times \left( \frac{PJ10}{80} \right)^2 \times S^{0,8}$$

avec Q<sub>10</sub> en m<sup>3</sup>/s et S en km<sup>2</sup> ;

avec R le coefficient régional de Crupédix. On prend ici R=1.

**Rappel** : PJ10=68.1 mm

L'intervalle de confiance à 90 % de cette valeur selon la méthode de Crupédix, est [Q/2 ; 2Q].

|                          | Maumont | Clan | Pourette    |
|--------------------------|---------|------|-------------|
| S en km <sup>2</sup>     | 88,2    | 40   | 0,5         |
| Q10 en m <sup>3</sup> /s | 26      | 14   | Non adaptée |

**Tableau 8: Résultats des Q10 obtenus par la méthode Crupédix**

#### Q10 Méthode rationnelle

La méthode rationnelle fait intervenir l'intensité que nous avons définie plus haut avec les coefficients de Montana (a,b).

En plus de ces coefficients, un autre paramètre intervient : le coefficient de ruissellement Cr. Ce coefficient est le rapport entre la hauteur d'eau ruisselée et la hauteur d'eau précipitée.

Cr dépend principalement de l'imperméabilisation du bassin versant, mais aussi de la pente, l'état du sol et de la fréquence de la pluie (quand une pluie est plus forte, la partie ruisselée est plus importante, car l'eau n'a pas le temps de s'infiltrer).

Le choix de Cr est crucial, car le débit calculé par la méthode rationnelle est directement proportionnel à celui-ci.

Pour estimer un coefficient de ruissellement pour un bassin donné, on décompose le bassin en sous-zones. Chaque sous-zone étant homogène par sa nature (forêts, prairies, cultures, zones urbanisées...), on attribue à chaque sous-zone un coefficient de ruissellement.

Le coefficient de ruissellement du bassin versant est alors égal à la moyenne des coefficients de chaque sous-zone pondérée par la surface de chaque sous-zone.

L'occupation des sols des bassins versants a été déterminée à partir de la base de données *Corine Land Cover*

(voir **illustration n°8** page suivante), et corroborée par les visites de terrain.

Le Guide Technique sur l'Assainissement Routier (GTAR) fournit des valeurs indicatives du coefficient de ruissellement pour des bassins versants naturels avec une pluie journalière décennale (PJ10), celles-ci dépendant de 3 paramètres : la nature de la couverture végétale (Bois, pâturage, culture), la pente moyenne et le type de terrain (sableux, limoneux, argileux). Le **Tableau 9** reprend les valeurs des coefficients de ruissellement du GTAR pour une période de retour **T = 10 ans**.

| Occupation du sol | Morphologie  | Pente %     | Terrain sable grossier | Terrain Limoneux | Terrain Argileux ou rocaillieux compact |
|-------------------|--------------|-------------|------------------------|------------------|---|
| <b>FORÊT</b>      |              | p < 5       | 0,10                   | 0,30             | 0,40                                    |
|                   | presque plat | 5 ≤ p < 10  | 0,25                   | 0,35             | <b>0,50</b>                             |
|                   | ondulé       | 10 ≤ p < 30 | 0,30                   | 0,50             | 0,60                                    |
|                   |              |             |                        |                  |   |
| <b>PRAIRIES</b>   |              | p < 5       | 0,10                   | 0,30             | 0,40                                    |
|                   | presque plat | 5 ≤ p < 10  | 0,15                   | 0,36             | <b>0,55</b>                             |
|                   | ondulé       | 10 ≤ p < 30 | 0,22                   | 0,42             | 0,60                                    |
|                   |              |             |                        |                  |   |
| <b>CULTURES</b>   |              | p < 5       | 0,30                   | 0,50             | 0,60                                    |
|                   | presque plat | 5 ≤ p < 10  | 0,40                   | 0,60             | <b>0,70</b>                             |
|                   | ondulé       | 10 ≤ p < 30 | 0,52                   | 0,72             | 0,82                                    |
|                   |              |             |                        |                  |   |

**Tableau 9 : Coefficients de ruissellement pour T=10 ans (source GTAR)**

Pour les zones urbanisées, le coefficient peut être considéré à 1 du fait de l'imperméabilité des sols. Cependant, il est primordial de reconnaître le terrain afin d'éviter les erreurs. En effet, il serait exagéré d'appliquer un coefficient de 1 sur la « zone de tissu urbain discontinu » identifié sur l'illustration n°8.

Pour le territoire de l'étude, nous avons donc adapté les valeurs de coefficients de la façon suivante :

| Occupation du sol                      | Zone urbanisée | Zone urbanisée discontinue | Terres arables et cultures | Forêts et milieux ouverts |
|--|----------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| <b>Coefficient de ruissellement Cr</b> | 1              | 0,6                        | 0,45                       | 0,25                      |

**Tableau 10: Coefficients de ruissellement retenus par type d'occupation de sol**





**Illustration 8: Extrait Corine Land Cover sur le bassin versant en entrée du modèle de la Pourette**

À partir des coefficients de ruissellement ainsi déterminés et de l'intensité de pluie, nous pouvons déterminer Q10 avec la méthode dite rationnelle :

$$Q_{10} = \frac{Cr \times S \times i}{3.6} = \frac{Cr \times S \times (a * tc^{-b})}{3.6}$$

Voici les résultats obtenus pour les trois bassins en entrée de modèle :

|                              | Maumont     | Clan        | Pourette |
|------------------------------|-------------|-------------|----------|
| Coefficient de ruissellement | 0,43        | 0,43        | 0,58     |
| Q10 en m³/s                  | Non adaptée | Non adaptée | 6        |

**Tableau 11: Tableaux des résultats obtenus avec la méthode rationnelle**

## **Q10 Méthode de Myer**

La relation de Myer permet d'estimer les débits d'un bassin versant à partir du débit d'un bassin versant sur lequel nous possédons de la donnée. Les hypothèses de cette méthode sont fortes : cours d'eau géographiquement proches, de tailles comparables, soumis aux mêmes quantités de pluie.

Cette méthode est adaptée pour des bassins d'assez grandes tailles, la dérive pour les petits bassins étant trop importante.

Le Maumont est équipé d'une station de mesure au lieu-dit La Chanourdie. Nous pouvons donc à partir de cette méthode estimer les débits des sous bassins-versants qui se retrouvent inclus dans le bassin versant de la station. Les hypothèses sont donc réalisées et le calage assez précis.

La relation de Myer est la suivante :

$$Q_t = A_t \times S^{0.8}$$

$A_t$  est le paramètre que nous devons déterminer à partir des données de la station pour les périodes de retour que nous considérons.

On a ainsi  $A_{10}=1.55$  ;  $A_{30}=2.05$  et  $A_{100}=2.58$ .

On réutilise ensuite ces coefficients pour les calculs dans les bassins versants du modèle :

|            | Maumont | Clan | Pourette    |
|------------|---------|------|-------------|
| Q10 (m³/s) | 56      | 30   | Non adaptée |

**Tableau 12: Résultats de Q10 avec la méthode de Myer**

## **Q10 méthode de transition**

Les méthodes que nous avons vu précédemment ne sont pas adaptées aux bassins compris entre 1 et 10 km². Celle que nous allons voir maintenant utilise les résultats des méthodes Crupedix et rationnelle pour estimer les débits sur ces bassins intermédiaires.

La méthode de transition consiste à réaliser une moyenne pondérée par la « distance » qui sépare le bassin que l'on traite aux domaines de validité des deux autres méthodes. Cette méthode n'est pas pertinente pour les trois bassins en entrée du modèle mais nous sert à estimer les débits pour des sous bassins qui nous serviront de repère pour le modèle hydraulique (voir **annexe C**).

$$Q_{10} = \frac{(10-S)}{9} \times Q_{10r} + \frac{(S-1)}{9} \times Q_{10c}$$

Avec  $Q_{10r}$  le débit déterminé avec la méthode rationnelle et  $Q_{10c}$  le débit déterminé avec la méthode Crupedix.

On peut ainsi, par exemple, déduire le débit à la confluence de la Pourette dans le Maumont :  $Q_{10}=9.5$  m³/s.

## **Q10 comparaison des résultats obtenus**

À partir des différentes méthodes et de leurs domaines de validité, on peut déterminer l'ensemble des débits nécessaires à la modélisation du débit décennal.

Lorsque la méthode de Myer peut s'appliquer, on préférera l'utiliser plutôt que Crupédix. Les hypothèses de Myer étant particulièrement bien satisfaites (inclusion des sous-bassins dans celui de la station) sa précision est supérieure à la méthode Crupédix qui sous-estime quelque peu les débits, dans la mesure où elle exploite des données fiabilisées sur les débits de station hydrométrique.

Voici la synthèse des débits retenus :

|                    | <b>Entrée<br/>Maumont</b> | <b>Confluence<br/>Maumont</b> | <b>Entrée Clan</b> | <b>Confluence<br/>Clan</b> | <b>Entrée<br/>Pourette</b> | <b>Confluence<br/>Pourette</b> |
|--------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| <b>Crupédix</b>    | 26,1                      | 29,9                          | 13,9               | 16,9                       | 0,4                        | Non adaptée                    |
| <b>Rationnelle</b> | Non adaptée               | Non adaptée                   | Non adaptée        | Non adaptée                | <b>6,1</b>                 | Non adaptée                    |
| <b>Myer</b>        | <b>56</b>                 | <b>64,2</b>                   | <b>29,7</b>        | <b>36,2</b>                | Pas de données adaptées    | Pas de données adaptées        |
| <b>Transition</b>  | 26,1                      | 29,9                          | 13,9               | 16,9                       | 6,1                        | <b>9,5</b>                     |

**Tableau 13: Récapitulatif des Q10 estimés**

### 3.7.2 - Débit trentennal (Q30)

Les méthodes Crupédix et de transition ne permettent pas de calculer des débits pour d'autres périodes de retour que  $T = 10$  ans.

On utilise donc les méthodes suivantes :

- détermination d'un ratio  $b = Q_{30}/Q_{10}$  par analogie avec la formule rationnelle ;
- Méthode de Myer pour la période de retour  $T=30$  ans

#### Q<sub>30</sub> ratio $b = Q_{30}/Q_{10}$

La méthode rationnelle permet d'évaluer des débits pour n'importe quelle période de retour, par contre elle n'est valable que pour des bassins de moins d'1 km<sup>2</sup>. Elle ne peut s'appliquer à tous les bassins versants de l'étude. Toutefois, nous pouvons l'utiliser pour estimer le ratio entre  $Q_{10}$  et  $Q_{30}$  (c'est une méthode utilisée dans le « *Guide Technique de l'Assainissement Routier* » - SETRA - octobre 2006).

Par la méthode rationnelle le ratio  $Q_{30}/Q_{10}$  est donc :

$$b = \frac{Q_{30}}{Q_{10}} = \frac{C_{30}}{C_{10}} \times \frac{i_{30}}{i_{10}}$$

avec

- $i_{30}$  : l'intensité de la pluie trentennale calculée pour le temps **tc** de concentration du bassin versant ;
- $i_{10}$  : l'intensité de la pluie décennale calculée pour le temps **tc** de concentration du bassin versant ;
- $C_{30}/C_{10}$  : le rapport des coefficients de ruissellement pour un événement trentennal et décennal ;  
Le coefficient de ruissellement pour un événement trentennal est en général supérieur à celui d'un événement décennal : l'événement est plus violent, les sols sont plus rapidement saturés et une partie moins importante d'eau s'infiltre.

$C_{30}/C_{10}$  varie entre 1 (bassin complètement imperméabilisé) à 2 (bassin très perméable avec une très forte infiltration).

Pour chaque bassin il faut alors déterminer le nouveau coefficient de ruissellement pour la période de retour 30 ans.

$$C_T = 0.8 \times \left(1 - \frac{P_0}{P_T}\right)$$

Avec

$$P_0 = P_{10} \times \left(1 - \frac{C_{10}}{0.8}\right)$$

Une fois le coefficient de ruissellement calculé pour  $T=30$  ans, on peut recalculer les intensités de pluies avec les coefficients de Montana adaptés à la période de retour. On peut alors déduire le coefficient  $b$ , ratio entre  $Q_{30}$  et  $Q_{10}$ . Il suffit alors de multiplier  $b$  à  $Q_{10}$  pour obtenir  $Q_{30}$ .

$$i_{30} = a_{30} \times tc_{30}^{-b_{30}}$$



$$i_{10} = a_{10} \times tc_{10}^{-b_{10}}$$

$$b = \frac{c_{30}}{c_{10}} \times \left( \frac{i_{30}}{i_{10}} \right) = \frac{a_{30}}{a_{10}} \times \frac{tc_{10}^{b_{10}}}{tc_{30}^{b_{30}}} \times \left( \frac{c_{30}}{c_{10}} \right)$$

et  $Q_{30} = b \times Q_{10}$

Voici les résultats pour les trois bassins versants en entrée du modèle :

|             | Maumont | Clan | Pourette |
|-------------|---------|------|----------|
| Ratio $b$   | 1,66    | 1,62 | 1,45     |
| Q30 en m³/s | 92,8    | 48,0 | 8,9      |

**Tableau 14: Résultats des Q30 obtenus par méthode du ratio**

### Choix des débits trentennaux

De même que pour Q10, on sélectionne les débits les plus pertinents selon les domaines de validité entre Myer (avec le débit trentennal) et l'adaptation de la méthode rationnelle.

Au final, on retient le tableau synthétique suivant :

|              | Entrée<br>Maumont | Confluence<br>Maumont | Entrée Clan | Confluence<br>Clan | Entrée<br>Pourette      | Confluence<br>Pourette  |
|--------------|-------------------|-----------------------|-------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>Ratio</b> | 86,1              | 99                    | 45,8        | 55,1               | <b>8,9</b>              | <b>15,2</b>             |
| <b>Myer</b>  | <b>73,8</b>       | <b>84,6</b>           | <b>39,2</b> | <b>47,7</b>        | Pas de données adaptées | Pas de données adaptées |

**Tableau 15: Récapitulatif des Q30 estimés**

### 3.7.3 - Débit centennal Q100

Pour les calculs des débits centennaux, nous allons utiliser à nouveau les méthodes de Myer et du ratio. En plus de ces deux méthodes, nous allons utiliser celle du Gradex.

#### Méthode du Gradex

Cette méthode repose sur le principe que pour une pluie forte, au-delà d'un seuil (le point pivot), tout ruisselle. En général, le point pivot est choisi pour la fréquence décennale.

Ainsi on a :

$$P_T = P_{10} + g \times (u_T - u_{10})$$

$$L_T = L_{10} + g \times (u_T - u_{10})$$

avec

- T > 10 ans ;
- g le gradex des pluies (en mm) ;
- P<sub>T</sub> : pluie de durée tc et de période de retour T (en mm) ;
- P<sub>10</sub> : pluie de durée tc et de période de retour 10 ans (en mm) ;
- L<sub>T</sub> : lame d'eau écoulée pour la période de retour T (en mm) ;
- L<sub>10</sub> : lame d'eau écoulée pour la période de retour 10 ans (en mm).

u<sub>T</sub> et u<sub>10</sub> sont les variables de Gumbel associées aux fréquences T ans et 10 ans.

(u<sub>10</sub>= 2,25, u<sub>30</sub>=3,38, u<sub>T</sub>=-ln(-ln(1-1/T))

En appliquant ces relations à T=100 ans, on obtient :  $L_{100} = L_{10} + (P_{100} - P_{10})$  (0)

La lame d'eau écoulée pendant une durée t (en minutes) est liée au débit.

En général, on choisit comme hydrogramme un diagramme triangulaire : le débit augmente pendant le temps de durée de la pluie tc, puis décroît pendant 2 tc (la pluie est finie, mais l'eau tombée continue à arriver à l'exutoire).

Le volume d'eau V écoulé correspond à l'aire du triangle et vaut :

$$V = \frac{3}{2} \times Q_p \times tc \quad \text{avec } Q_p \text{ le débit de pointe en m}^3/\text{s}, V \text{ en m}^3, \text{ et } tc \text{ en secondes.}$$

La lame d'eau écoulée L est le volume par unité de surface soit :

$$L = \frac{3}{2} \times \frac{Q_p \times tc}{S} \quad \text{avec } L \text{ en m}, Q_p \text{ en m}^3/\text{s}, tc \text{ en secondes et } S \text{ en m}^2.$$

soit  $L = 0,06 \times \frac{3}{2} \times \frac{Q_p \times tc}{S}$  avec L en mm, Q<sub>p</sub> en m<sup>3</sup>/s, tc en minutes et S en km<sup>2</sup>.

On a donc pour les périodes de retour 10 et 100 ans :

$$(1) \quad L_{10} = 0,06 \times \frac{3}{2} \times \frac{Q_{10} \times tc}{S} \quad \text{avec } L_{10} \text{ en mm}, Q_{10} \text{ en m}^3/\text{s}, tc \text{ en minutes et } S \text{ en km}^2.$$

$$(2) \quad L_{100} = 0,06 \times \frac{3}{2} \times \frac{Q_{100} \times tc}{S} \quad \text{avec } L_{100} \text{ en mm}, Q_{100} \text{ en m}^3/\text{s}, tc \text{ en minutes et } S \text{ en km}^2.$$

Les pluies P<sub>10</sub> et P<sub>100</sub> sont liées à l'intensité :

- (3)  $P_{10} = i_{10} \times tc / 60$  (avec  $tc$  en minutes et  $i_{10}$  en mm/h) ;  
 (4)  $P_{100} = i_{100} \times tc / 60$  (avec  $tc$  en minutes et  $i_{100}$  en mm/h).

On calcule donc les intensités de pluies à l'aide des coefficients de Montana :

$$i_{10} = a_{10} \times tc^{-b_{10}} \quad (\text{avec } tc \text{ en minutes et } i_{10} \text{ en mm/h}) ;$$

$$i_{100} = a_{100} \times tc^{-b_{100}} \quad (\text{avec } tc \text{ en minutes et } i_{100} \text{ en mm/h}).$$

Puis, on calcule  $P_{10}$  et  $P_{100}$  à l'aide des intensités de pluie ( $i_{10}$  et  $i_{100}$ ) et des relations (3) et (4).

On calcule  $L_{10}$  à l'aide de  $Q_{10}$  (équation (1)). On en déduit  $L_{100}$  grâce à l'équation (0) :

$$L_{100} = L_{10} + (P_{100} - P_{10})$$

Et enfin, on calcule  $Q_{100}$  à partir de  $L_{100}$  et de l'équation (2) :  $Q_{100} = \frac{2}{3 \times 0,06} \times \frac{L_{100} \times S}{tc}$

Remarque : en combinant l'ensemble des équations (0) à (4) le calcul direct est :

$$Q_{100} = Q_{10} + (i_{100} - i_{10}) \times \frac{2 \times S}{3 \times 0,06 \times 60}$$

$$Q_{100} = Q_{10} + (i_{100} - i_{10}) \times \frac{S}{5,4}$$

avec  $i_{10}$  et  $i_{100}$  en mm/h,  $S$  en km<sup>2</sup>,  $Q_{10}$  et  $Q_{100}$  en m<sup>3</sup>/s.

On choisit comme durée de pluie le temps de concentration du bassin. Voici l'exemple du bassin en entrée du modèle pour la Pourette :

| Données  |                     |  |        |
|--|---------------------|--|--------|
| $a_{10}$ montana (l mm/h et t en min)                                | T=10 ans            |  | 569    |
| $b_{10}$ montana (l mm/h)  | T=10 ans            |  | 0,700  |
| $a_{100}$ montana (l mm/h et t en min)                               | T=100 ans           |  | 782    |
| $b_{100}$ montana (l mm/h)   | T=100 ans           |  | 0,676  |
| $Q_{10}$   | (m <sup>3</sup> /s) |  | 6      |
| durée de l'événement pluvieux  | $tc$ (min)          |  | 17     |
| Surface  | (km <sup>2</sup> )  |  | 0,49   |
| Calculs des pluies   |                     |  |        |
| intensité $i_{10}$ de la pluie décennale de durée $tc$               | (mm/h)              |  | 77,44  |
| intensité $i_{100}$ de la pluie centennale de durée $tc$             | (mm/h)              |  | 113,96 |
| pluie décennale de durée $tc$  | $P_{10}$ (mm)       |  | 22,3   |
| pluie centennale de durée $tc$                                       | $P_{100}$ (mm)      |  | 32,8   |
| Calculs des lames d'eau  |                     |  |        |
| $L_{10} = 0,06 \times (3/2) \times (Q_{10} \times tc / S)$           | (mm)                |  | 19,4   |
| $L_{100} = L_{10} + (P_{100} - P_{10})$                              | (mm)                |  | 29,9   |
| Calculs de débits  |                     |  |        |
| $Q_{100} = (2 / (3 \times 0,06)) \times ((L_{100} \times S) / (tc))$ | (m <sup>3</sup> /s) |  | 19,7   |

**Tableau 16: Estimation de Q100 selon la méthode du gradex**

### Choix des débits Q100

Pour la période de retour 100 ans, l'intervalle de confiance des calculs est assez étendu. On peut ainsi trouver des résultats assez différents d'une méthode à une autre. Afin d'éviter de maximiser ou de minimiser les débits, on prendra la moyenne des résultats obtenus par les méthodes adaptées à chaque bassin versant.

|                               | Entrée<br>Maumont | Confluence<br>Maumont | Entrée Clan | Confluence<br>Clan | Entrée<br>Pourette        | Confluence<br>Pourette  |
|-------------------------------|-------------------|-----------------------|-------------|--------------------|---------------------------|-------------------------|
| <b>Ratio</b>                  | 124,5             | 143,6                 | 64,1        | 78,8               | 10,8                      | 19,9                    |
| <b>Myer</b>                   | 92,8              | 106,5                 | 49,3        | 60,1               | Pas de données adaptées   | Pas de données adaptées |
| <b>Gradex</b>                 | 133,4             | 143,8                 | 84,9        | 92                 | 9,4 (peu probable vu Q30) | 22,6                    |
| <b>Moyenne (débit retenu)</b> | 116,9             | 131,3                 | 66,1        | 76,1               | 10,8                      | 21,3                    |

**Tableau 17: Tableau récapitulatif des Q100 estimés**

### 3.7.4 - La crue de référence

La crue du Clan de 1963 est estimée avec une période de retour égale à 100 ans dans les études précédentes. Nos calculs nous confirment ce résultat avec un débit du Clan à la confluence avec le Maumont de 76 m³/s.

La crue de 2001 est estimée pour une période de retour inférieure à 100 ans. De plus, aucun événement supérieur à une crue centennale n'a été recensé sur la Pourette.

Cependant, la crue de 1960 sur le Maumont a été estimée avec une période de retour d'environ 120 ans. Le débit du cours d'eau a ainsi été estimé, au niveau de la station de la Chanourdie, à environ 190 m³/s lors des études précédentes. À cet endroit, le cours d'eau a un débit d'environ 180.6 m³/s lors d'une crue centennale.

Afin de définir l'événement de référence que nous allons modéliser, il faut estimer les débits de 1963 à l'entrée du modèle sur le Maumont. Pour ce faire, nous allons calculer le ratio entre Q100 et Q<sub>1963</sub> et l'appliquer au débit d'entrée du modèle.

$$\text{À la Chanourdie : } \frac{Q_{1963}}{Q_{100}} = \frac{190}{180.6} = 1.05$$

$$\text{À l'entrée du modèle : } Q_{1963} = 1.05 \times Q_{100} = 113.1 \times 1.05 = 119 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pour le Clan et la Pourette, nous considérons la crue centennale comme la crue de référence.

Bien que les données disponibles soient solides, une analyse hydrologique repose sur des statistiques et présente donc des imprécisions. Nos résultats obtenus sur le Maumont pour une crue centennale sont très proches des données sur la crue de 1960. Sur cette base, nous considérerons que la crue centennale est la crue de référence en utilisant les débits de 1960. Ce seront donc bien les débits de 1960 qui serviront à définir l'événement d'occurrence centennal sur le territoire d'étude.



## 4 - Synthèse des données hydrologiques

Les valeurs des débits qui seront utilisées pour les différentes modélisations sont indiquées dans le tableau 18.

| Périodes de retour | Entrée Maumont | Confluence Maumont | Entrée Clan | Confluence Clan | Entrée Pourette | Confluence Pourette | Global |
|--------------------|----------------|--------------------|-------------|-----------------|-----------------|---------------------|--------|
| 10 ans             | 56             | 64                 | 30          | 36              | 6               | 10                  | 93     |
| 30 ans             | 73,8           | 84,6               | 39,2        | 47,7            | 8,9             | 15,2                | 123,1  |
| 100 ans            | 116,9          | 131,3              | 66,1        | 76,1            | 10,8            | 21,3                | 183,8  |
| Réf                | 119            | 131,7              | 66,1        | 76,1            | 10,8            | 21,3                | 195    |

**Tableau 18: Débits de crues décennale, trentennale et centennale**

# ANNEXE A

## Caractéristiques du bassin versant

### Caractéristiques géométriques

Le calcul des indices de compacité de GRAVELIUS (=rapport du périmètre d'un cercle de même surface) est calculé comme suit :

$$K = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}}$$

# ANNEXE B





## COEFFICIENTS DE MONTANA

### Formule des intensités

Statistiques sur la période 1990 – 2016

#### BRIVE (19)

Indicatif : 19031008, alt : 115 m., lat : 45°08'48"N, lon : 01°28'24"E

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

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

Les intensités de pluie  $i(t)$  s'expriment en millimètres par heure et les durées  $t$  en minutes.

Les coefficients de Montana (a,b) sont calculés par un ajustement statistique entre les durées et les intensités de pluie ayant une durée de retour donnée.

Cet ajustement est réalisé à partir des pas de temps (durées) disponibles entre 6 minutes et 24 heures.  
Pour ces pas de temps, la taille de l'échantillon est au minimum de 27 années.

#### Coefficients de Montana pour des pluies de durée de 6 minutes à 24 heures

| Durée de retour | a   | b     |
|-----------------|-----|-------|
| 5 ans           | 485 | 0.702 |
| 10 ans          | 569 | 0.7   |
| 20 ans          | 643 | 0.695 |
| 30 ans          | 680 | 0.691 |
| 50 ans          | 726 | 0.685 |
| 100 ans         | 782 | 0.676 |

Page 1/1

Edité le : 23/03/2018

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 Météo-France

Météo-France  
73 avenue de Paris 94165 SAINT MANDE  
Tél. : 0 890 71 14 15 – Email : [contactmail@meteo.fr](mailto:contactmail@meteo.fr)



**METEO FRANCE**  
Toujours un temps d'avance

## FICHE CLIMATOLOGIQUE

Statistiques 1981-2010 et records

### UZERCHE (19)

Indicatif : 19276006, alt : 422m, lat : 45°23'42"N, lon : 01°34'00"E

|   | Janv.   | Févr.   | Mars    | Avril   | Mai     | Juin    | Juil.   | Août    | Sept.   | Oct.    | Nov.    | Déc.    | Année  |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| <b>La température la plus élevée (°C)</b>                     |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |
| Records établis sur la période du 01-07-1996 au 19-09-2018    |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |
|   | 18.1    | 23      | 25.2    | 27.9    | 30.2    | 36.3    | 38.1    | 39.8    | 32.9    | 28.9    | 23.7    | 18.6    | 39.8   |
| Date  | 24-2016 | 15-1998 | 19-2005 | 30-2005 | 25-2017 | 22-2003 | 16-2015 | 12-2003 | 12-2016 | 02-2011 | 08-2015 | 17-2015 | 2008   |
| <b>Température maximale (moyenne en °C)</b>                   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |
| Statistiques établies sur la période 1996-2010                |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |
|   | 7.5     | 9.1     | 12.6    | 15.1    | 19.4    | 23      | 24.4    | 24.6    | 21      | 16.8    | 10.4    | 7.8     | 16     |
| <b>Température moyenne (moyenne en °C)</b>                    |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |
| Statistiques établies sur la période 1996-2010                |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |
|   | 4.5     | 5.5     | 8.3     | 10.7    | 14.7    | 18      | 19.3    | 19.4    | 16.1    | 12.9    | 7.3     | 4.8     | 11.8   |
| <b>Température minimale (moyenne en °C)</b>                   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |
| Statistiques établies sur la période 1996-2010                |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |
|   | 1.6     | 1.9     | 4       | 6.2     | 10      | 12.9    | 14.1    | 14.3    | 11.3    | 9       | 4.2     | 1.8     | 7.6    |
| <b>La température la plus basse (°C)</b>                      |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |
| Records établis sur la période du 01-07-1996 au 19-09-2018    |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |
|   | -10     | -12.7   | -11.3   | -2.1    | -0.1    | 4.1     | 7.3     | 6.5     | 0.9     | -3.3    | -7.2    | -11     | -12.7  |
| Date  | 13-2003 | 06-2012 | 01-2005 | 07-2008 | 08-1997 | 01-2006 | 14-2008 | 29-1998 | 25-2002 | 25-2003 | 22-1998 | 19-2009 | 2012   |
| <b>Nombre moyen de jours avec</b>                             |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |
| Statistiques établies sur la période 1996-2010                |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |
| Tx >= 30 °C   | -       | -       | -       | -       | 0.1     | 2.1     | 3.8     | 3.7     | 0.3     | -       | -       | -       | 10.0   |
| Tx >= 25 °C   | -       | -       | 0.1     | 0.4     | 4.6     | 10.9    | 14.7    | 13.5    | 5.9     | 0.7     | -       | -       | 50.7   |
| Tx <= 0 °C  | 1.9     | 0.8     | 0.1     | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | 0.1     | 1.3     | 4.2    |
| Tn <= 0 °C  | 10.8    | 9.0     | 4.8     | 0.6     | 0.1     | -       | -       | -       | -       | 0.8     | 5.1     | 10.8    | 42.0   |
| Tn <= -5 °C   | 2.3     | 1.7     | 0.6     | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | 0.4     | 2.6     | 7.6    |
| Tn <= -10 °C  | 0.1     | -       | 0.1     | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | 0.1     | 0.3    |
| Tn : Température minimale, Tx : Température maximale          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |
| <b>La hauteur quotidienne maximale de précipitations (mm)</b> |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |
| Records établis sur la période du 01-07-1996 au 19-09-2018    |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |
|   | 41.8    | 41      | 53      | 63      | 40.4    | 56.2    | 96.2    | 75.1    | 57      | 45.8    | 35.8    | 51.1    | 96.2   |
| Date  | 12-2004 | 03-2003 | 11-2001 | 20-2008 | 10-2002 | 22-2014 | 05-2001 | 08-2015 | 23-2006 | 10-2000 | 14-2014 | 10-2017 | 2001   |
| <b>Hauteur de précipitations (moyenne en mm)</b>              |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |
| Statistiques établies sur la période 1996-2010                |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |
|   | 84.9    | 73      | 92.6    | 122.4   | 107.6   | 83.9    | 82.9    | 90.2    | 82.8    | 91.6    | 120     | 94.3    | 1126.2 |
| <b>Nombre moyen de jours avec</b>                             |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |
| Statistiques établies sur la période 1996-2010                |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |
| Rr >= 1 mm  | 12.1    | 9.8     | 11.0    | 13.6    | 12.3    | 8.7     | 9.5     | 10.3    | 8.9     | 11.2    | 14.4    | 12.3    | 134.1  |
| Rr >= 5 mm  | 5.7     | 5.0     | 5.9     | 7.5     | 6.2     | 5.6     | 4.5     | 5.4     | 5.2     | 5.9     | 7.5     | 6.5     | 70.9   |
| Rr >= 10 mm   | 3.0     | 2.1     | 2.9     | 3.9     | 3.7     | 3.0     | 2.1     | 3.0     | 3.0     | 3.2     | 4.5     | 3.7     | 38.0   |
| Rr : Hauteur quotidienne de précipitations                    |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |

Page 1/2

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

Edité le : 25/09/2018 dans l'état de la base

METEO-FRANCE - Direction de la Production  
42 avenue Gaspard Coriolis 31057 Toulouse Cedex  
<https://donneespubliques.meteofrance.fr>



**METEO FRANCE**  
Toujours un temps d'avance

## FICHE CLIMATOLOGIQUE

Statistiques 1981-2010 et records

### UZERCHE (19)

Indicatif : 19276006, alt : 422m, lat : 45°23'42"N, lon : 01°34'00"E

|  | Janv.   | Févr.   | Mars    | Avril   | Mai     | Juin    | Juil.   | Août    | Sept.   | Oct.    | Nov.    | Déc.    | Année  |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| <b>Degrés Jours Unifiés</b> (moyenne en °C)                          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
|  |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         | Statistiques établies sur la période 1996-2010             |
|  | 417.1   | 352.1   | 300.5   | 220.9   | 117     | 47.7    | 25.8    | 23.8    | 73.8    | 162.3   | 321.6   | 408     | 2470.6   |
| <b>Rayonnement global</b> (moyenne en J/cm²)                         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
| Données non disponibles  |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
| <b>Durée d'insolation</b> (moyenne en heures)                        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
| Données non disponibles  |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
| <b>Nombre moyen de jours avec fraction d'insolation</b>              |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
| Données non disponibles  |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
| <b>Evapotranspiration potentielle</b> (ETP Penman moyenne en mm)     |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
| Données non disponibles  |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
| <b>La rafale maximale de vent</b> (m/s)                              |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
|  |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         | Records établis sur la période du 01-07-1996 au 19-09-2018 |
|  | 25.1    | 26.3    | 24.9    | 22      | 25.6    | 24.9    | 26.8    | 28      | 26.6    | 27.2    | 26.5    | 35      | 35.0   |
| Date   | 24-2009 | 13-2016 | 06-2017 | 30-2017 | 21-2014 | 08-2009 | 04-2018 | 17-2004 | 29-2006 | 03-2006 | 30-2008 | 27-1999 | 1999   |
| <b>Vitesse du vent moyenné sur 10 mn</b> (moyenne en m/s)            |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
|  |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         | Statistiques établies sur la période 1996-2010             |
|  | 3       | 3.2     | 3.2     | 3.2     | 2.7     | 2.6     | 2.3     | 2.2     | 2.4     | 2.7     | 2.9     | 3       | 2.8  |
| <b>Nombre moyen de jours avec rafales</b>                            |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
|  |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         | Statistiques établies sur la période 1996-2010             |
| >= 16 m/s  | 2.4     | 3.1     | 2.5     | 2.5     | 1.0     | 0.6     | 1.2     | 0.9     | 0.6     | 1.6     | 1.9     | 2.1     | 20.4   |
| >= 28 m/s  | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | 0.1     | -       | -       | -       | 0.1     | 0.1  |
| 16 m/s = 56 km/h, 28 m/s = 100 km/h                                  |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
| <b>Nombre moyen de jours avec brouillard / orage / grêle / neige</b> |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
| Données non disponibles  |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |

- : donnée manquante

. : donnée égale à 0

Ces statistiques sont établies sur la période 1981-2010 sauf pour les paramètres suivants : précipitations (1996-2010), température (1996-2010), vent (1996-2010).

Page 2/2

N.B.: La vente, redistribution ou rediffusion des informations reçues

Edité le : 25/09/2018 dans l'état de la base

en l'état ou sous forme de produits dérivés est strictement interdite sans l'accord de METEO-FRANCE

METEO-FRANCE – Direction de la Production  
42 avenue Gaspard Coriolis 31057 Toulouse Cedex  
<https://donneespubliques.meteofrance.fr>



**METEO FRANCE**  
Toujours un temps d'avance

## DUREES DE RETOUR DE FORTES PRECIPITATIONS

Episode : 1 jour – Méthode du renouvellement

Statistiques sur la période 1988–2008

### BRIVE (19)

Indicatif : 19031008, alt : 112 m., lat : 45°08'48"N, lon : 01°28'24"E

L'échantillon contient 23 valeurs pour 21 années traitées.

- les valeurs de dépassement sont ajustées par une loi de Pareto généralisée
- les nombres annuels de dépassements sont ajustés par une loi de POISSON

| Durée de retour | Hauteur estimée | Intervalle de confiance à 70 % |          |
|-----------------|-----------------|--------------------------------|----------|
| 5 ans           | 58.0 mm         | 52.6 mm                        | 63.4 mm  |
| 10 ans          | 68.1 mm         | 61.0 mm                        | 75.3 mm  |
| 20 ans          | 77.7 mm         | 67.8 mm                        | 87.6 mm  |
| 30 ans          | 83.1 mm         | 71.1 mm                        | 95.2 mm  |
| 50 ans          | 89.9 mm         | 74.5 mm                        | 105.2 mm |
| 100 ans         | 96.8 mm         | 77.8 mm                        | 119.8 mm |

Seuil d'ajustement : 36.0 mm

Paramètre de forme  $k = 0.0216$

Paramètre d'échelle = 14.0794

#### VALEURS MAXIMALES DE L'ECHANTILLON TRAITE

| Hauteur observée | Date       |
|------------------|------------|
| 101.2 mm         | 05/07/2001 |
| 69.2 mm          | 05/07/1996 |
| 59.8 mm          | 24/09/1993 |
| 55.8 mm          | 23/04/2005 |
| 52.8 mm          | 04/06/1992 |

\* Les statistiques sont établies à partir de valeurs quotidiennes relevées entre 6 heures et 6 heures UTC\*\* (le lendemain)

\*\* heure légale = heure UTC + 1 (hiver) ou heure UTC + 2 (été)

Page 1/2

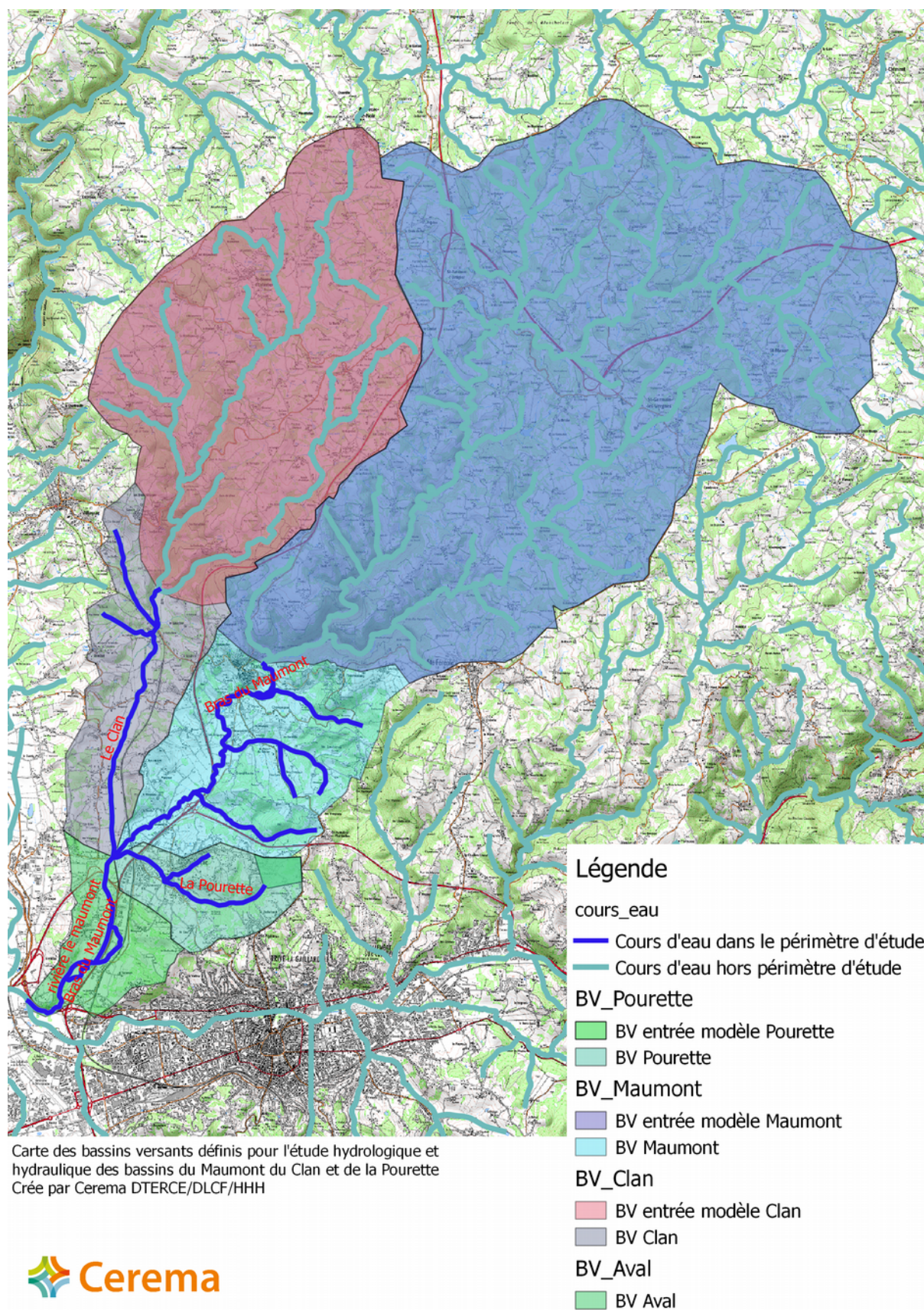
Edité le : 18/01/20

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

Centre Départemental de la Corrèze  
Rue du Gal Pierre Pouyade 19100 Brive  
Tél. : 0555863200 – Fax : 0555863205 – Email : cdm19@meteo.fr



# ANNEXE C



# ANNEXE D

## Temps de concentration

$t_c$  : temps de concentration (**min**) ;

$TC$  : temps de concentration (**h**) ;

$S$  : surface du BV (**km<sup>2</sup>**) ;

$s$  : surface du BV (**ha**) ;

$L$  : Longueur du plus long Talweg (**km**) ;

$l_0$  : Longueur du plus long Talweg (**m**) ;

$H$  : dénivelé du plus long talweg (**m**) = altitude max du BV (**m**) – altitude exutoire (**m**) ;

$P$  : pente moyenne du plus long Talweg (**m/m**) ;

$C$  : coefficient de ruissellement (-).

$$P = \frac{H}{1000 L}$$

$a, b$  : valeurs des coefficients de Montana  $I = a \cdot t^{-b}$  quand  $I$  est en mm/h et  $t$  en minute.

| Formules                           | Expressions  | Expressions équivalentes  | Validité + commentaires  |
|------------------------------------|--|---|--|
| Ventura                            | $t_c = 7,63 \sqrt{\frac{S}{P}}$  | $TC = 0,1272 \sqrt{\frac{S}{P}}$  | BV à pente faible :<br>BV > 10 km <sup>2</sup> (hydraulique de l'ingénieur Gaston Remenieras, Eyrolles 1965)                   |
| Passini<br>(appelée aussi Turazza) | $t_c = 6,48 \frac{(L.S)^{\frac{1}{3}}}{\sqrt{P}}$  | $TC = 0,108 \frac{(L.S)^{\frac{1}{3}}}{\sqrt{P}}$   | Validité :<br>BV ruraux > 40 km <sup>2</sup><br>(hydraulique de l'ingénieur Gaston Remenieras, Eyrolles 1965)                  |
| Ventura<br>Passini                 | $TC = \beta \frac{(L.S)^{\frac{1}{3}}}{\sqrt{P}}$<br>avec<br>$\beta = \frac{1}{C^{5/3} \cdot a^{2/3}}$ |   | Avec $\beta = 0,108$ on retrouve formule de Passini.   |
| Giandotti                          | $TC = \frac{4\sqrt{S} + 1,5 L}{0,8\sqrt{H}}$   | $t_c = 75 \frac{4\sqrt{S} + 1,5 L}{\sqrt{H}}$<br>$TC = \frac{4\sqrt{S} + 1,5 L}{25,3\sqrt{LP}}$ | Validité :<br>500 km <sup>2</sup> < BV < 700 km <sup>2</sup>   |
| Kirpich                            | $t_c = 0,0195 \frac{l_0^{0,77}}{P^{0,385}}$  | $t_c = 0,0195 \frac{(1000 L)^{0,77}}{P^{0,385}}$<br>$TC = (0,868 L^3 / H)^{0,385}$              | Validité : 20 km <sup>2</sup> < BV < 100 km <sup>2</sup> + non canalisées (assainissement des agglomérations ; Louis Colombet) |
| SOGREAH                            | $t_c = 0,90 \frac{s^{0,35}}{C^{0,35} \sqrt{P}}$  | $t_c = 0,90 \frac{(100 S)^{0,35}}{C^{0,35} \sqrt{P}}$   | Validité : ?   |

| Formule  | Expression   | Expression équivalente  | Validité + commentaires   |
|--|--|---|---|
| Espagnole  | $TC = 0,3 \left( \frac{L}{P^{0,25}} \right)^{0,77}$  | $tc = 18 \frac{L^{0,77}}{P^{0,1925}}$   | Validité : ?  |
| de Dujardin                                      | $tc = \frac{1,78 \cdot S^{0,35}}{C^{0,2} P^{0,4}}$   | $tc = \frac{8,92 \cdot S^{0,35}}{C^{0,2} P^{0,4}}$  | Validité : ?  |
| Johnstone et Cross (1949)                        | $TC = 5,66 \cdot 10^{-3} \left( \frac{lo}{P} \right)^{0,5}$  |   | Validité : ?  |
| Bressand - Gollossoff                            | $tc = \frac{1000 L}{60 V}$<br>Avec V : vitesse en m/s<br>*si $P < 0,01$ : $V=1$<br>*si $0,01 < P < 0,1$ :<br>$V = (100 P + 8)/9$<br>*si $P > 0,1$ $V=2$  |   | Formule physique<br>Validité : cours d'eau du Gard, (cours d'eau cévenols ou BV à réponse rapide)                           |
| Méthode des Vitesses (ou assainissement Routier) | $TC = \frac{L}{3,6 \cdot V}$<br>avec V : vitesse en m/s dépendant de la pente P et de la nature de l'impluvium (cf : tableau 2)  |   | Formule physique et non empirique   |
| Richards   | $\frac{TC^3}{TC+1} = 9,81 \frac{K}{CR} \frac{L^2}{P \cdot k}$<br><br><i>avec <math>R = i(1 + TC)</math></i><br><i>avec <math>i = a \cdot (60 TC)^{-b}</math></i><br><i>avec K fct de CR</i><br><br>selon abaque suivant :<br>petit 'k': abattement de l'averse<br>(en général on prend, $k=1$ ). | $i = a \cdot (tc)^{-b}$<br><br>au lieu d'utiliser l'abaque pour K on peut utiliser :<br>$K = \gamma (CR)^\beta$<br>avec $0 < CR < 55$ :<br>$\gamma = 0,26$ et $\beta = 0,72$<br>si $55 < CR < 200$ :<br>$\gamma = 0,12$ et $\beta = 0,53$ | Validité : ?<br><br>Formule implicite, recherche par itération en initialisant avec la valeur donnée par Passini ou Kirpich |

Tableau 1 : Expression des Temps de concentration selon différentes formules

| Pente (%) | Pâturage dans la partie supérieure du bassin versant | Bois dans la partie supérieure du bassin versant | Impluvium naturel mal défini |
|-----------|--|--|------------------------------|
| 0-3       | 0.45   | 0.3  | 0.3                          |
| 4-7       | 0.9  | 0.6  | 0.9                          |
| 7-11      | 1.3  | 0.9  | 1.5                          |
| 11-15     | 1.3  | 1.05   | 2.4                          |

Tableau 2 : Vitesse en m/s pour la méthode des vitesses



# ANNEXE E

## Méthode d'estimation de la période de retour

On ne peut associer un débit à une fréquence (ou période de retour) sans faire une hypothèse sur la loi de probabilité : la fonction de répartition.

On peut montrer que la loi suivie par la valeur maximum sur une durée fixée d'une variable aléatoire ayant de nombreuses réalisations indépendantes sur la durée fixée, suit une loi de Gumbel.

Ainsi la loi de Gumbel est couramment employée en hydrologie notamment pour les débits instantanés maximums annuels.

On peut supposer que les débits de pointe (débit maximum instantané) suivent une loi de Gumbel, ce qui permet connaissant le débit décennal  $Q_{10}$  et le débit centennal  $Q_{100}$  du bassin versant, d'estimer les 2 paramètres de la loi de Gumbel, à savoir : le gradex et  $q_0$  (le paramètre de position).

En utilisant la loi de Gumbel, la fonction de répartition du débit est :

$$F(Q) = \exp\left(-\exp\left(-\frac{Q - q_0}{s}\right)\right)$$

Soit  $F(u) = \exp(-\exp(-u))$  avec  $u$  la variable réduite de Gumbel  $u = \frac{Q - q_0}{s}$

Soit  $Q = q_0 + s \times u$

On a  $u = -\ln(-\ln(F(u)))$

$F$  correspond à la fréquence de non dépassement, et donc :

$$F = 1 - \frac{1}{T} \quad \text{avec } T \text{ la période de retour en années.}$$

Pour  $T=10$  ans, on a  $F(u_{10})=0.9$ , soit  $u_{10}=-\ln(-\ln(0.9))=2.25$ .

Pour  $T=30$  ans, on a  $F(u_{30})=0.967$ , soit  $u_{30}=-\ln(-\ln(0.97))=3.38$ .

Pour  $T=100$  ans, on a  $F(u_{100})=0.99$  ; soit  $u_{100}=-\ln(-\ln(0.99))=4.60$ .

on a donc :

$$Q_{100} = q_0 + s \times 4.60$$

On peut donc, à l'aide des 2 équations précédentes, estimer les 2 paramètres de la loi de Gumbel :  $s$  et  $q_0$ .

$$s = \frac{Q_{100} - Q_{10}}{(4.60 - 2.25)} = \frac{Q_{100} - Q_{10}}{2.35}$$

$$q_0 = Q_{10} - s \times 2.25 = \frac{4.60}{2.35} Q_{10} - \frac{2.25}{2.35} \times Q_{100} \simeq 1.957 \times Q_{10} - 0.957 \times Q_{100}$$

On peut donc calculer pour un débit  $Q$  donné, la fréquence de non dépassement du débit  $Q$  :

$$F(Q) = \exp\left(-\exp\left(\frac{-Q + q_0}{s}\right)\right)$$

puis la période de retour :

$$T = \frac{1}{1 - F}$$

donc pour un débit  $Q$  ( $Q > Q_{10}$ ), on estime sa période de retour par :

$$T = \frac{1}{1 - \exp\left(-\exp\left(\frac{-Q + q_0}{s}\right)\right)}$$