DDT de l'Yonne

Elaboration des PPRI par débordement de l'Yonne – Cartographie des crues intermédiaires – Déclinaison de la Directive Inondation

Lot 1 : Etude hydrologique et hydraulique globale de l'Yonne

COPIL de fin de phase 1 & phase 2.1

Mercredi 2 juillet 2014

L'Yonne à Auxerre

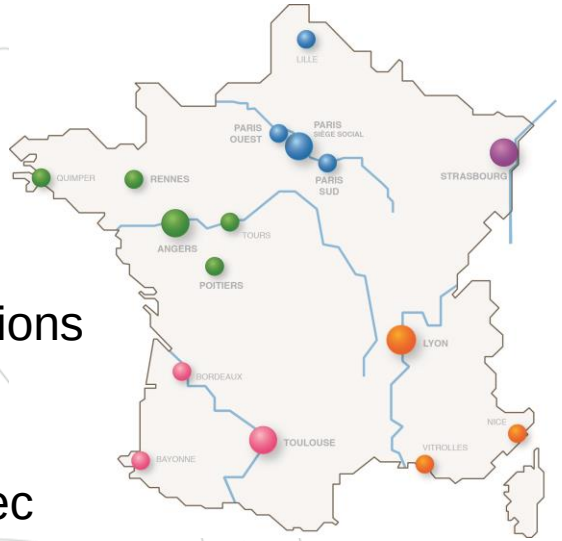
SOMMAIRE

1. Présentation du bureau d'études hydratec
2. Contenu de la mission d'hydratec
3. Phase 1 : Etat des lieux
4. Phase 2.1 : Analyse hydrologique

1 - Présentation d'hydratec

1.1 L'entreprise

- Ingénierie de l'eau et des milieux aquatiques
- Fondée en 1974
- 150 collaborateurs
- Nombreuses implantations géographiques
- Société du groupe setec
- Indépendance



1 - Présentation d'hydratec

1.2 Domaines d'intervention

- Hydraulique urbaine & traitement des eaux
- **Hydraulique fluviale** & maritime
- Hydrogéologie, ressource
- Environnement industriel
- Métrologie et hydro-informatique

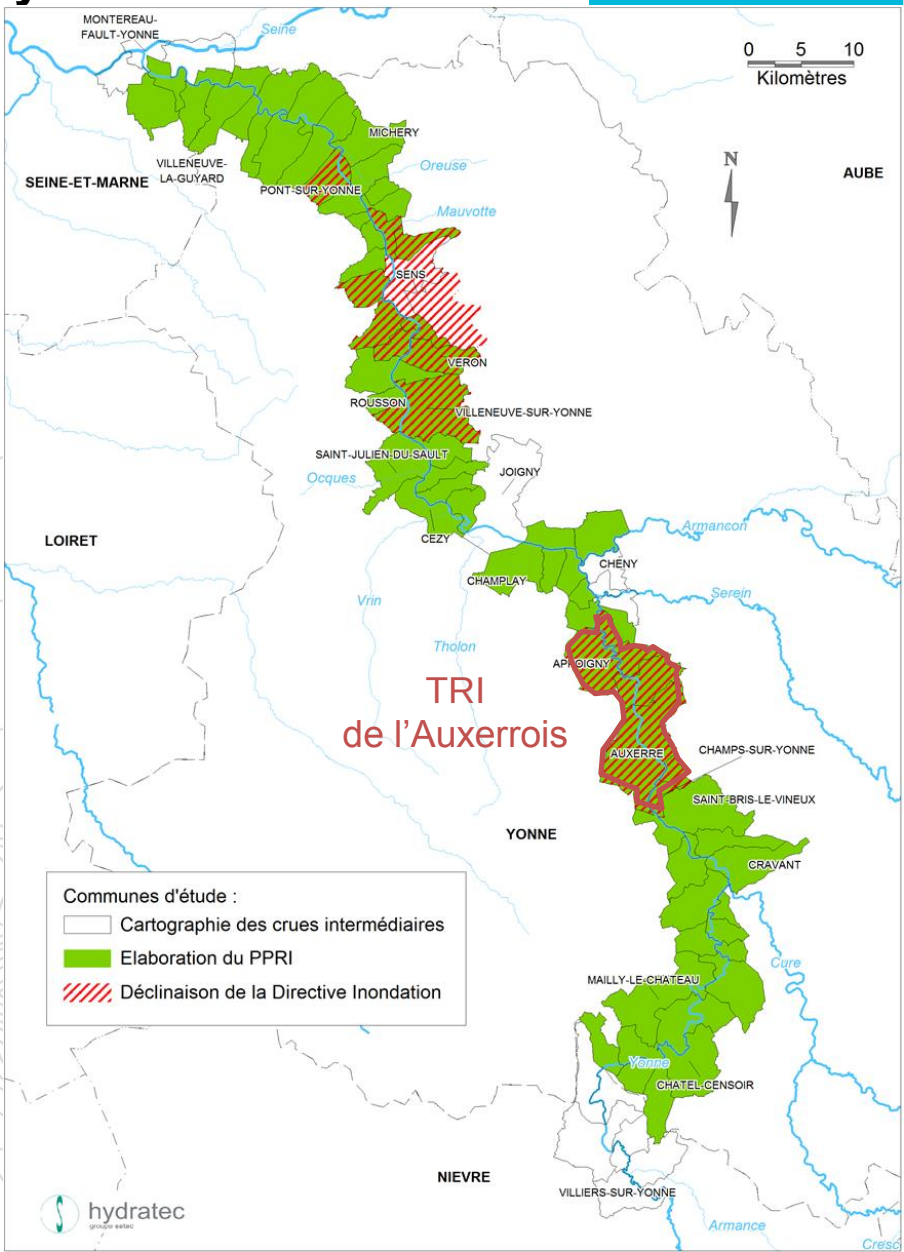
- Études et maîtrise d'œuvre
- Aménagements de cours d'eau
- Étiages, crues et inondations
- Digues et barrages
- Navigation, ports fluviaux
- → Hydro-informatique : hydrariv

2 - Contenu de la mission d'hydratec

2.1 Territoire

- Territoire : 87 communes riveraines de l'Yonne de Villiers-sur-Yonne (58) à Montereau-Fault-Yonne (77)

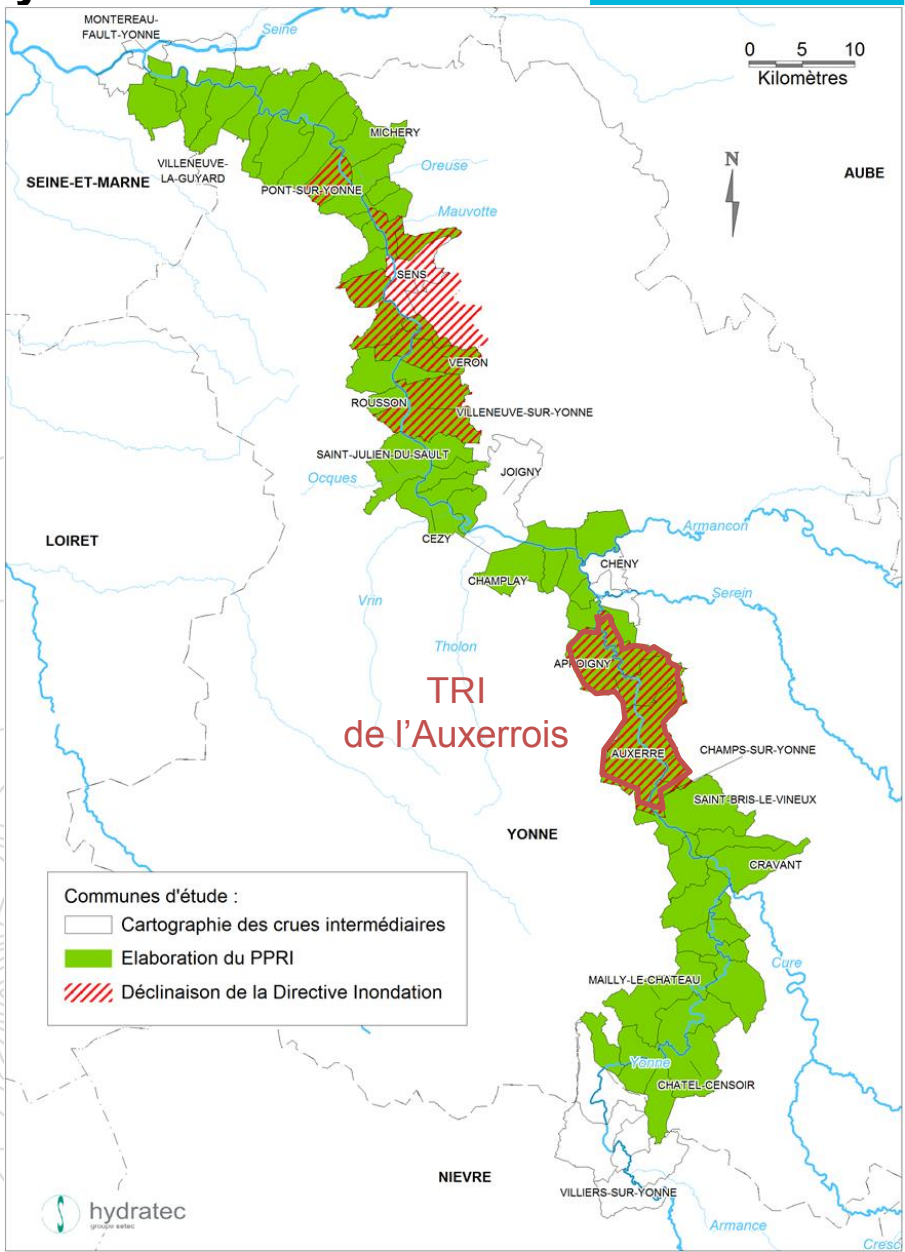
=> + de 200 km de rivière



2 - Contenu de la mission d'hydratec

2.2 Objectifs

- Elaborer un nouveau Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) par débordement de l'Yonne : 72 communes
- Elaborer un Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN) par ruissellement et/ou mouvement de terrain : 11 communes
- Cartographier l'inondation par les crues fréquente, moyenne et exceptionnelle sur les Territoires à Risque Important d'Inondation (TRI) : 6 communes de l'Auxerrois + 12 communes du Sénonais (Directive Inondation)
- Cartographier les zones inondées pour un large panel de crues (Gestion de Crise) : 87 communes



2 - Contenu de la mission d'hydratec

2.3 Déroulé de l'étude

Réunion de démarrage
19/09/2013

CoTech
29/01/2014 ←

CoTech
22/05/2014 ←

- Phase 1 : Etat des lieux
- Phase 2.1 : Analyse hydrologique
- Phase 2.2 : Analyse hydraulique (modélisations)
- Phase 3 : Cartographie de l'ensemble des aléas : débordement de l'Yonne, ruissellement, mouvement rapide de terrain
- Phase 4 : Cartographie du pré-zonage réglementaire du PPRI
- Phase 5&6 : Rédaction de la note de présentation du PPRI et reproduction du dossier
- Phase 7 : Rapport final et réunions publiques de présentation (x5)

L'Yonne à Auxerre

3. PHASE 1 : ETAT DES LIEUX

1. Objectifs et méthode
2. Présentation générale du bassin versant (bv)
3. Spécificités de la vallée de l'Yonne
4. Analyse hydrogéomorphologique
5. Enseignements des enquêtes auprès des communes
6. Connaissance de l'aléa inondation dans la vallée de l'Yonne
7. Analyse locale des sites de ruissellement urbain et mouvement de terrain

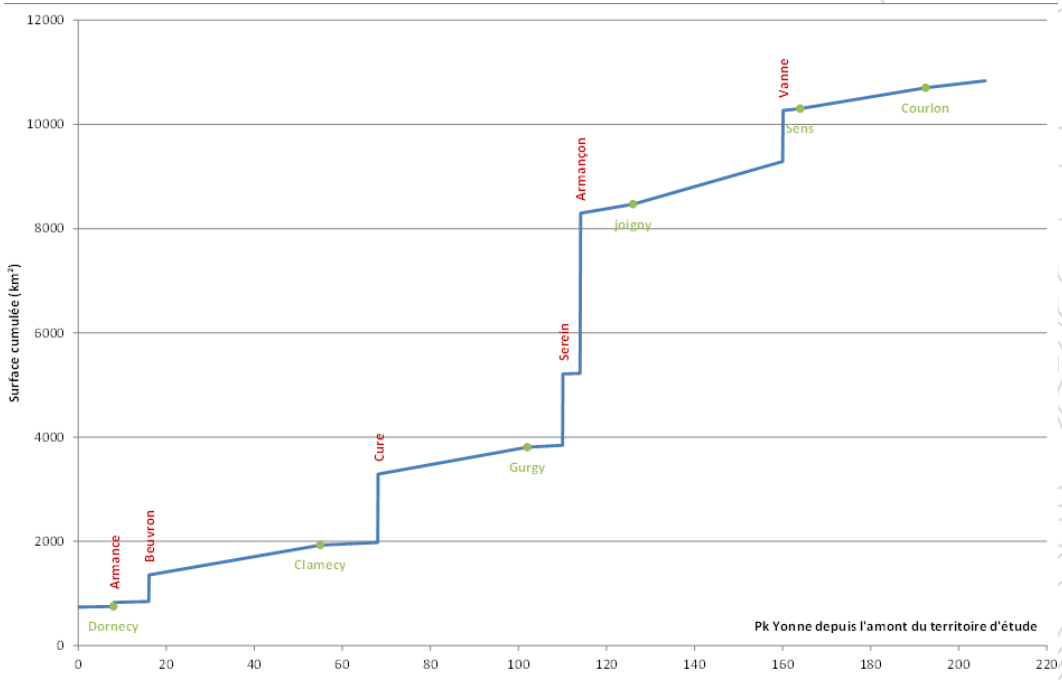
3.1 – Objectifs et méthode

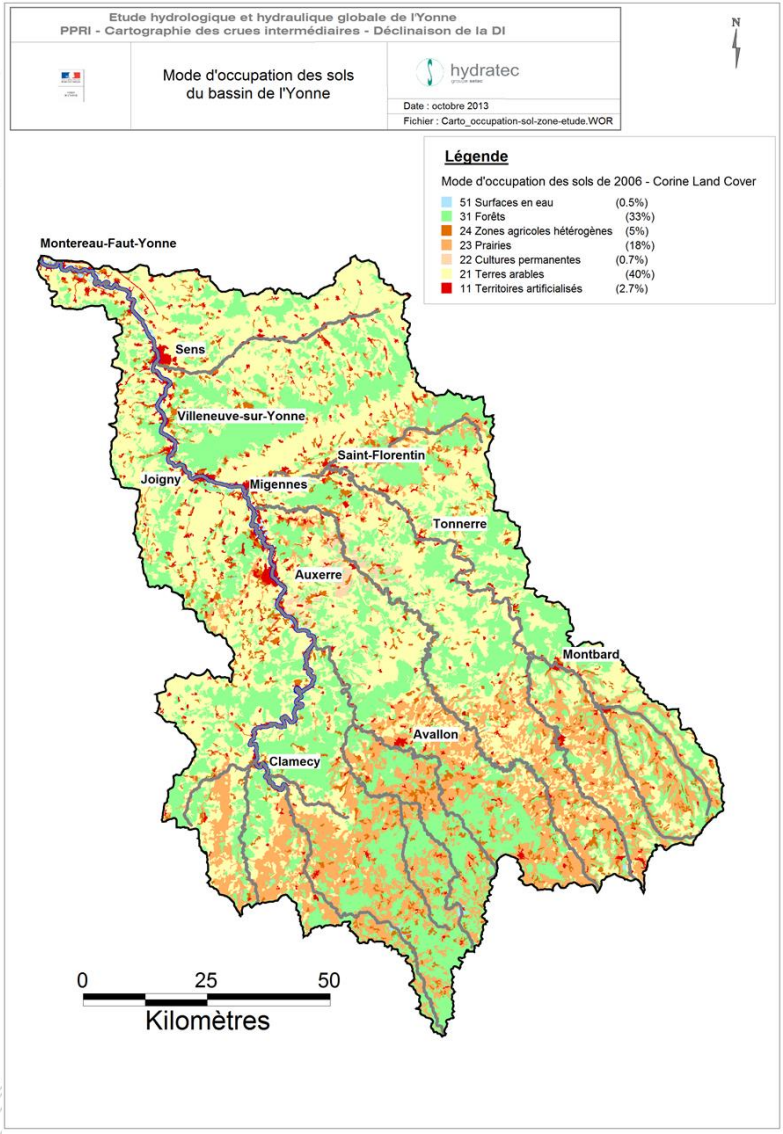
- Objectifs de la phase 1 :
  - Faire une synthèse de la connaissance actuelle du fonctionnement du territoire en crue
  - Réaliser la « Cartographie informative des risques naturels » du PPRI

- Méthode :
  - Enquêtes auprès des administrations / services
    → 15 structures, 54 contacts, 15 comptes rendus
  - Enquêtes en communes :
    - Questionnaire aux 87 communes
    - Entretiens avec les élus de 34 communes (+ terrain) → 34 CR
  - Terrain : avec les élus, avec les agents de VNF sur les barrages

3.2 – Présentation générale du bassin versant (bv)

- Surface : 10 800 km², orienté NE/SO
- Succession plaines/plateaux
- 4-5 affluents principaux (RD)
- Occupation du sol : cultures (45%), forêts (33%), prairies (18%)

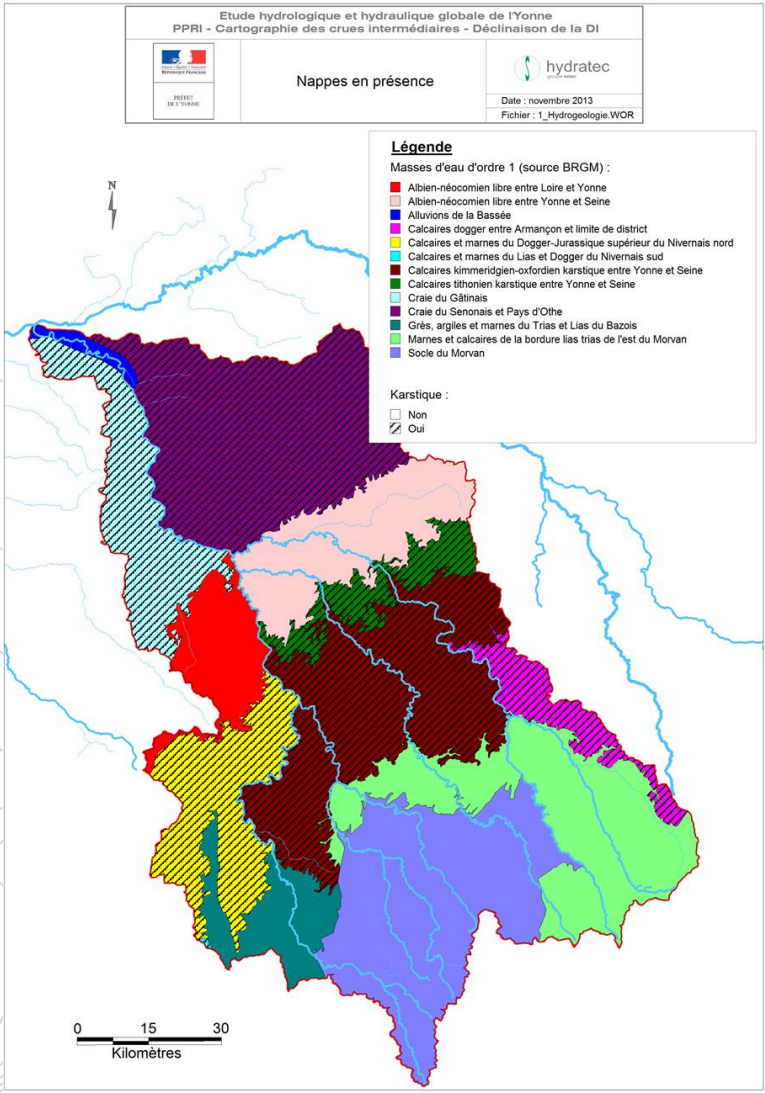




3.2 – Présentation générale du bassin versant (bv)

- Géologie :
  - massif du Morvan (ère primaire),
  - plateaux marno-calcaires du Jurassique (ère secondaire),
  - calcaires du Crétacé supérieur (ère secondaire),
  - des dépôts d'accumulation du Tertiaire et du Quaternaire

- Hydrogéologie :
  sols karstiques sur la partie médiane du bv et en aval

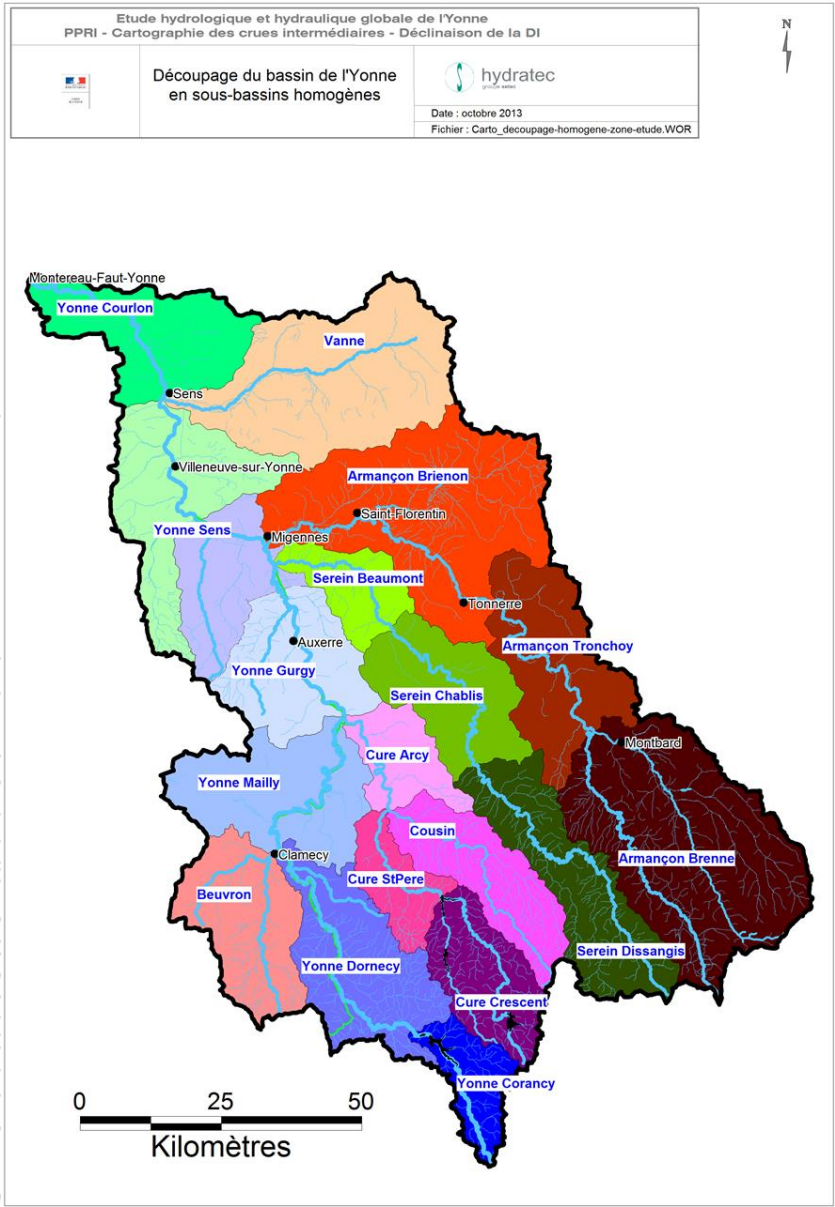


3.2 – Présentation générale du bassin versant (bv)

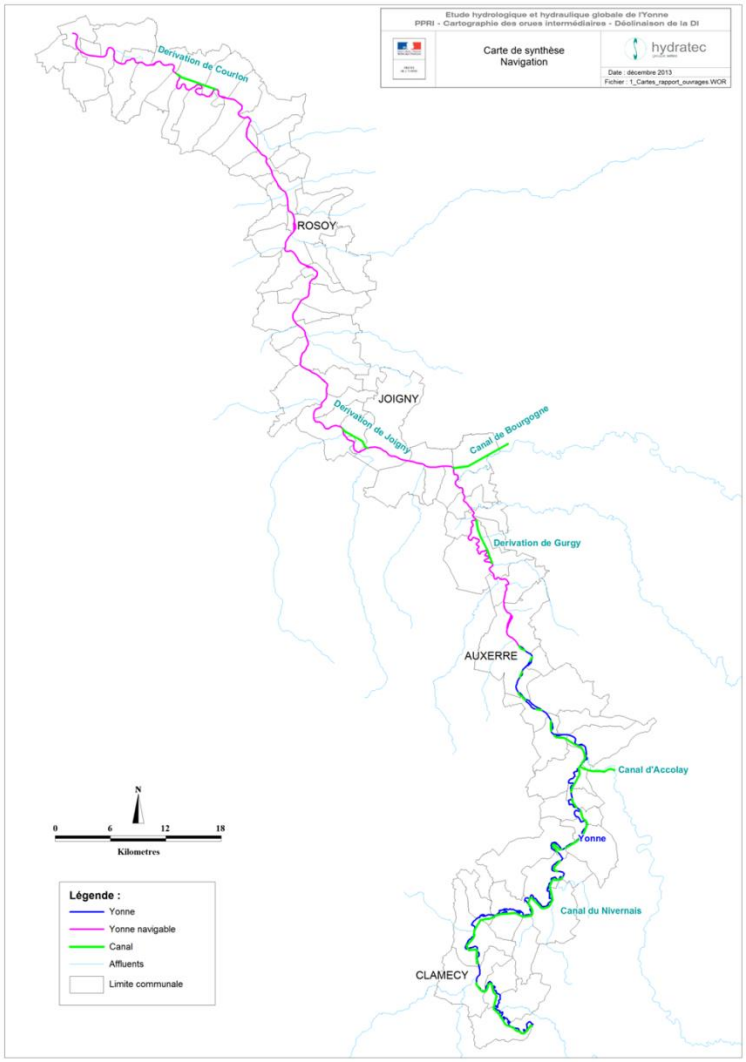
- Les barrages réservoirs des Grands Lacs de Seine :
  - Pannecière sur l'Yonne :
    Création en 1949
    Soutien d'étiage + écrêtement des crues
    Contrôle 2% du bv de l'Yonne
  - Sur la Cure et sur le Chalaux :
    Fonctionnement mal connu
    Apports de la Cure dans l'Yonne peu laminés avec leur mode de gestion actuel

3.2 – Présentation générale du bassin versant (bv)

- Synthèse : Découpage en sous-bv homogènes :
  - 2 ss-bv de tête (Morvan) imperméables
  - Ss-bv amont imperméables
  - Ss-bv intermédiaires karstiques
  - Ss-bv aval, hétérogènes



3.3 – Spécificités de la vallée de l'Yonne

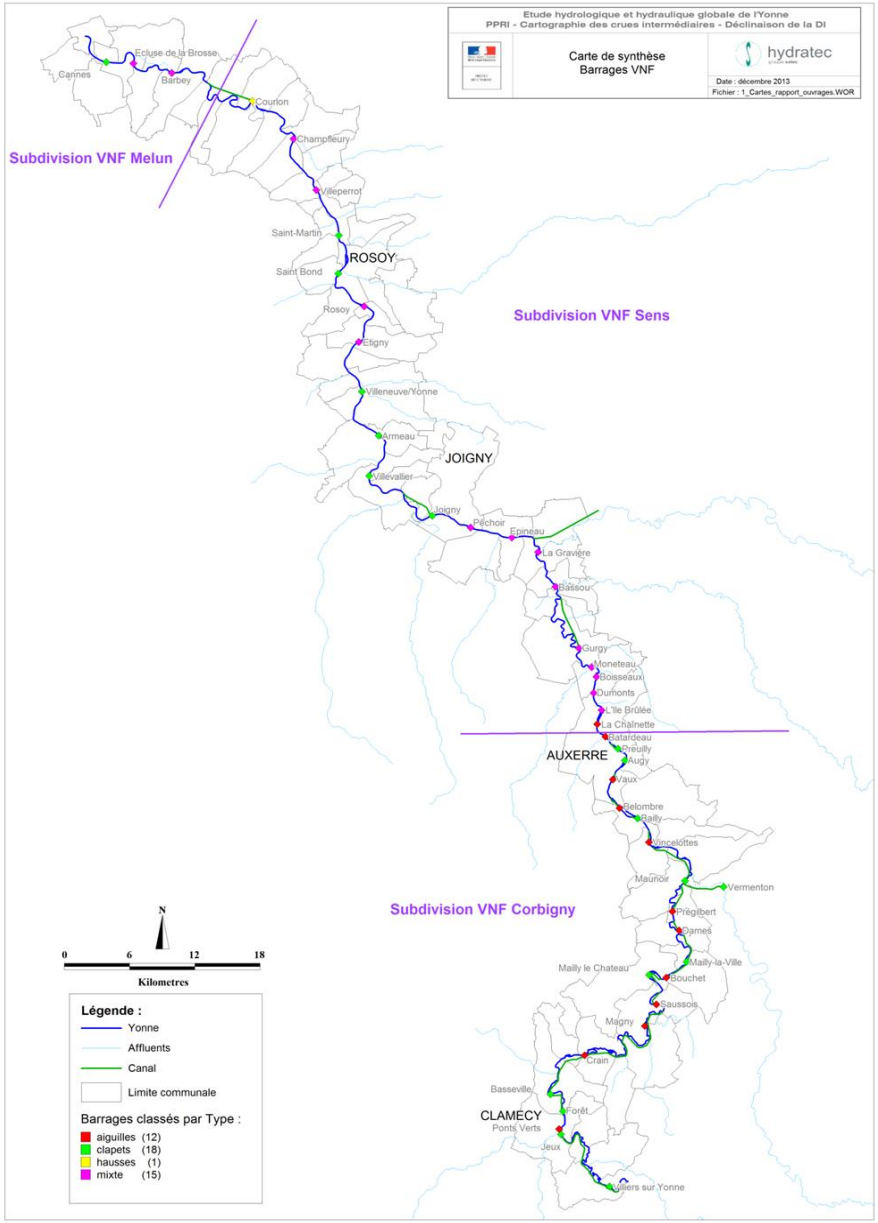


- Navigation fluviale :
  - A l'aval d'Auxerre, Yonne navigable, à l'exception de 3 courtes déviations
  - Via le canal du Nivernais en amont (râcles communs à la rivière et au canal)
    Plaisance, du 15 mars au 15 novembre
    Débit moyen consommé par la navigation < 0.4 m^3/s[(1)]

[(1)] Source : Etude du canal du Nivernais, DDE58, hydratec, 2007

3.3 – Spécificités de la vallée de l'Yonne

- Ouvrages hydrauliques de la vallée :
  - Barrages VNF : x46, gérés par 3 subdivisions (divisées en secteurs)
    - A aiguilles : à l'amont d'Auxerre
      A clapet : sur tout le linéaire
      A hausses : 1 seul (Courlon)
      Mixte : à l'aval d'Auxerre



3.3 – Spécificités de la vallée de l'Yonne

- Ouvrages hydrauliques de la vallée :
  - Barrages VNF : x46, gérés par 3 subdivisions (divisées en secteurs)
    - Gestion des barrages :

      Peu formalisée

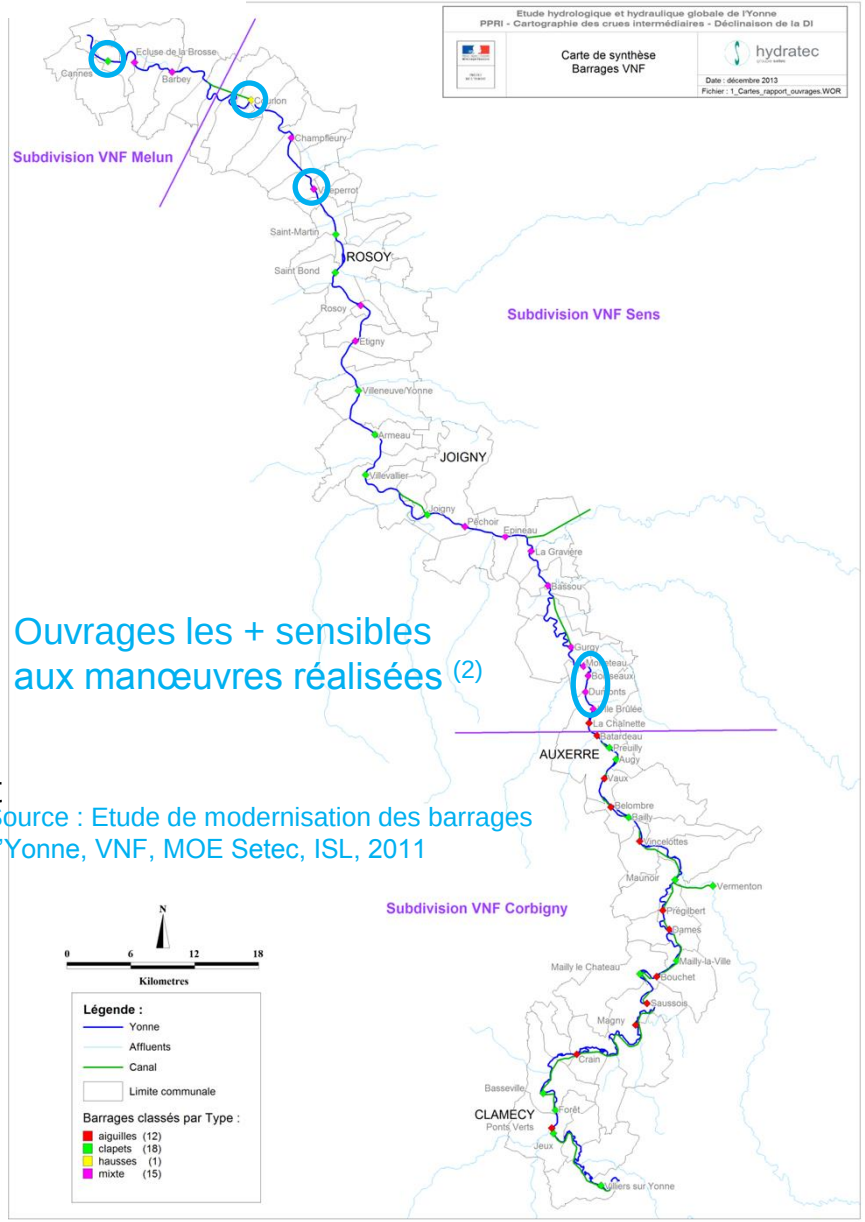
      Organisée à l'échelle des secteurs ou subdivisions

      Anticipation capitale en crue, basée sur Vigicrues + pluviométrie

      Interventions jusqu'à 2-3 fois par jour

      Ordre d'ouverture en crue :

      - 1. barrages à aiguilles, 2. barrages à clapet
      - de l'aval vers l'amont si Yonne pentue (jusqu'à l'Armançon), de l'amont vers l'aval sinon

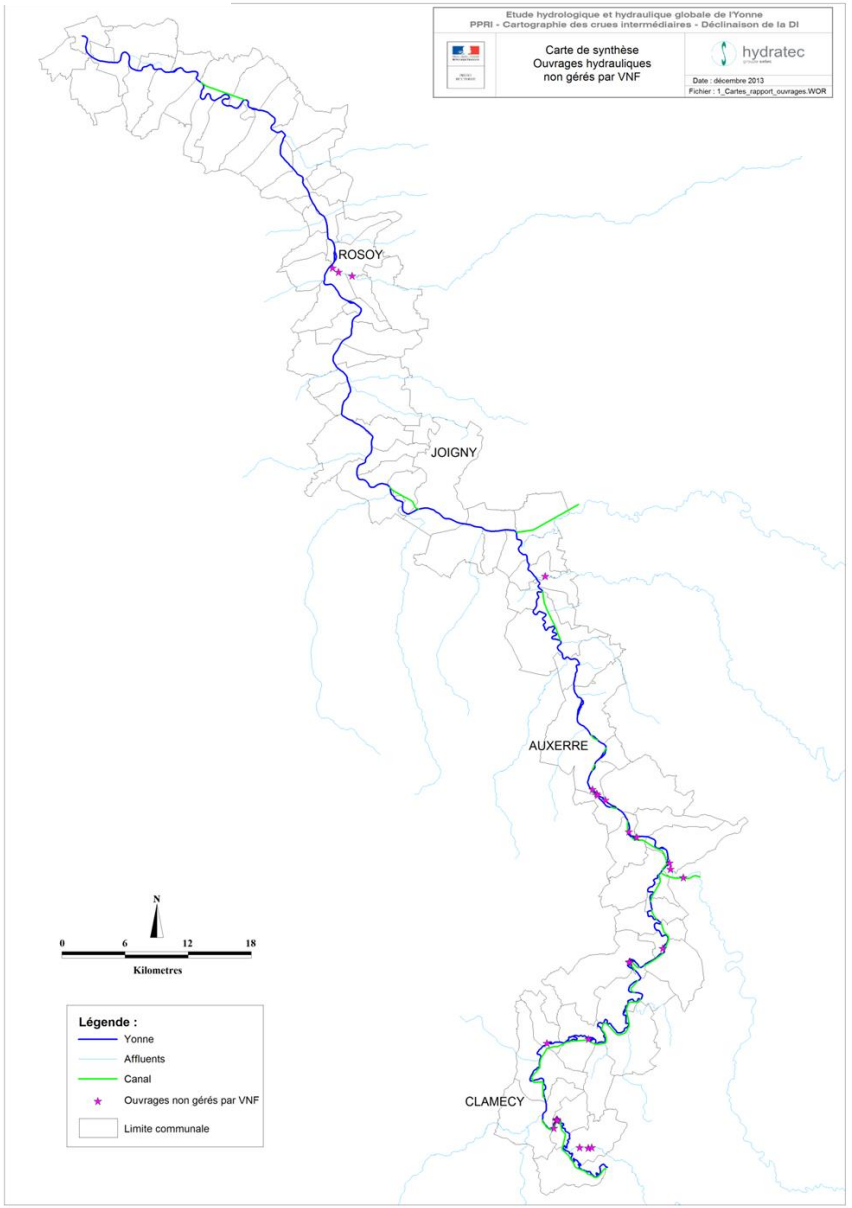


(2) Source : Etude de modernisation des barrages de l'Yonne, VNF, MOE Setec, ISL, 2011

3.3 – Spécificités de la vallée de l'Yonne

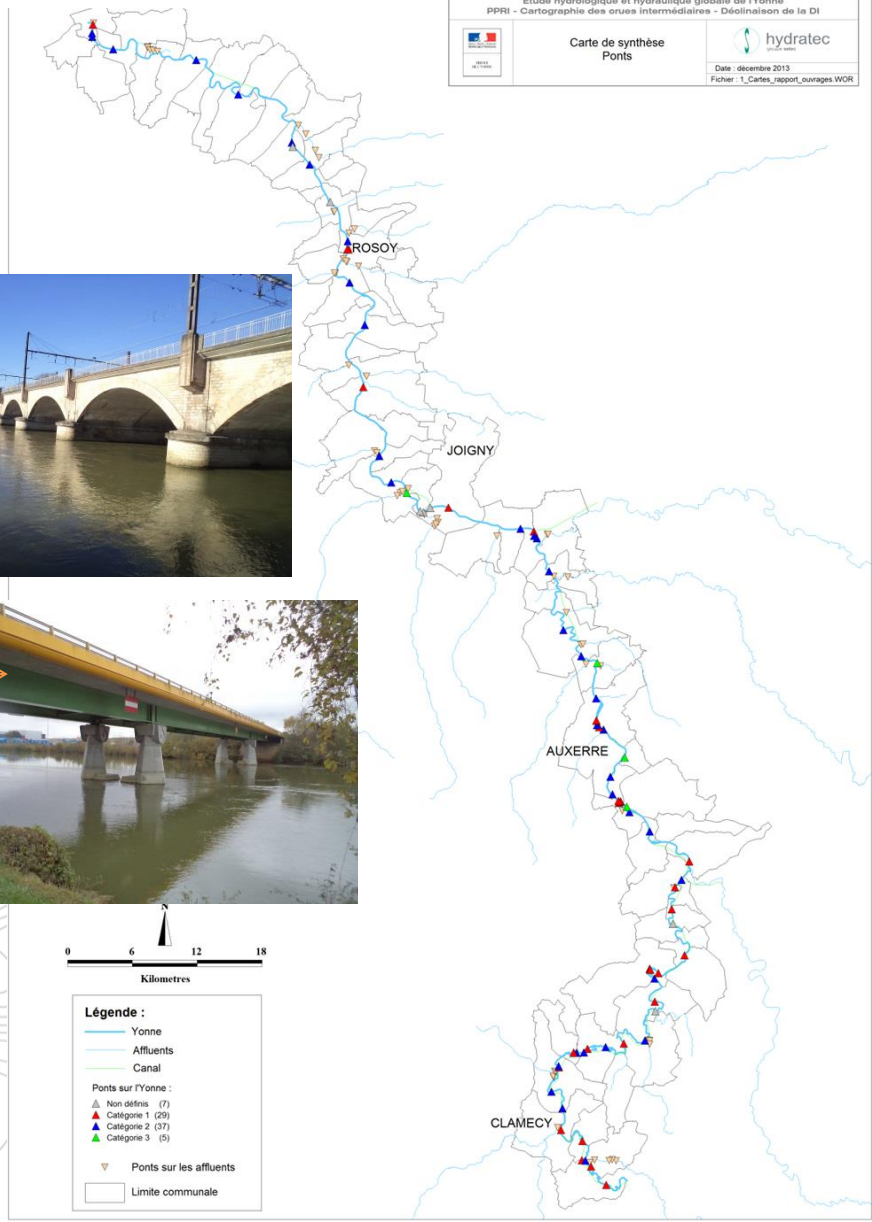
- Ouvrages hydrauliques de la vallée :
  - Barrages non gérés par VNF :
    - Principalement à l'amont d'Auxerre
    - Anciens moulins privés, sur bras privés de l'Yonne, peu/pas entretenus ni manœuvrés (1/4 manœuvrés)
      → Peu d'influence sur les crues de l'Yonne

Mailly-le-Château

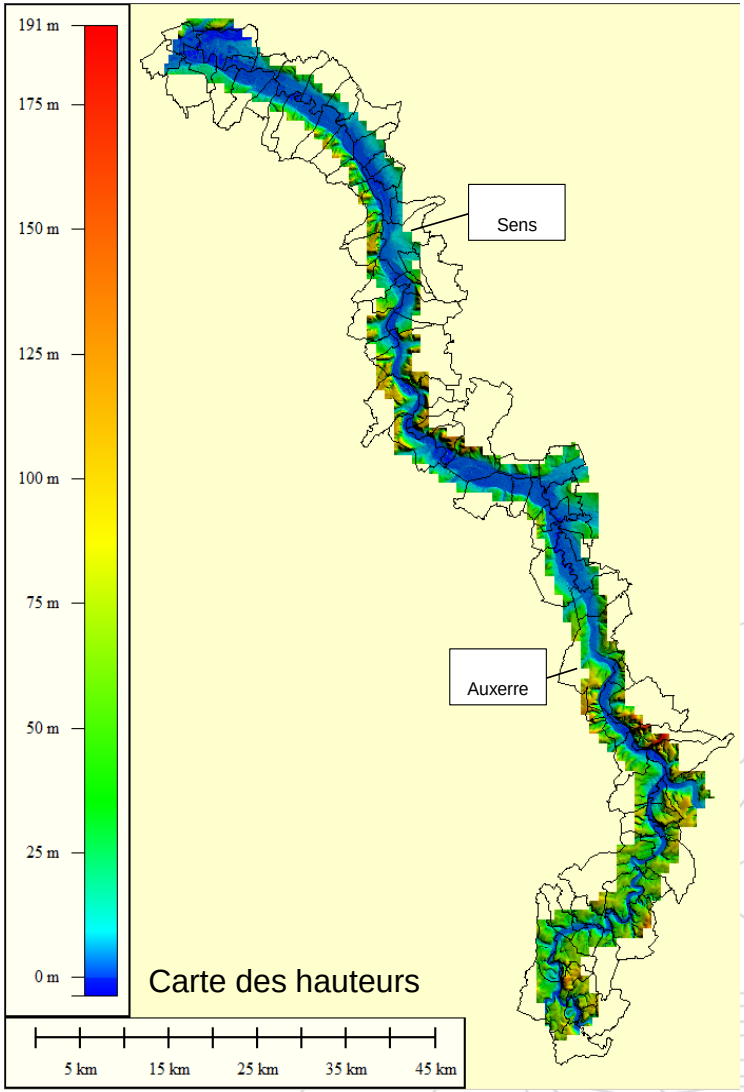


3.3 – Spécificités de la vallée de l'Yonne

- Ponts de la vallée :
  - 78 ponts → fiches de ponts
  - Classés en 3 catégories selon les pertes de charges potentielles :
    - Cat 1 : ponts de pierre avec arches : en amont d'Auxerre
    - Cat 2 :ponts modernes avec pile(s) en lit mineur,
    - Cat 3 : ponts modernes sans piles : au centre du linéaire [Auxerre – Joigny]



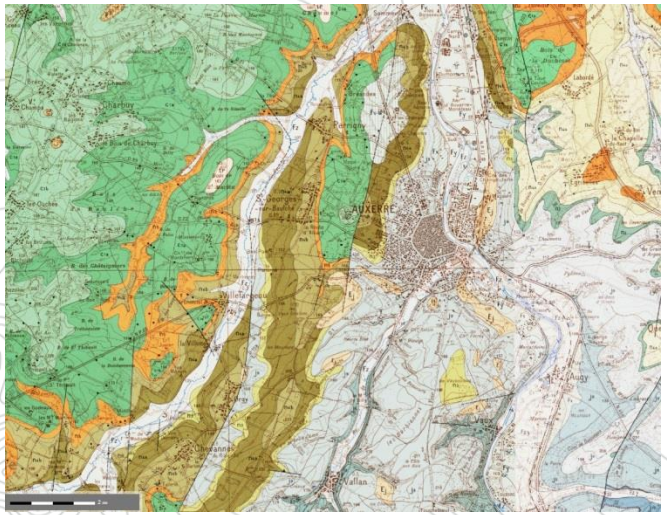
3.4 – Analyse hydrogéomorphologique



Carte des hauteurs

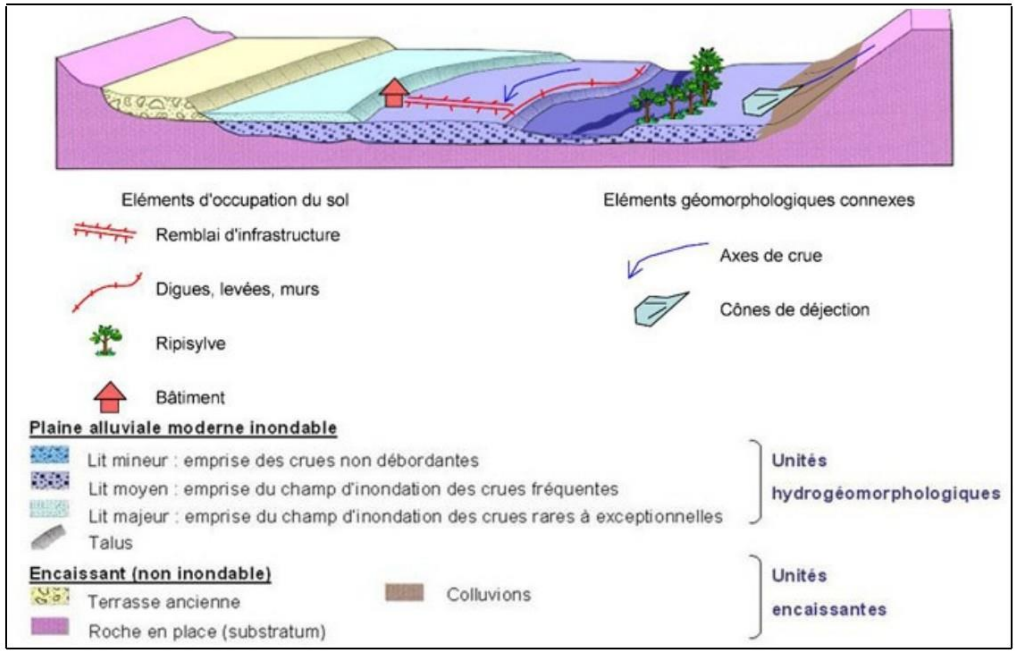
- Objet : compréhension du fonctionnement hydraulique global de la vallée

- Données utilisées : Modèle Numérique de Terrain (MNT) Lidar, BDgeol50, BDortho, Scan25



- Méthode : Génération d'une carte des hauteurs par rapport au fond de vallée

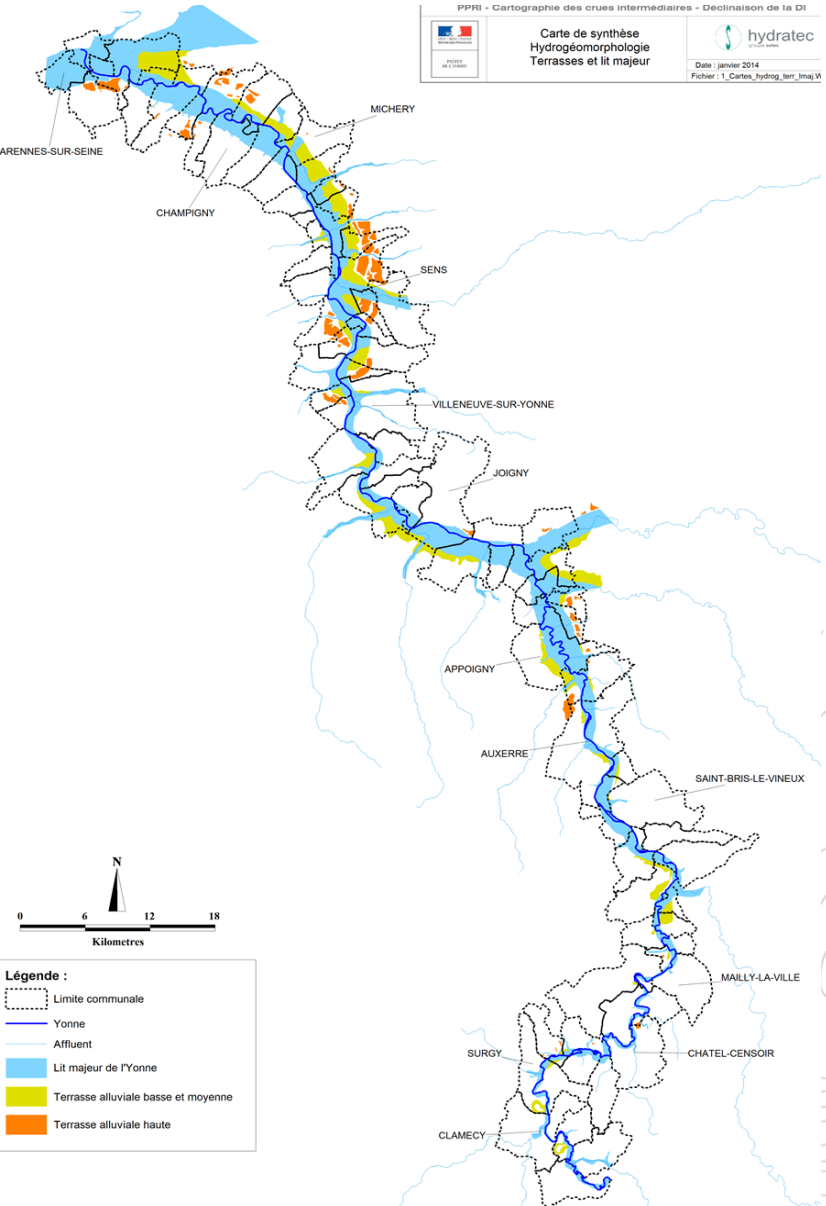
3.4 – Analyse hydrogéomorphologique



- Résultat : cartographie
  - des unités hydrogéomorphologiques inondables (lit mineur, moyen, majeur)
  - des unités encaissantes non inondables (terrasses alluviales)
  - des éléments anthropiques d'occupation du sol à rôle hydrodynamique (plans eau, terrassements, merlons de berge, ouvrages hydrauliques…)

→ **Atlas hydrogéomorphologique A0 -1/25000ème**

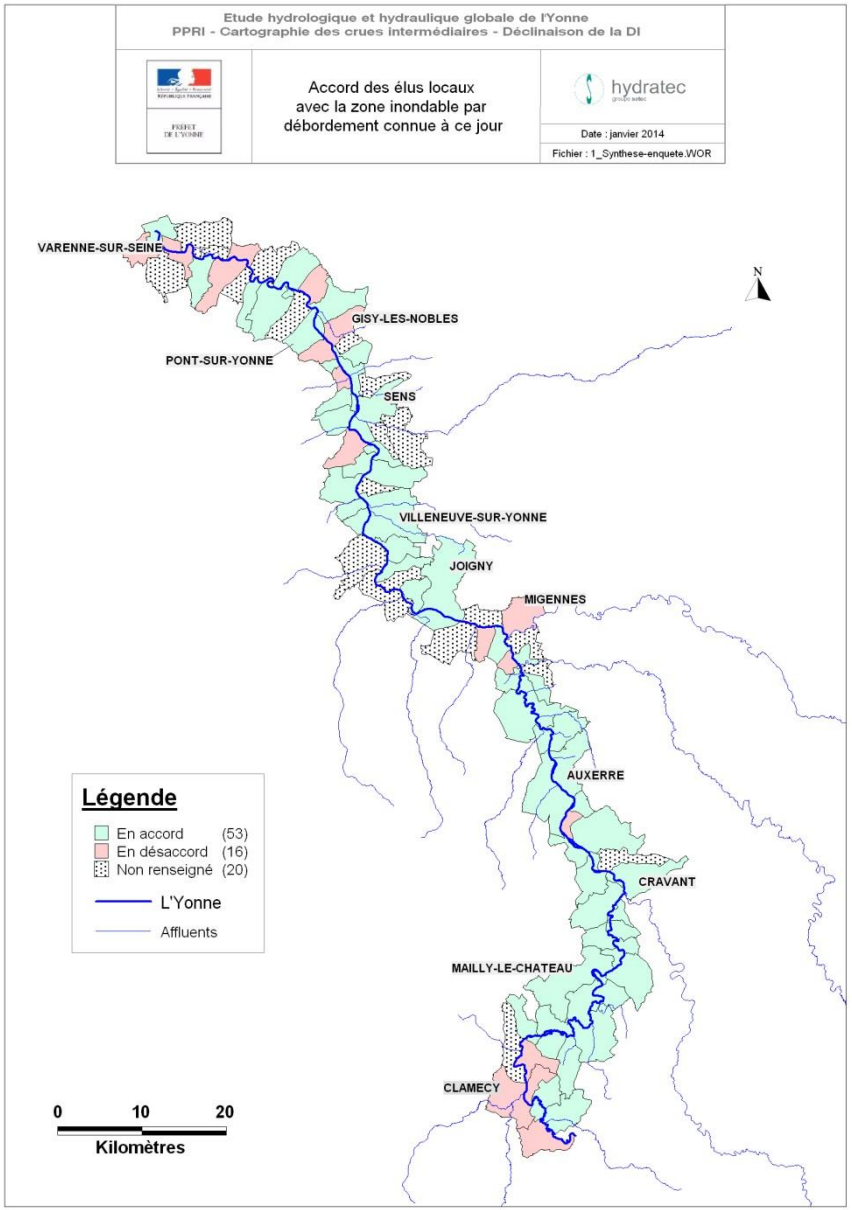
3.4 – Analyse hydrogéomorphologique



- Cas de la vallée de l'Yonne :
  - Lit moyen peu présent
  - Lit majeur de largeur variable :
    - 600 m à 3 km de large
    - fort élargissement autour des confluences avec Serein et Armançon (2-3 km de large)
    - Fort étranglement de Villevalier à Véron (<1 km de large)
  - Plans d'eau, merlons de berges et remblais présents sur la partie canalisée de l'Yonne (à partir d'Auxerre)

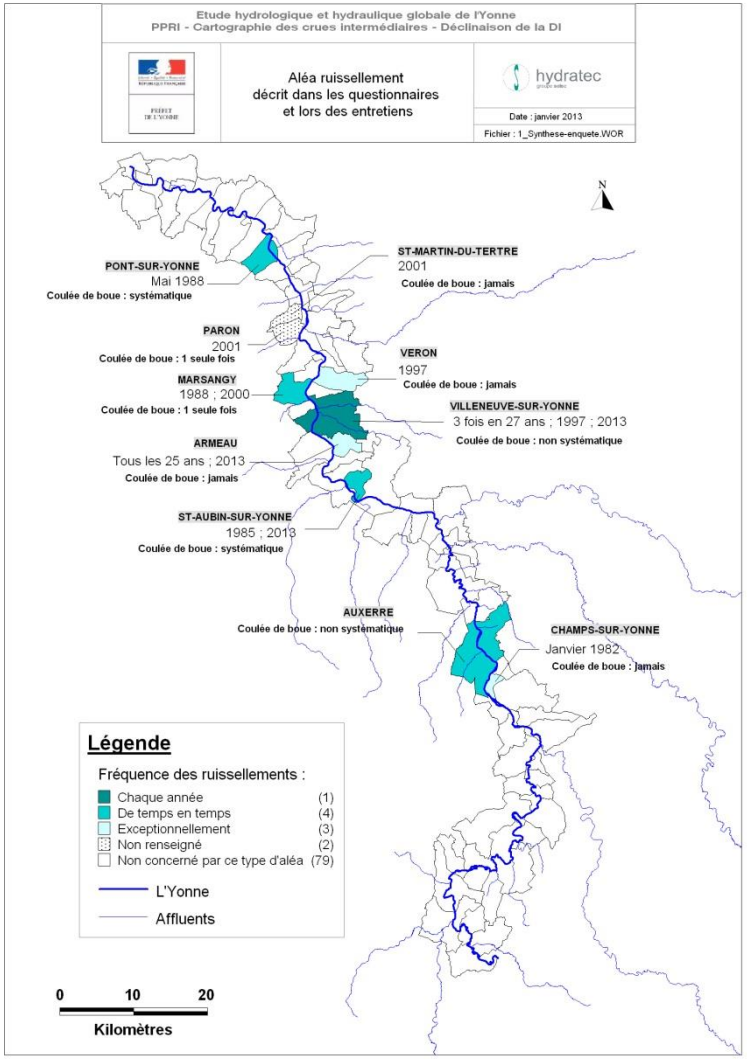
3.5 – Enseignements des enquêtes auprès des communes

- Informations reçues de 80 % des communes (questionnaires + entretiens)
- Fréquence des débordements + importante dans la partie amont
- Dates, déroulement, voire impacts des crues souvent confus et oubliés
- Crue les plus souvent citées :
  - mars 2001 et jan. 1910 partout
  - 3ème crue marquante : déc.2010 en amont, printemps et automne 2013 au centre
  - 4ème crue marquante : 1998-1999 au centre
- D'après les élus, hauteurs atteintes identiques d'un événement à l'autre (2001 et 1910 supérieures)
- ~15 désaccords sur les emprises de zones inondables actuelles :
  - Le plus souvent, zones très localisées
  - Contestation de la représentativité des crues anciennes, étant donné l'existence du lac de Pannecière



3.5 – Enseignements des enquêtes auprès des communes

- Peu de repères de crue signalés (~5)
- D'une manière générale, d'après les élus :
  - Les ponts restent transparents aux crues
  - Principal dysfonctionnement pouvant aggraver les crues = entretien de la rivière
  - Pas d'aménagement de protection locale réalisé
- Pour les ruissellements :
  - Problématique mineure la plupart du temps (peu d'enjeux concernés)
  - Facteurs aggravants : sous-dimensionnement des avaloirs de chaussée et cultures dans le sens de la pente

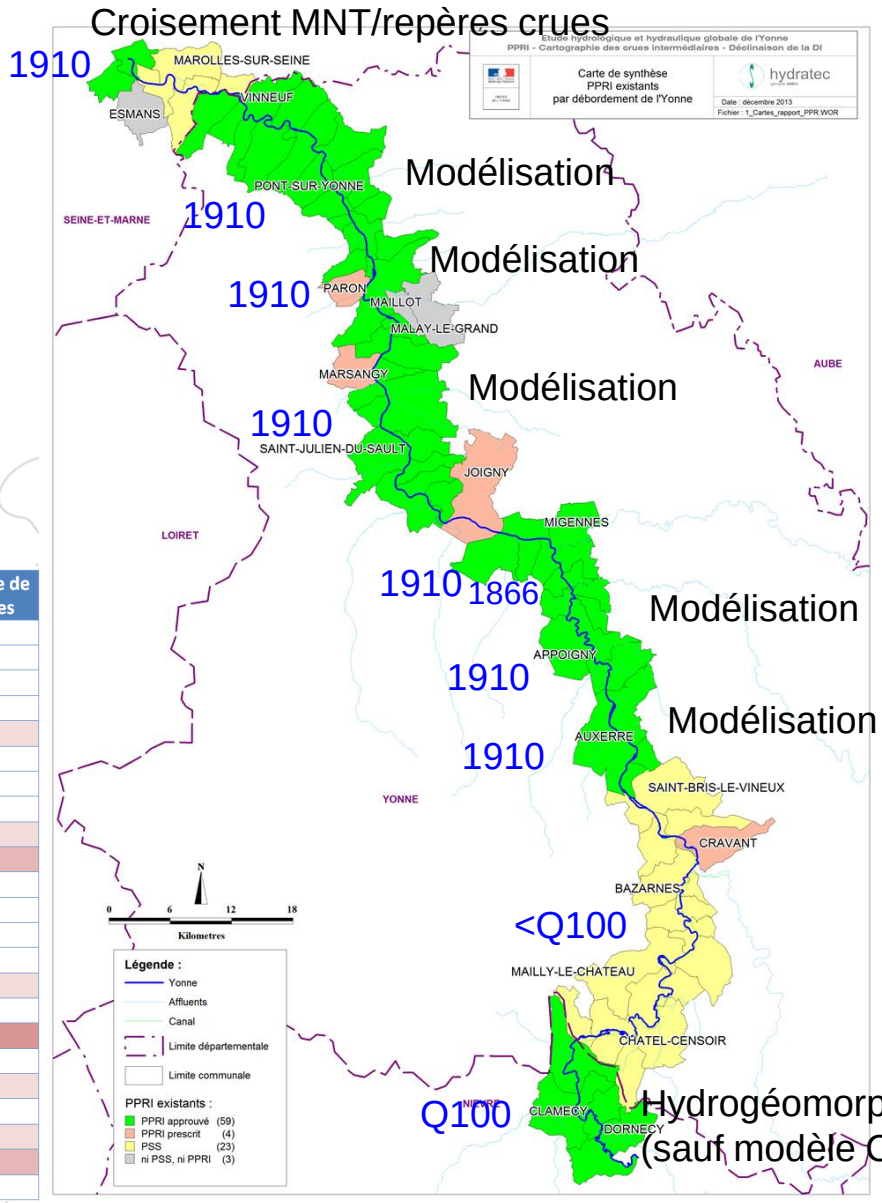


3.6 – Connaissance de l'aléa inondation dans la vallée de l'Yonne

- Cartographies réglementaires existantes : PSS / PPRI
- Connaissance des zones inondées sur site très localisés (1910/1955), Plus Hautes Eaux Connues (PHEC) sur la quasi-totalité du linéaire (1910), pas de zone inondable hors Q100
- Inventaire des repères de crue
  → 378 fiches
  repères de 1910 : partout
  repères de 2001 : au centre

→ Synthèse du fonctionnement hydraulique De la vallée : Atlas cartographie informative des phénomènes naturels, A3 - 1/10 000ème

Année	Nombre de repères
1770	1
1831	2
1832	1
1835	1
1836	29
1839	1
1846	2
1852	1
1856	10
1866	56
1872	1
1876	3
1877	2
1889	3
1896	20
1906	1
1910	116
1929	1
1955	15
1957	1
1998	28
2001	74
Inconnue	9



3.7 - Analyse locale des sites de ruissellement urbain et mouvement de terrain

- Sites étudiés :

Commune	Risque et site à étudier
ARMEAU	Ruissellement urbain du Val-Saint-Quentin
AUXERRE	Ruissellement urbain du champ de Manœuvre
	Glissement de terrain du coteau de la vallée de l'Yonne à Vaux
CHAMPS-SUR-YONNE	Coulée de boues en provenance de la Vallée de Saint-Bris-le-Vineux (ru de Chitry)
MARSANGY	Ruissellement urbain de la Voie Blanche
PARON	Ruissellement urbain du rû de Subligny
PONT-SUR-YONNE	Ruissellement urbain de la vallée des Fourneaux
ROSOY	Chute de bloc – chemin de halage
ST-AUBIN-SUR-YONNE	Coulée de boues en provenance de la vallée du Mont en Biches
ST-MARTIN-DU-TERTRE	Ruissellement urbain des Provendiers
VERON	Ruissellement urbain du Val Saint-Etienne
VILLENEUVE-SUR-YONNE	Ruissellement urbain des rû Saint Ange et rû Galant

- Présentation :
  - du BV : topo, géologie, occupation du sol
  - de la vallée : thalwegs, parties couvertes, pentes, ouvrages hydrauliques
  - Inventaire et description des événements historiques : zones inondées, enjeux touchés, zones de formation/écoulement/stagnation des ruissellements, facteurs aggravants…

Questions sur la phase 1 : Etat des lieux ?

L'Yonne à Auxerre

4. PHASE 2.1 : ANALYSE HYDROLOGIQUE

1. Objectif et méthodologie
2. Caractérisation des crues faibles et moyennes
3. Caractérisation des crues fortes
4. Débits caractéristiques pour l'aléa débordement
5. Prise en compte du lac-réservoir de Pannecière
6. Débits caractéristiques pour l'aléa ruissellement

4.1 – Objectif et méthodologie

- Objectif de la phase 2.1 :
  - Caractériser les crues théoriques de période de retour 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 200, 500 et 1000 ans
- Méthodologie générale :
  1. Caractérisation du bassin versant du point de vue du comportement hydrologique (géologie, pentes, occupation des sols…etc.)
  2. Analyse des stations hydrométriques et de l'influence du barrage-réservoir Pannecière sur les débits mesurés
  3. Ajustements statistiques aux stations de référence en vue de caractériser les crues théoriques de période de retour faibles et moyennes (inférieur à 100 ans)
  4. Analyse des crues historiques et choix des crues fortes représentatives du territoire
  5. Modélisation pluie/débit de ces crues représentatives en vue de générer les crues théoriques de forte période de retour (supérieur à 100 ans)
  6. Constitution de l'hydrologie du PPRI et du TRI

Crues faibles et moyennes

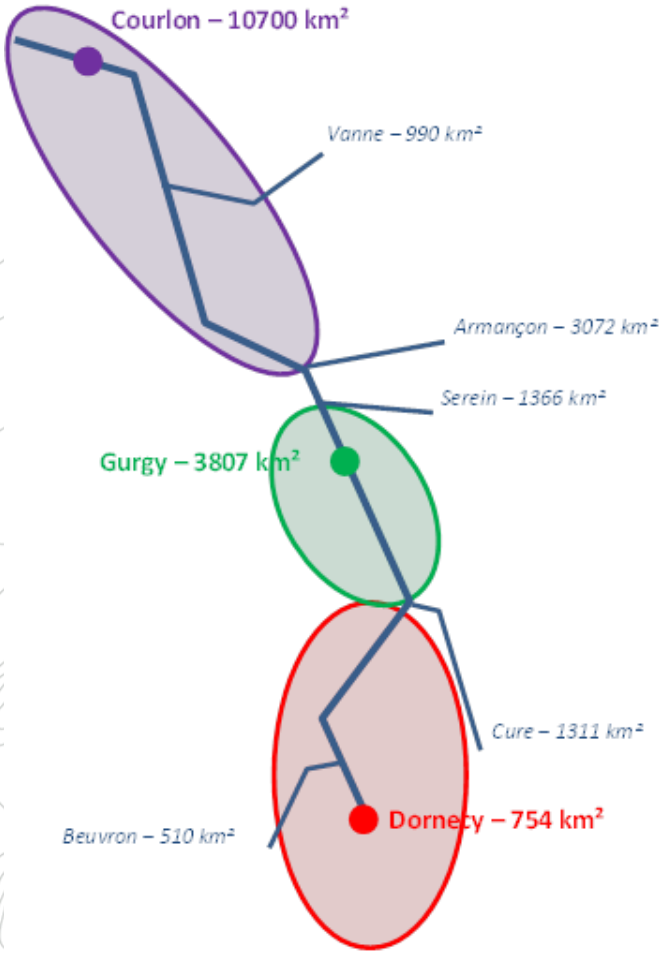
Crues fortes

4.2 – Caractérisation des crues faibles et moyennes

= Crues théoriques de période de retour 2, 5, 10, 20, 30, 50 ans

4.2.1 Analyse hydrométrique, choix des stations de référence

- Critères de choix des stations de référence : Stations sur le linéaire d'étude, Fiabilité des données, Durées d'ouverture, Apports notables entre 2 stations (Joigny ~Courlon)
- Stations retenues sur l'Yonne :
  - **Dornecy** : pour caractériser Q en entrée du territoire (influence sensible de Pannecière)
  - **Gurgy** : pour caractériser Q issus des apports amont du territoire (Yonne + Beuvron + Cure), qui transitent dans tronçon intermédiaire
  - **Courlon** : pour caractériser tronçon aval, avec apport du Serein + Armançon

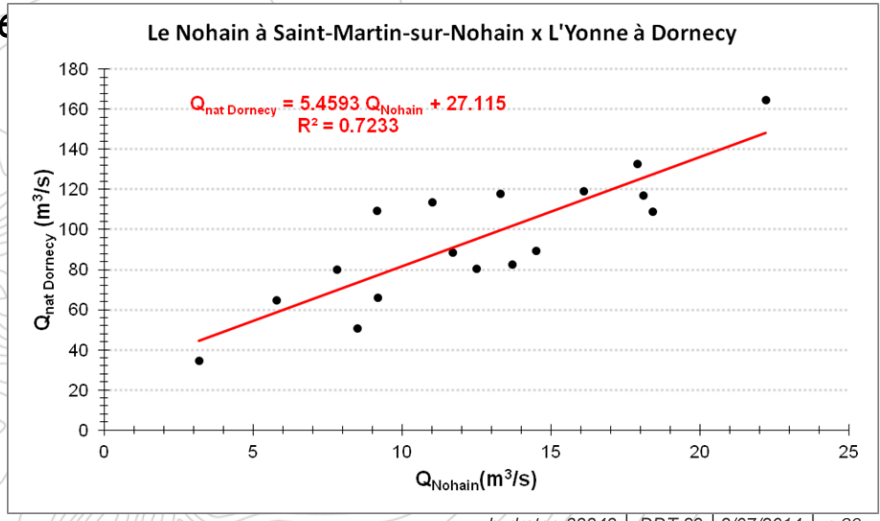


4.2 – Caractérisation des crues faibles et moyennes

4.2.2 Reconstitution des débits naturels et allongement des séries

- Objectif : Ajustement statistiques sur les débits naturels
- Reconstitution des débits naturels à partir des débits mesurés :
  - A Dornecy (24 années de mesures influencées) :
    Qnaturel = Qmesuré + (Qentrant dans Pannecière – Qsortant de Pannecière)

    (mesures EPTB GLS)
  - A Gurgy (57 années de mesures influencées) :
    Qnaturel = Qmesurés + 10%
    (valeur issue de tests réalisés pour l'é
  - A Courlon
    Qnaturel = reconstitués par hydratec
    → séries allongées à 137 années
- Allongement de la série à Dornecy
  par corrélation avec une station voisine :
  le Nohain à St-Martin-sur-Nohain
  → série allongée à 41 années au total

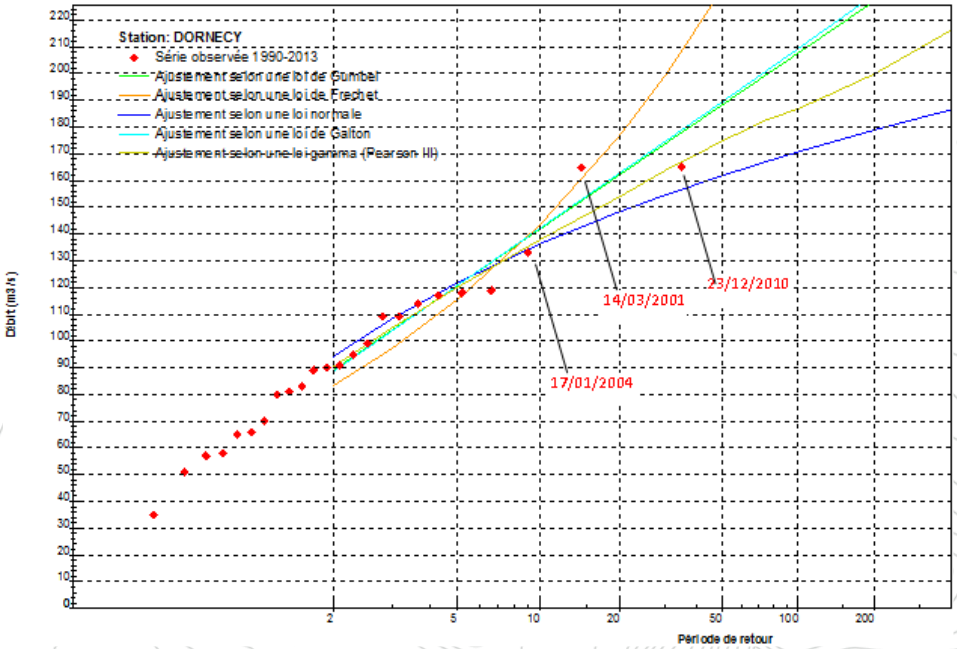


4.2 – Caractérisation des crues faibles et moyennes

4.2.3 Ajustements statistiques sur les débits naturels

- 5 lois d'ajustements testées, choix guidé par :
  - La proximité de la courbe avec les débits instantanés
  - La cohérence entre stations
  - La cohérence avec les résultats de la modélisation pluie/débit

→ **Loi Gumbel** choisie pour les 3 stations



4.2 – Caractérisation des crues faibles et moyennes

4.2.4 Synthèse des débits caractéristiques

Station	Q pour T=2ans	Q pour T=5ans	Q pour T=10ans	Q pour T=20ans	Q pour T=50ans	Q pour T=100 ans	Q pour T=200ans	Q pour T=500ans	Q pour T=1000 ans
Dornecy	90	120	140	150	200	250	315	400	470
Gurgy	230	300	350	410	530	645	780	970	1 120
Courlon	450	600	710	810	940	1 040	1150	1300	1 450

- En noir, les débits de faibles et moyennes périodes de retour estimés grâce à la loi Gumbel
- En rouge, les débits de fortes périodes de retour estimés grâce à la méthode du Gradex

  => valeurs à consolider

- T = période de retour, si T=10ans, l'évènement a 1 chance sur 10 de se produire chaque année

4.3 – Caractérisation des crues fortes

= Crues théoriques de période de retour 100, 200, 500, 1000 ans

4.3.1 Objectifs et méthodologie

- Objectifs :

  Générer les crues synthétiques de période de retour 100, 200 et 500 ans, +1000 ans dans l'Auxerrois

- Méthodologie :
  - Paramètres primaires à l'origine d'une crue : la pluie + les conditions initiales de sols
  - Analyse typologique détaillée des crues historiques
  - Modélisation pluie/débit

Rôle du modèle pluie-débit :

=> Générer les hydrogrammes d'apports au modèle hydraulique (données d'entrée du modèle hydraulique) :

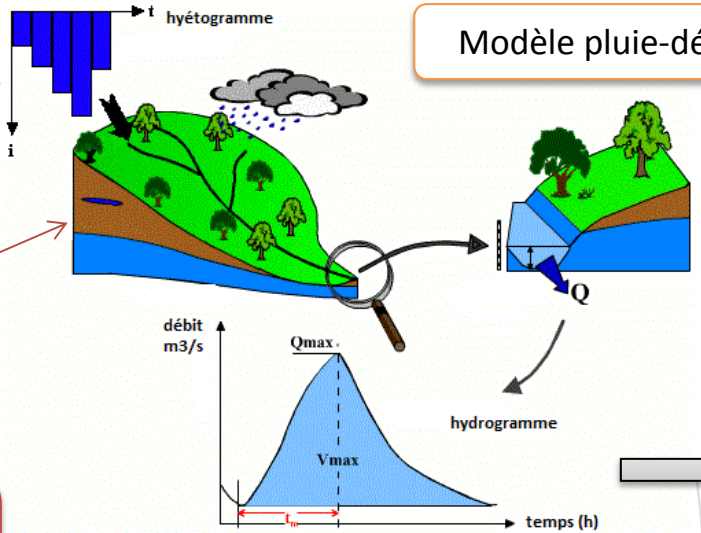
1. pour les crues historiques (reproduction des crues)
2. pour les crues de projet extrêmes (construction des crues)

4.3 – Caractérisation des crues fortes

4.3.1 Méthodologie

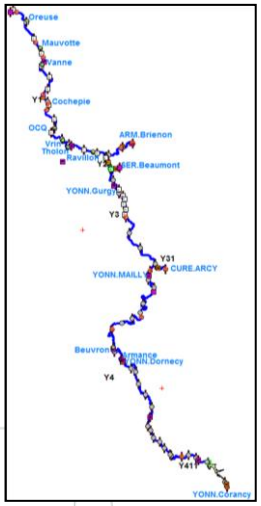
Analyse typologique => Choix des crues historiques

Caractérisation des ss-BV => Construire le modèle pluie-débit

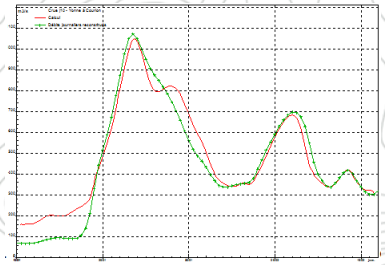


Modèle pluie-débit

Démarche itérative pour ajuster les paramètres du modèle pluie-débit
⇒ Calage du modèle pluie-débit
⇒ Représentativité du modèle



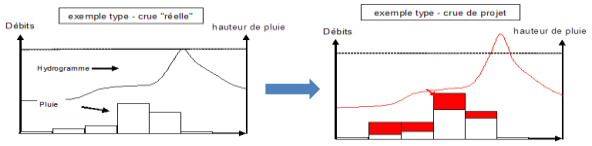
Modèle hydraulique simplifié pour la propagation des hydrogrammes

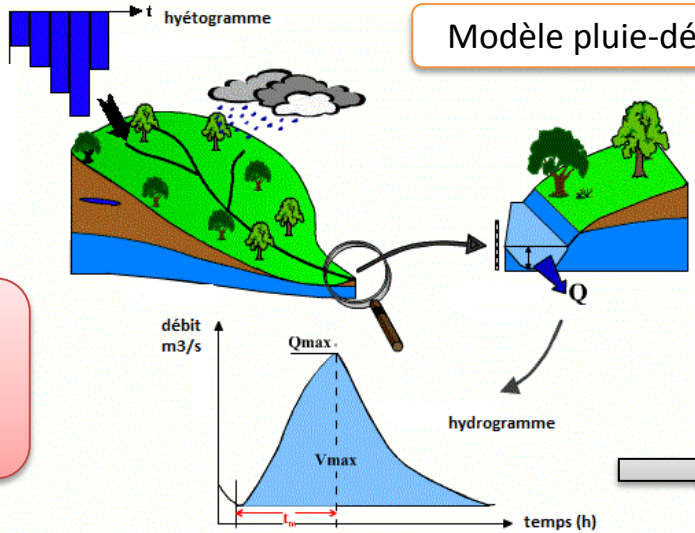


Comparaison des hydrogrammes calculés avec les hydrogrammes mesurés aux stations hydrométriques

4.3 – Caractérisation des crues fortes

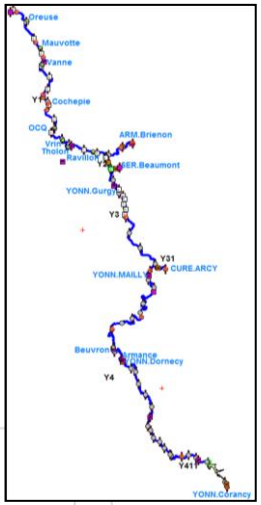
4.3.1 Méthodologie



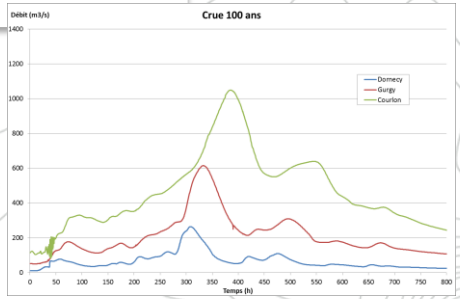


Modèle pluie-débit calé

Démarche itérative pour ajuster les Qmax
⇒ Génération d'hydrogramme pour les crues théoriques Q100, Q200, Q500, Q1000



Comparaison des Qmax avec les Qthéoriques recherchés : Q100, Q200, Q500, Q1000



Modèle hydraulique simplifié pour la propagation des hydrogrammes

Analyse hydrométrique => détermination des Qthéoriques associés aux périodes de retour 100, 200, 500, 1000

4.3 – Caractérisation des crues fortes

4.3.2 Sélection de 5 crues représentatives sur le bassin versant de l'Yonne

72 crues sur le bassin de la Seine amont entre 1876 et 2001 (3)

→ 66 crues sur le bassin de l'Yonne entre 1876 et 2001

→ 20 crues représentatives de la diversité sur le bassin de l'Yonne (entre 1876 et 2001)

\+ 4 crues récentes de l'Yonne : janv. 2004, déc. 2010, janv. 2012 et mai 2013 →

Analyse typologique globale (3) :

Type événement, répartition des pluies, saturation initiale des sols, influence neige/gel, nb épisodes de pluie et durée, Qcourlon, concomitance Yonne/Seine

Année hydrologique (novembre à avril)	Mois	Courlon (Q>500m3/s)	Melun (Q>850m3/s)
1876	M76	770	1230
1877	M77	707	819
1879	F79	607	977
1883	D82-J83	720	1166
1885	M85	500	854
1886	S85-D85	629	1142
1887	J87	519	748
1888	M88	454	929
1889	F89	754	760
1892	F92	597	756
1896	M96	534	775
1897	N86	822	1190
1901	A01	522	659
1904	F04	503	659
1906	M06	660	925
1908	M08	437	874
1910	J10	1100	1600
1911	N10	851	1180
1912	J12	635	1021
1914	M14	594	985
1915	A15	668	850
1916	F16	622	866
1917	J17	559	941
1919	J19	786	1200
1920	J20	679	1190
1922	A22	512	862
1923	M23	607	1021
1924	J24	800	1350
1926	D25	698	1013
1928	F28	522	898
1931	N30-M31	629	1184
1936	J36	462	898
1937	F37	500	965
1940	N39	732	1182
1941	F41	613	1226
1945	F45	735	1332
1953	D52	637	850
1955	J55	800	1350
1957	F57	773	1114
1958	D57-F58	533	1029
1959	J59	568	1230
1961	F61	569	791
1962	J62	621	752
1966	D65-J66	709	860
1967	D66	513	645
1968	J68	678	965
1969	D68	621	575
1970	F70	685	1140
1977	F77	560	1010
1978	F78-M78	520	1110
1980	F80	574	1000
1981	J81	508	935
1982	J82	751	1300
1983	D82-A83	678	1105
1984	F84	485	880
1988	F88	520	1160
1994	D93-J94	587	960
1995	J95	576	910
1998	M98	589	833
1999	M99	601	963
2000	D99	543	1030
2001	M01	692	1050
2002	J02	451	856
2003	J03	475	885
2004	J04	540	767
2006	M06	572	829

(3) Etude Bassée 2009-2011

Nom de la crue	Typologie				
	Automne		Hiver		Printemps
	Courte	Longue	Courte	Longue	
janv-10			1		
nov-10	1				
janv-19				1	
janv-24			1		
nov-44		1			
févr-45			1		
janv-55			1		
janv-59				1	
févr-70				1	
févr-77				1	
mars-78					1
févr-80			1		
janv-82				1	
déc-82			1		
avr-83					1
janv-94				1	
janv-95				1	
mars-99			1		
déc-99				1	
mars-01					1

(3) Etude Bassée

4.3 – Caractérisation des crues fortes

4.3.2 Sélection de 5 crues représentatives sur le bassin versant de l'Yonne

24 crues sur le bassin de l'Yonne

Janv 1910
Janv 1919
Janv 1924
Fév 1945
Janv 1955
Janv 1959
Fév 1970
Fév 1977
Avr 1978
Fév 1980
Janv 1982
Déc 1982
Avr 1983
Déc 1993
Janv 1995
Mars 1999
Déc 1999
Mars 2001
Janv 2004
Déc 2010
Janv 2012
Mai 2013

Analyse typologique intermédiaire

5 crues représentatives sur le bassin de l'Yonne :
Jan 1910, jan 1955, fév 1970, mar 2001, déc 2010

- Toutes océaniques
- Pluies génératrices suivant les moyennes interannuelles
- 2 crues avec influence neige
- Crues d'hiver, 1 crue de printemps
- Crues renforcées ou non par les principaux affluents de l'Yonne
- Concomitance Seine/Yonne marquée ou moins

4.3 – Caractérisation des crues fortes

4.3.3 Analyse typologique détaillée des 5 crues

- Analyse typologique détaillée de ces 5 crues

  (Type événement, niveaux de nappes, répartition des pluies, saturation initiale des sols, influence neige/gel, nb épisodes de pluie et durée, Q à 7 station hydrométriques du bv de l'Yonne, analyse des hydrogrammes (temps de montée, de réponse, volumes pluie, crues, coeff. ruissellement, concomitance Yonne/Seine)

- Enseignements, pour la majorité des événements :
  - Répartition géographique des pluies sur bv Serein, Armançon et Yonne amont identique aux pluies annuelles : tête de l'Yonne le plus arrosé, puis tête Armançon & Serein
  - Corrélation directe entre nombre de trains de pluie et nombre de pics de crue
  - Importance du pic à Courlon lié à la concomitance ou non avec Armançon ;
    Yonne.Gurgy + Armançon = 60% de la surface à Courlon
    = 85% du volume des crues à Courlon (Serein = 10% suppl.)
    → Rôle secondaire des affluents aval (Vanne, Tholon, Vrin…)
  - Yonne.Dornecy + Cure + Beuvron.Ouagne = 70% de la surface à Yonne.Gurgy
    = 80% du volume des crues à Gurgy

4.3 – Caractérisation des crues fortes

4.3.4 Crues historiques simulées

- 5 crues simulées :
  - janvier 1910 (j10)
  - janvier 1955 (j55)
  - février 1970 (f70)
  - mars 2001 (m01)
  - décembre 2010 (d10)

Crue	Date origine Période préparatoire	Date origine Période intense	Durée totale (heures)
J10	01/09/1909	10/01/1910	4344
J55	01/09/1954	02/01/1955	3912
F70	01/09/1969	21/01/1970	4461
M01	01/09/2000	03/03/2001	4368
D10	01/09/2010	01/12/2010	2928

⇒ Crues historiques représentatives du bassin versant de l'Yonne

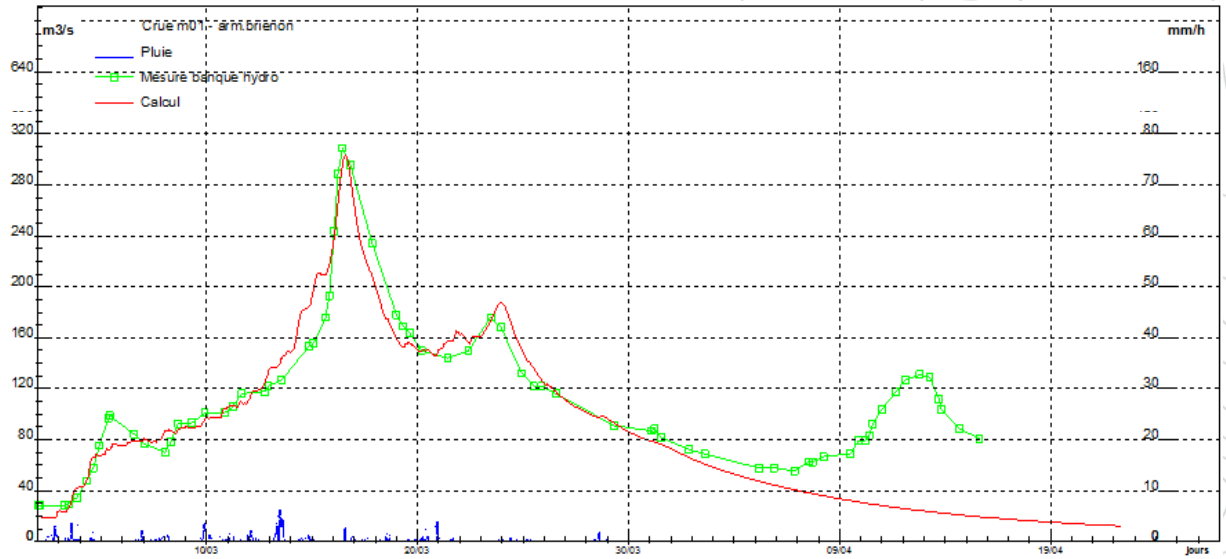
Débits mesurés :

Station	J10	J55	F70	M01	D10
Dornecy	-	-	-	140	148
Gurgy	452	375	290	401	299
Courlon	1071	893	685	749	575

4.3 – Caractérisation des crues fortes

4.3.5 Calage du modèle

- Résultats du calage :
  - Allure générale des hydrogrammes bien reproduite (nombre de pics, volumes)
  - Bon calage en dynamique (temps de réponse, de propagation)
  - Ecarts de débits de pointe :
    - 12% pour la crue m01
    - 15% pour les 3 crues anciennes
    - 14% pour la crue d10

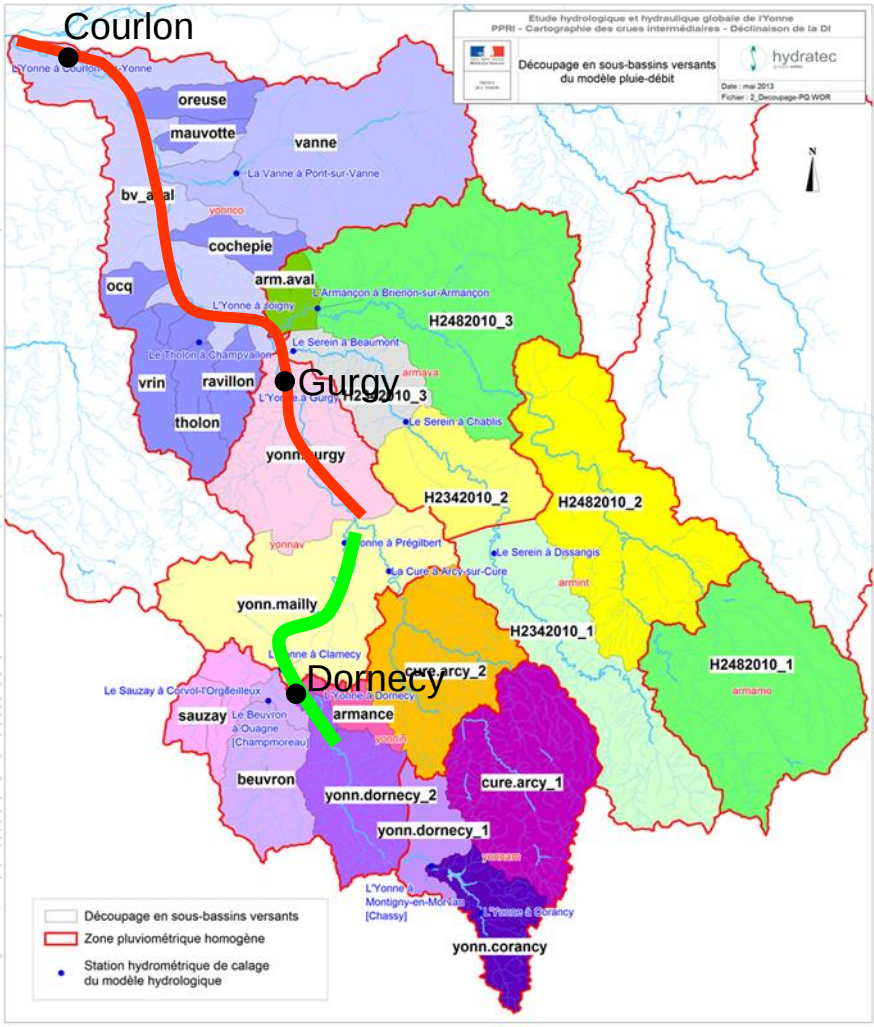


4.3 – Caractérisation des crues fortes

4.3.6 Enseignements de la modélisation pluie-débit

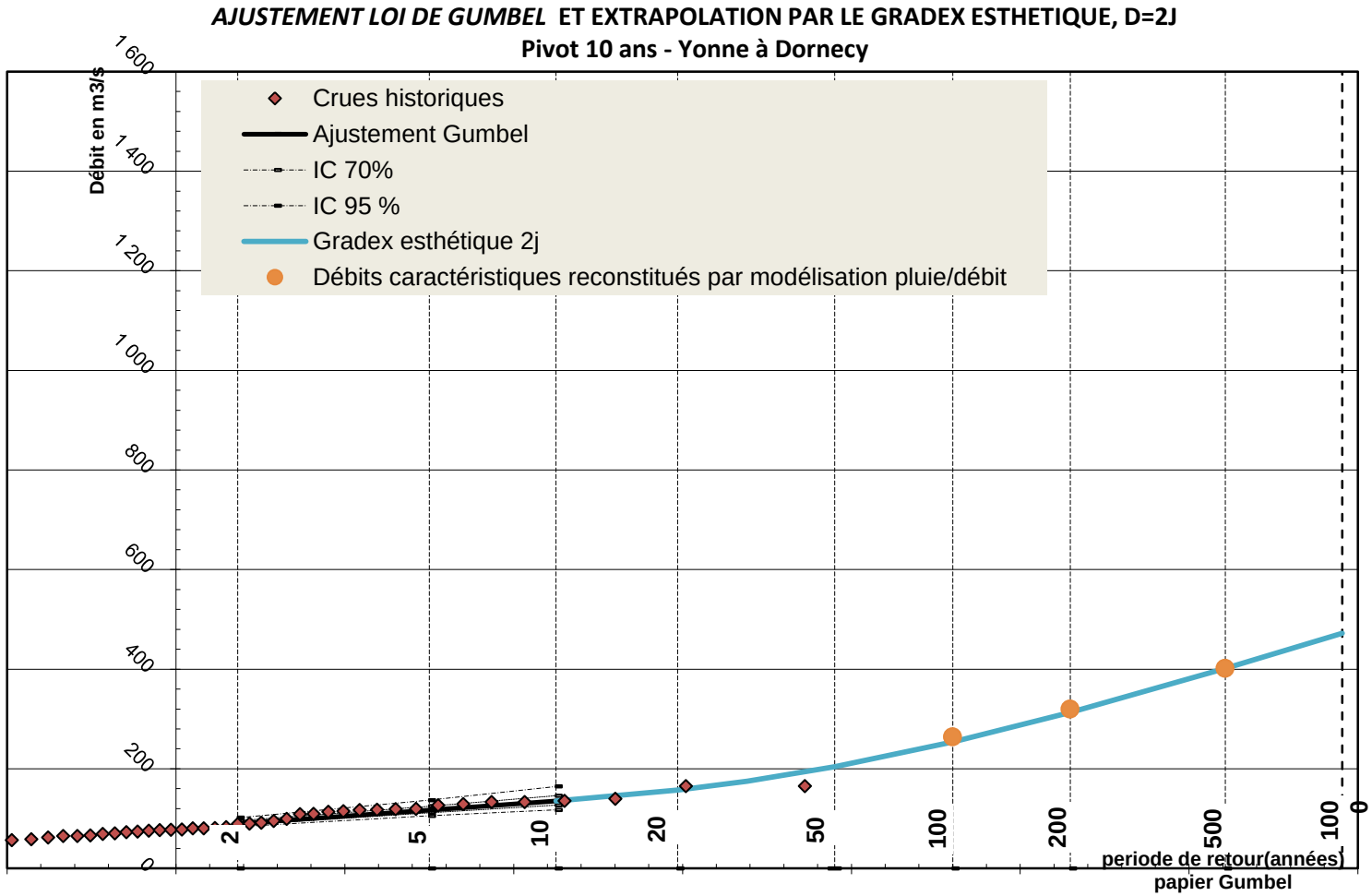
- Si pluie homogène sur l'ensemble du territoire, amplification des débits à l'aval
  → Q Gurgy & Courlon non cohérents avec Q Dornecy
- Obligation de générer les crues théoriques en 2 temps :
  1. sur l'Yonne amont (Dornecy jusqu'à la Cure)
  2. sur l'Yonne médiane et aval (Gurgy et Courlon)

→ Génération de l'aléa centennal à l'aide de 2 crues distinctes



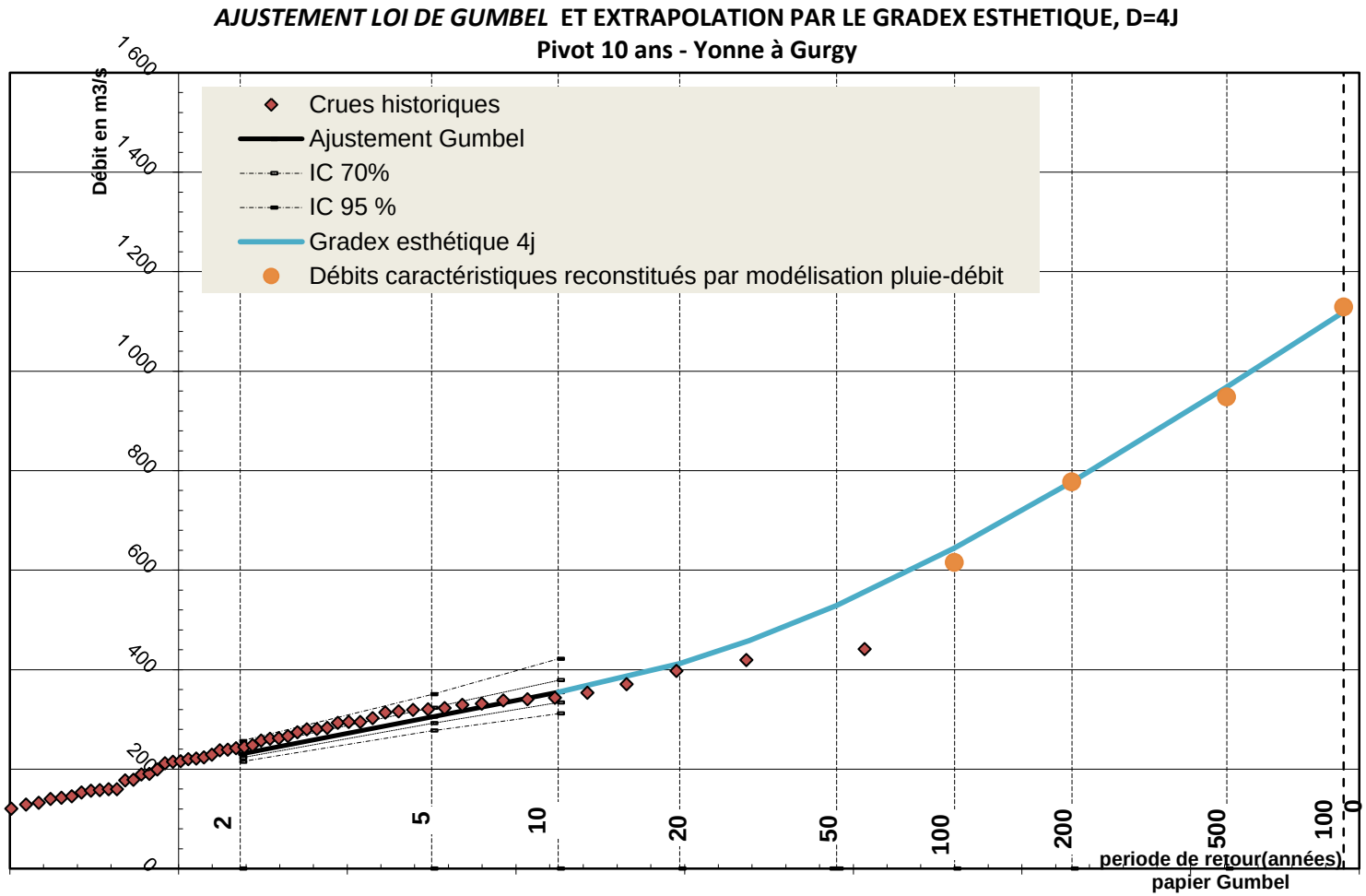
4.4 – Débits caractéristiques pour l'aléa débordement de l'Yonne

4.4.1 Résultats : Dornecy



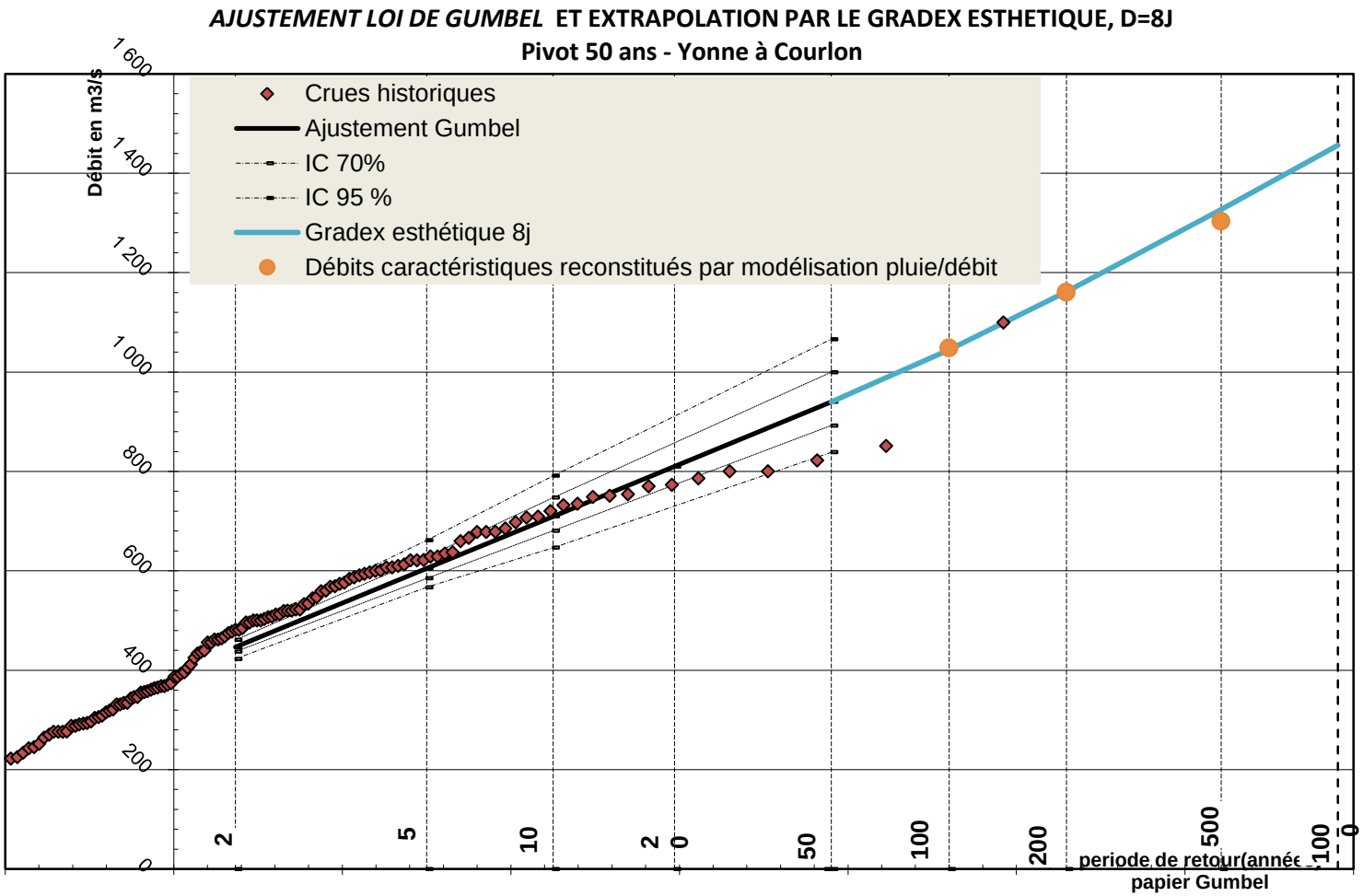
4.4 – Débits caractéristiques pour l'aléa débordement de l'Yonne

4.4.2 Résultats : Gurgy



4.4 – Débits caractéristiques pour l'aléa débordement de l'Yonne

4.4.3 Résultats : Courlon



4.5 – Prise en compte du lac-réservoir de Pannecière

Crues historiques	
Janv 1910	NON
Janv 1955	OUI
Fév 1970	OUI
Mars 2001	OUI
Déc 2010	OUI
Crues théoriques	
Q2 à Q50	OUI
Q100 pour les PPRI	NON
Q100 pour le TRI d'Auxerre	OUI
Q200 et Q500	NON
Q1000 (TRI d'Auxerre uniquement)	NON

- Pour rappel, mise en service du lac-réservoir de Pannecière en 1949

4.6 - Débits caractéristiques pour l'aléa ruissellement

4.6.1 Etat des lieux (rappel)

- Sites étudiés :

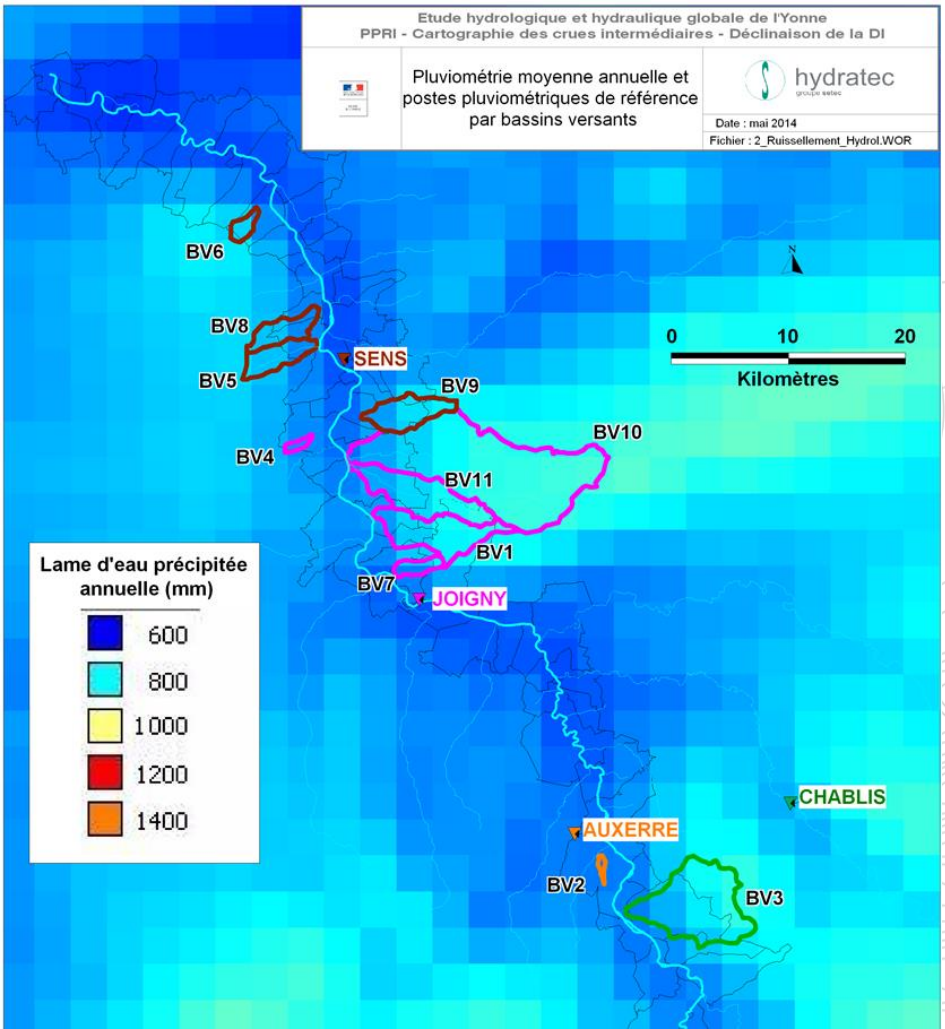
Commune	Risque et site à étudier
ARMEAU	Ruissellement urbain du Val-Saint-Quentin
AUXERRE	Ruissellement urbain du champ de Manœuvre
	Glissement de terrain du coteau de la vallée de l'Yonne à Vaux
CHAMPS-SUR-YONNE	Coulée de boues en provenance de la Vallée de Saint-Bris-le-Vineux (ru de Chitry)
MARSANGY	Ruissellement urbain de la Voie Blanche
PARON	Ruissellement urbain du rû de Subligny
PONT-SUR-YONNE	Ruissellement urbain de la vallée des Fourneaux
ROSOY	Chute de bloc – chemin de halage
ST-AUBIN-SUR-YONNE	Coulée de boues en provenance de la vallée du Mont en Biches
ST-MARTIN-DU-TERTRE	Ruissellement urbain des Provendiers
VERON	Ruissellement urbain du Val Saint-Etienne
VILLENEUVE-SUR-YONNE	Ruissellement urbain des rû Saint Ange et rû Galant

x 2

- Présentation :
  - du BV : topo, géologie, occupation du sol + pédologie
  - de la vallée : thalwegs, parties couvertes, pentes, ouvrages hydrauliques
  - Inventaire et description des événements historiques : zones inondées, enjeux touchés, zones de formation/écoulement/stagnation des ruissellements, facteurs aggravants…

4.6 - Débits caractéristiques pour l'aléa ruissellement

4.6.2 Méthode de calcul des débits de pointe centennaux



- Objectif : calculer Q_{100} pour les 11 bv

- Application de 5 méthodes :

Crupedix, Socose, Rationnelle, Transition, SCS

- Etapes intermédiaires :
  - Calculs des temps de concentration des bv (7 formules utilisées)
  - Achat des coefficients de Montana aux postes pluviométriques voisins (corrigés)
  - Calcul des coefficients de ruissellement (C_{10} et C_{100})

4.6 - Débits caractéristiques pour l'aléa ruissellement

4.6.3 Résultats

Commune	Bassin versant	Surface du BV (en km²)	$Q_{100\ RETENU}$ (m^3/s)
Auxerre	Champ de Manoeuvre	0.8	4
Marsangy	Voie Blanche	1.6	8
Pont-sur-Yonne	Vallée des Fourneaux	3.7	18
St-Aubin-sur-Yonne	Mont en Biche	4.6	11
St-Martin-du-Tertre	Provendiers	10.6	7
Paron	Ru de Subligny	11.4	7
Véron	Val-St-Etienne	15.2	9
Armeau	Val-St-Quentin	26.8	12
Villeneuve-sur-Yonne	Ru Galant	29.1	13
Champs-sur-Yonne	Ru de Chitry	47.3	16
Villeneuve-sur-Yonne	Ru St-Ange	109.3	30

Questions sur la phase 2.1 : Analyse hydrologique ?

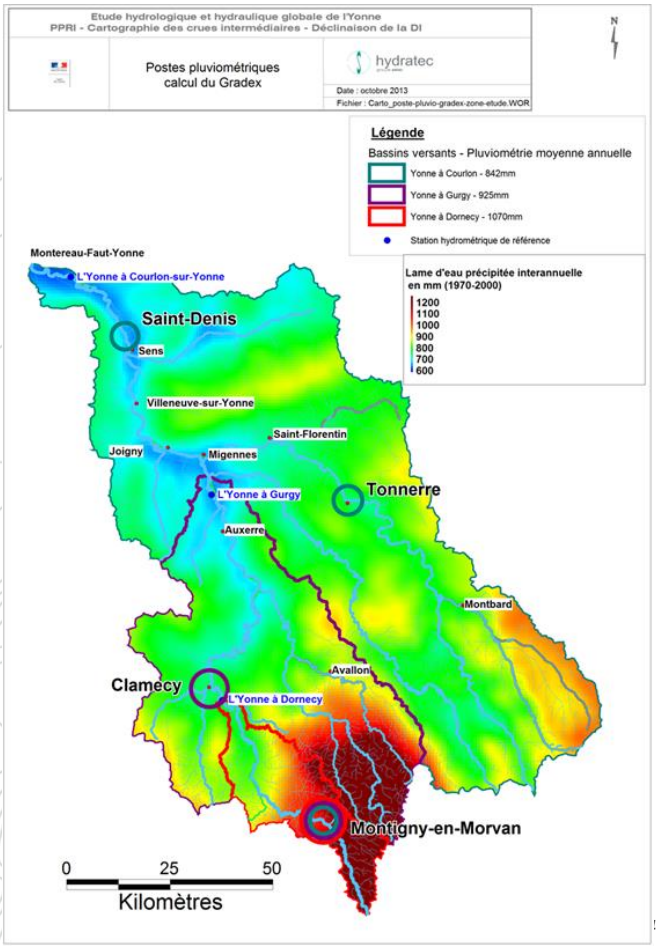
MERCI DE VOTRE ATTENTION

ANNEXES

Méthode du Gradex

- Pour les crues fortes : Méthode du Gradex : même critères de choix pour :
  - La période pivot
  - Le type de gradex → **Gradex esthétique**

Station	Tps de base (jours)	Poste pluvio. Utilisé pour gradex	Gradex	Coeff. de forme	T pivot
Dornecy	2	Montigny-en-Morvan	17.5 mm/2j	1.4	10 ans
Gurgy	4	Montigny-en-Morvan + Clamecy	17 mm/4j	1.2	10 ans
Courlon	8	Montigny-en-Morvan + Tonnerre + Saint-Denis	9.5 mm/8j	1.3	50 ans



Synthèse des débits caractéristiques

Station	Q pour T=10ans	Q pour T=100 ans	Q pour T=1000 ans	Facteur mult.
Dornecy	140	250	470	
Gurgy	350	645	1 120	Dornecy -> Gurgy x2.5, x2.6, x2.4
Courlon	710	1 040	1 450	Gugy -> Courlon x2, x1.6, x1.3
Facteur mult.		Q100/Q10 x1.8 x1.8 x1.5	Q1000/Q100 x1.9 x1.7 x1.4	

STATION : **Yonne à Courlon**
nombre d' années: **137**
à partir de : **1876**

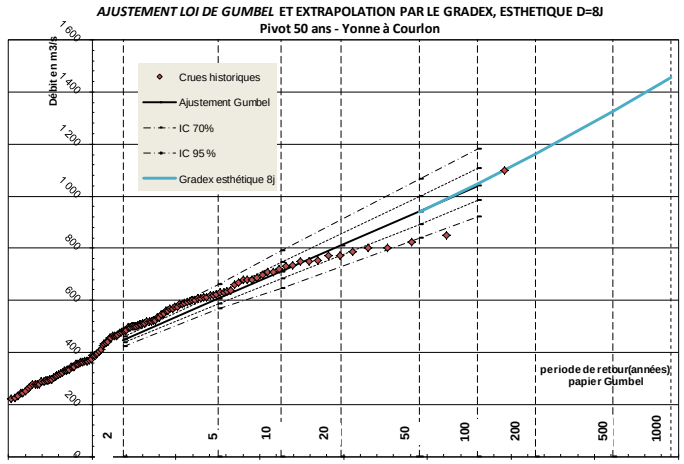
Basé sur les postes : Montigny-en-M., Tonnerre et Saint-Denis

Résultats de l'ajustement statistique

PERIODE DE RETOUR (ans)	DEBIT Gumbel (m^3/s)	IC à 70% (m^3/s)	IC à 95% (m^3/s)	DEBIT GRADEX 8 jours (m3/s)
2	450	(437 _ 461)	(423 _ 479)	-
5	600	(585 _ 628)	(567 _ 662)	-
10	710	(681 _ 747)	(647 _ 791)	-
20	810	(_)	(_)	-
50	940	(_)	(_)	-
100	-			1040
200	-			1150
500	-			1300
1000	-			1450

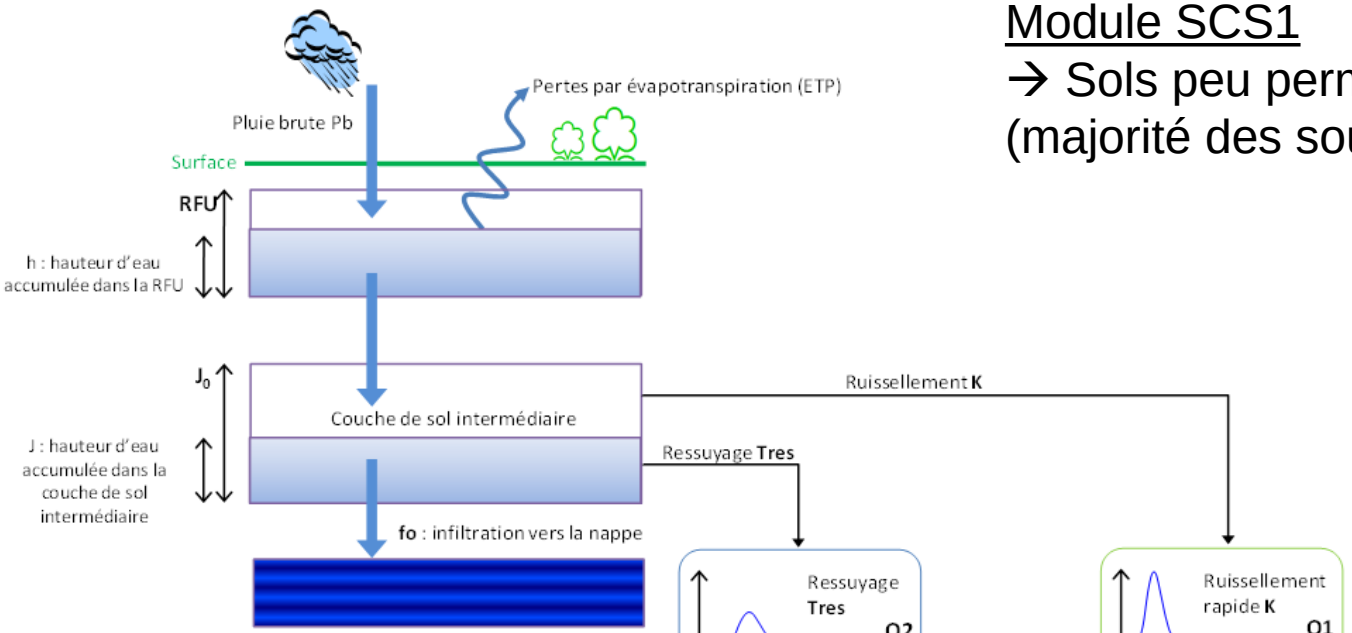
Années particulières selon une loi gumbel + gradex :

DATE	DEBIT (m^3/s)	T (années)
15/03/1876	770	10 à 20 ans
27/02/1957	773	10 à 20 ans
07/01/1919	786	~20 ans
01/01/1924	800	~20 ans
17/01/1955	800	~20 ans
01/11/1896	822	~20 ans
11/11/1911	851	20 à 50 ans
22/01/1910	1100	100 à 200 ans



- T = période de retour, si T=10ans, l'évènement a 1 chance sur 10 de se produire chaque année

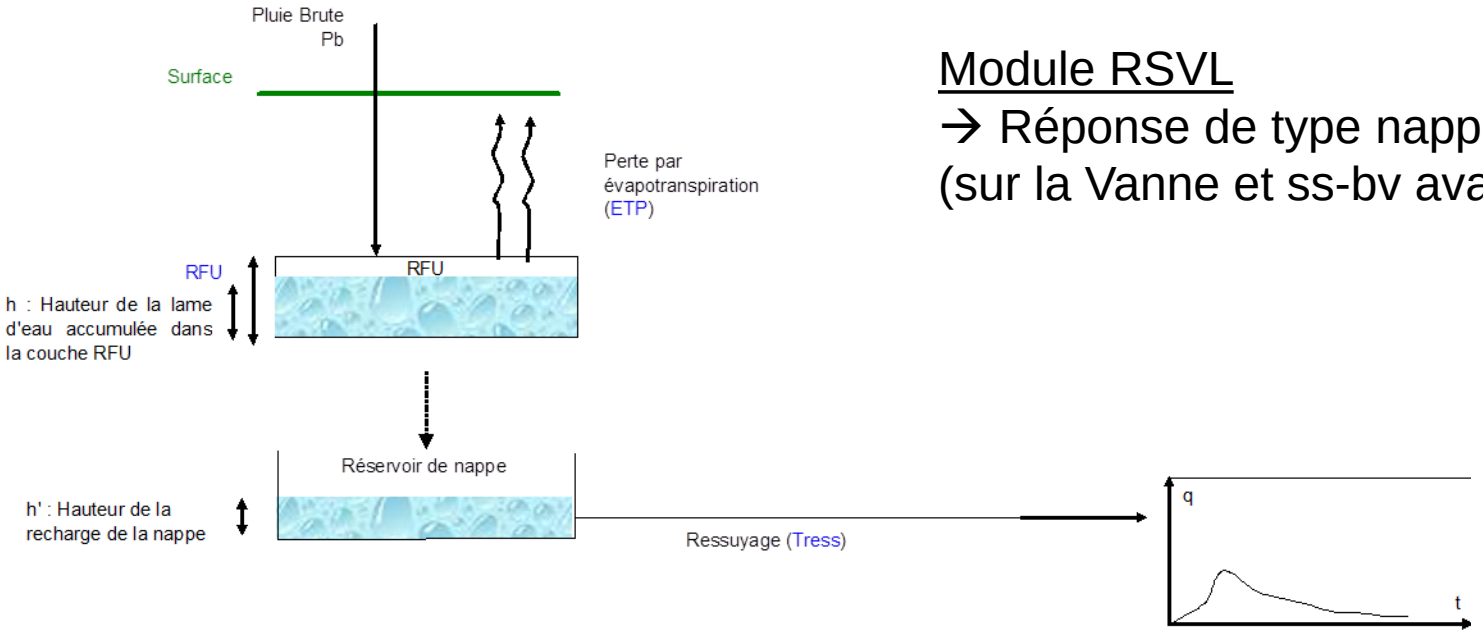
Modèles pluie-débit utilisés



ETP : évapotranspiration en mm/jour, variable au cours d'une année mais constante quel que soir le bassin versant et quelle que soit l'année
RFU : réserve facilement utilisable , hauteur en mm
J_0 : hauteur de la couche de sol intermédiaire en mm
Tres : temps de ressuyage de la couche superficielle en jour
K : temps de réponse au ruissellement rapide en jour
fo : perte par infiltration vers la nappe en mm/jour

<u>Module SCS1</u>
→ Sols peu perméables (majorité des sous-bv)

Modèles pluie-débit utilisés



Module RSVL

→ Réponse de type nappe (sur la Vanne et ss-bv aval)

Les paramètres de calage du modèle sont :

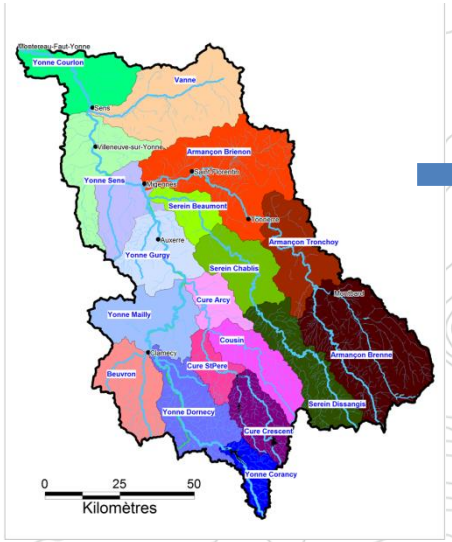
ETP : Evapotranspiration exprimée en mm/j. Considérée comme variable au cours d'une année mais constante quelle que soit le bassin versant et quelle que soit l'année considérée.

RFU : Hauteur de la RFU exprimée en mm

Tress : Temps de ressuyage - réponse de la nappe en jour

Construction du modèle pluie-débit

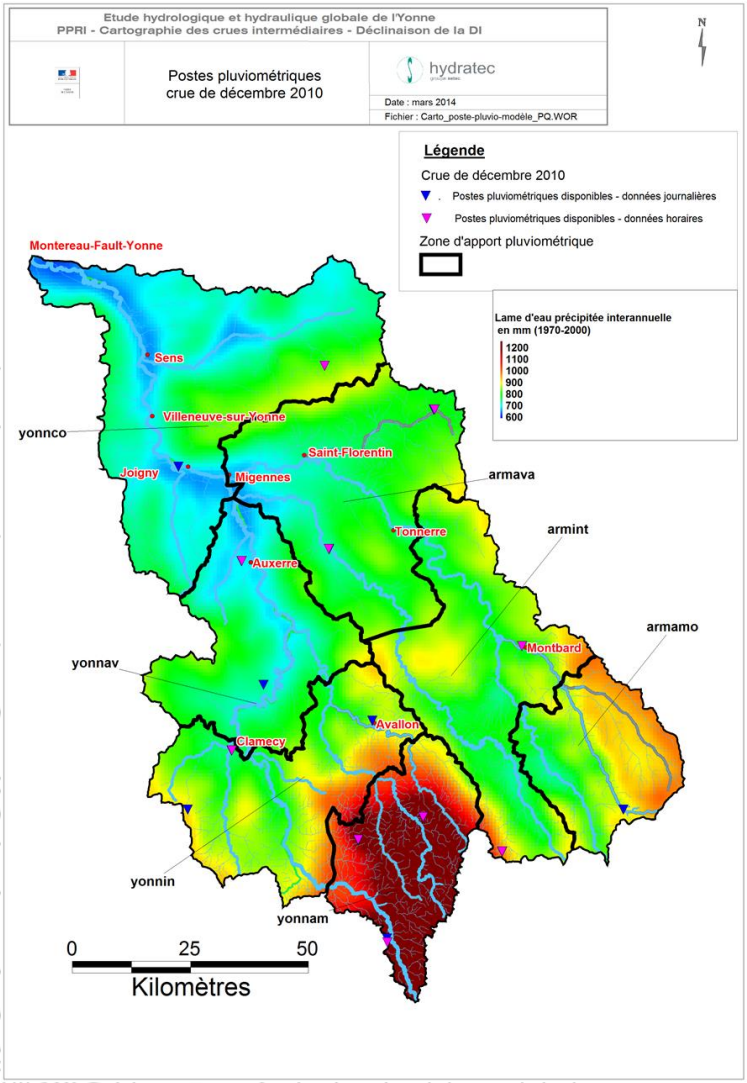
- Découpage en 26 sous-bv homogènes vis-à-vis :
  - De la réaction hydrologique (=caract. physiques)
    → carte de synthèse de phase 1
  - De l'hétérogénéité des apports météo
  - Des stations hydrométriques



Données pluviométriques d'entrée

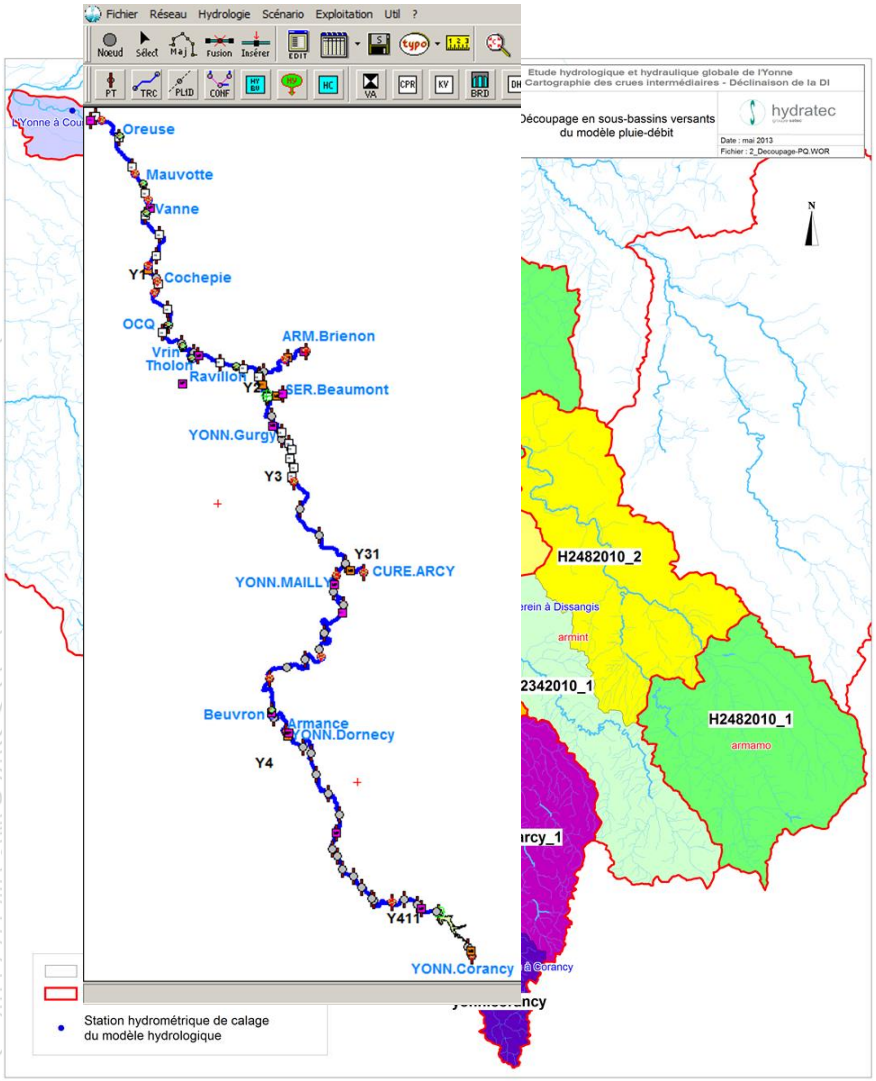
- Découpage du bv de l'Yonne en 7 « zones pluviométriques homogènes » (ZPH)
- Données d'entrée Météo France :
  - Pluies horaires pour m01 et d10 (journalières sur période préparatoire)
  - Pluies journalières pour j10, j55 et f70

  → 2 ou 3 postes dans chaque ZPH
  → Discrétisation au pas de temps horaire des postes journaliers (pour m01 et d10)
- Pour chaque crue, calcul d'une lame d'eau moyenne pour chaque ZPH
  → Lame d'eau précipitée sur les ss-bv correspondants du modèle hydrologique



Routage des hydrogrammes

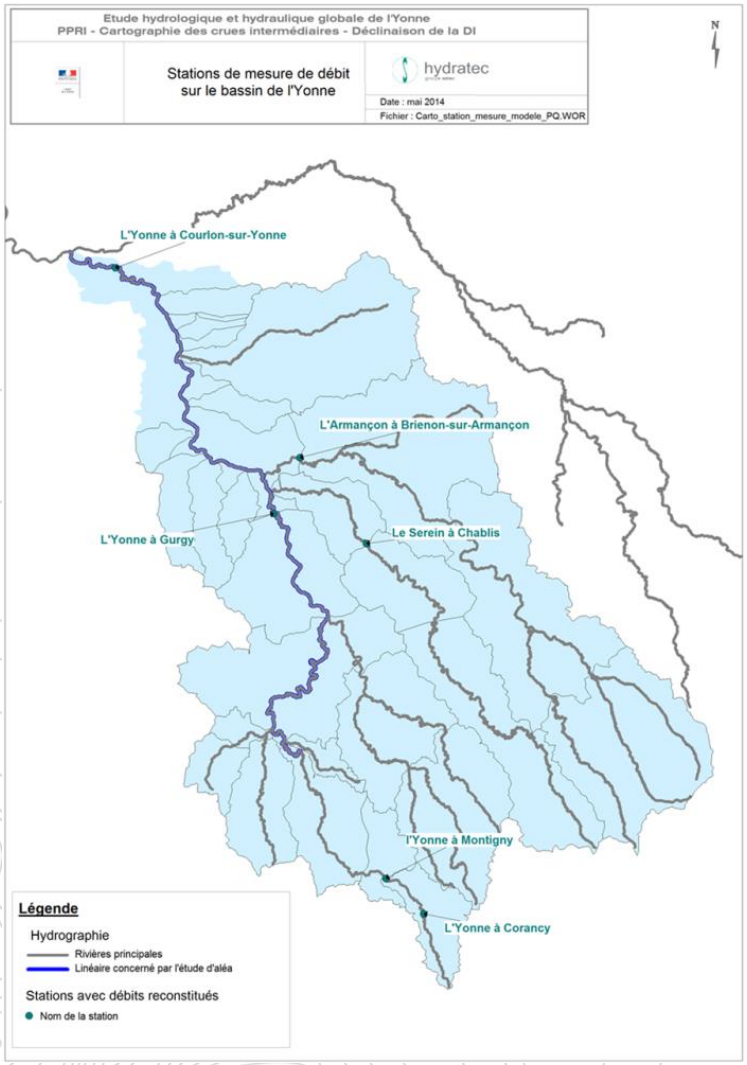
- Hydrogrammes d'apport calculés sur chaque sous-bv
- Routage des hydrogrammes le long de l'Yonne pour reconstitution des débits aux stations de l'Yonne
- Modélisation hydraulique simplifiée de Corancy à Courlon, incluant :
  - Barrage -réservoir Pannecière
  - Principaux barrages en rivière



Calage du modèle pluie-débit

- Procédure : Comparaison des hydrogrammes calculés par le modèle pluie-débit aux hydrogrammes mesurés pour les 5 crues historiques

- Données disponibles :
  - Hydrogrammes instantanés mesurés (BqHydro) pour m01 et d10
  - Hydrogrammes journaliers reconstitués (études antérieures) pour j10, j55 et f70

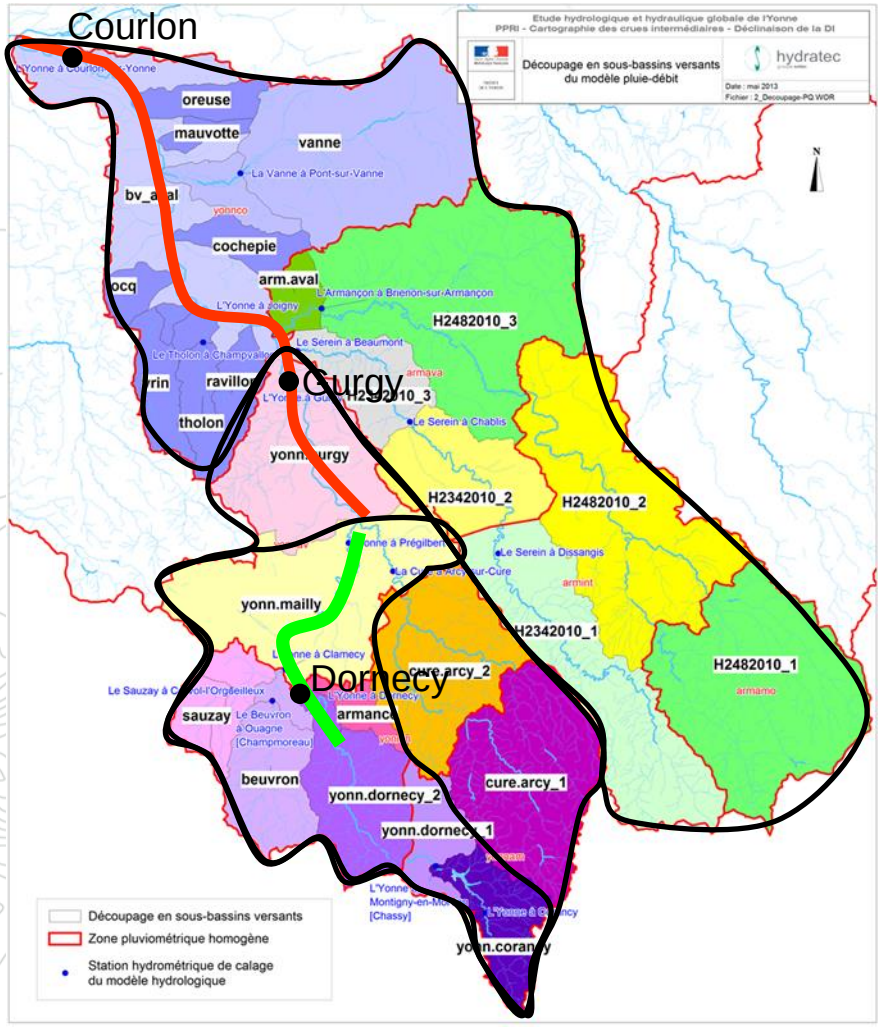


Caractérisation des crues fortes

Enseignements de la modélisation pluie-débit

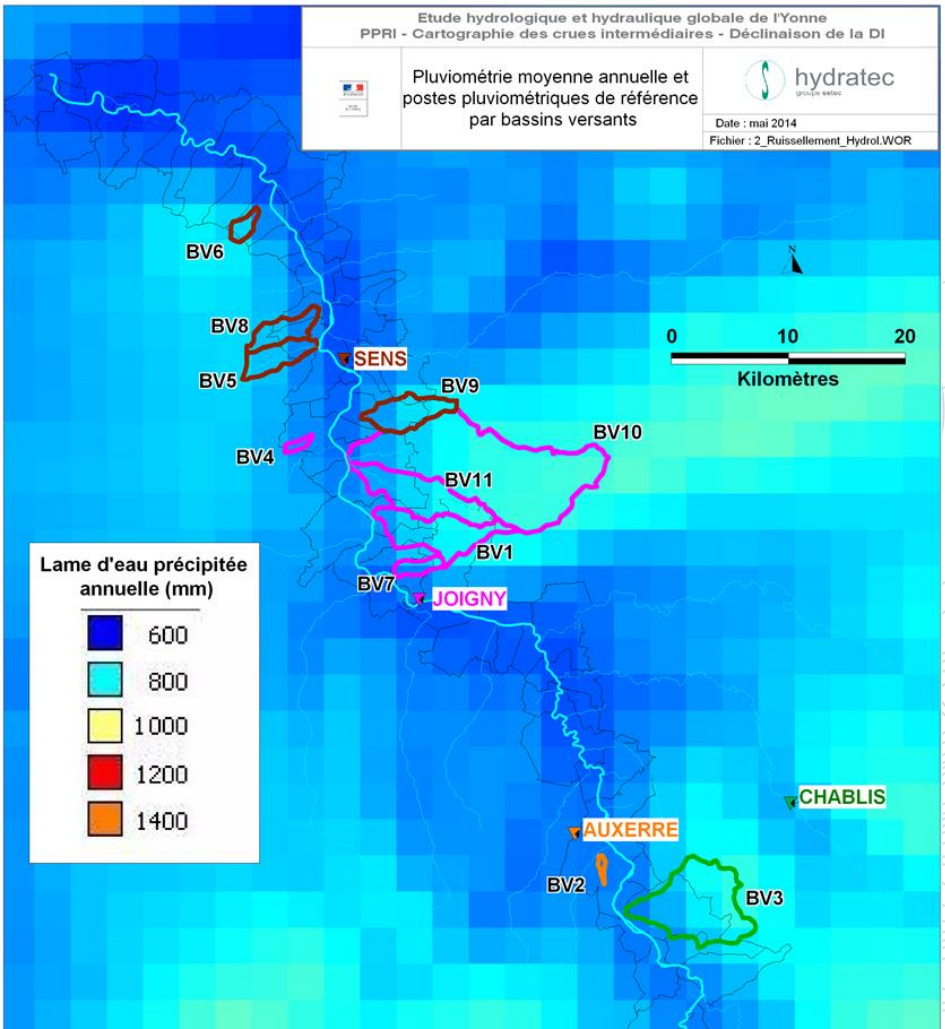
- Si pluie homogène sur l'ensemble du territoire, amplification des débits à l'aval
  → Q Gurgy & Courlon non cohérents avec Q Dornecy
- Obligation de générer les crues théoriques en 2 temps :
  1. sur l'Yonne amont (Dornecy jusqu'à la Cure)
  2. sur l'Yonne médiane et aval (Gurgy et Courlon)
- Pour générer les crues théoriques à Gurgy et Courlon, application d'un coefficient multiplicateur de la pluie en 2 zones

→ Génération de l'aléa centennal à l'aide de 2 crues distinctes



Débits caractéristiques pour l'aléa ruissellement

Méthode de calcul des débits de pointe centennaux



- Objectif : calculer Q_{100} pour les 11 bv
- Application de 5 méthodes : Crupedix, Socose, Rationnelle, Transition, SCS
- Calcul direct du Q_{100}, sauf pour Crupedix et Socose : passage par le Q_{10}

$$Q_{100} = K \times Q_{10} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} K = \left(\frac{Q_{100}}{Q_{10}}\right)_{\text{Rationnelle}} & \text{si } A \leq 20\ \text{km}^2 \\ K = 2 & \text{si } A > 20\ \text{km}^2 \end{cases}$$

- Etapes intermédiaires :
  - Calculs des temps de concentration des bv (7 formules utilisées)
  - Achat des coefficients de Montana aux postes pluviométriques voisins (corrigés)
  - Calcul des coefficients de ruissellement (C_{10} et C_{100})