

Projet ANR-08-RISK-03-01

# Prédétermination des valeurs extrêmes de pluies et de crues (EXTRAFLO)

Programme RISKNAT 2008

## Tâche I : Constitution de jeux de données test

Rapport I « *Jeux de données pluviométriques et hydrométriques et données naturalistes utilisés dans le projet ExtraFlo* »

Date : Juin 2010

**Rapport réalisé par :**

<sup>(1)</sup> Météo-France, Direction de la Climatologie

<sup>(2)</sup> Irstea, Centre de Lyon HHLY

**Avec la participation de :**

<sup>(3)</sup> EDF/DTG

<sup>(4)</sup> Irstea, Centre d'Aix-en-Provence, OHAX

<sup>(5)</sup> GéoSciences Montpellier

**Auteurs :**

J.M. Soubeyrou <sup>1</sup>, B. Renard <sup>2</sup>, F. Garavaglia <sup>3</sup>, P. Arnaud <sup>4</sup>, L. Dezileau <sup>5</sup>



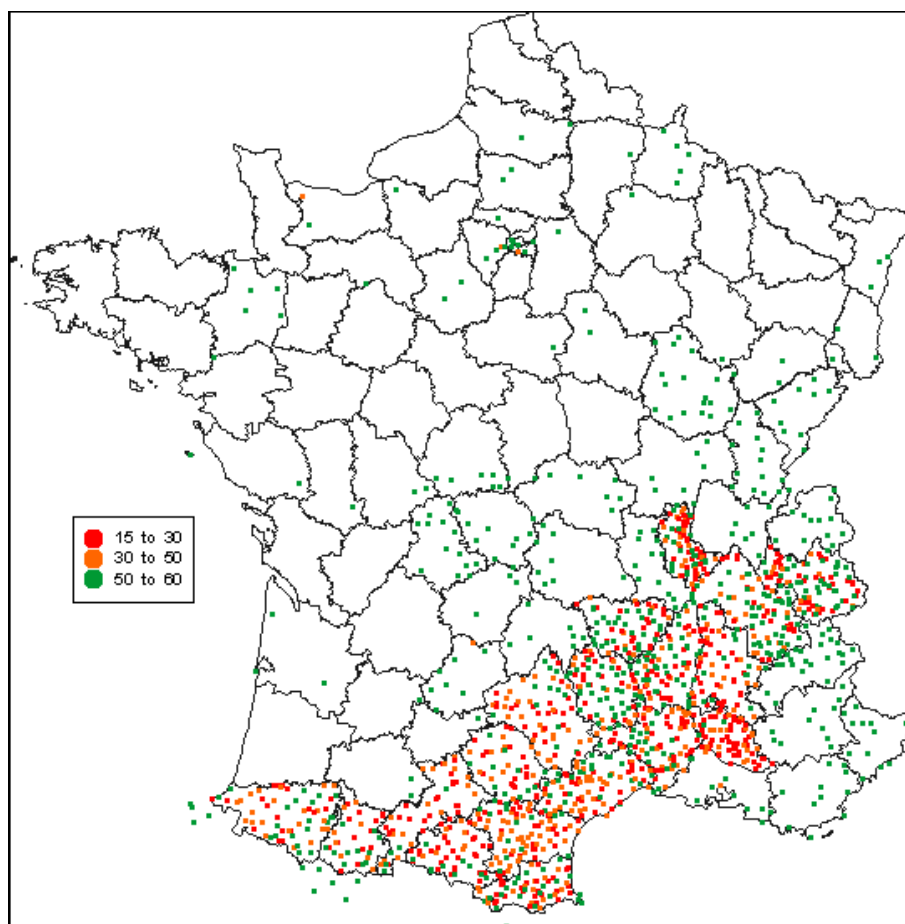


# SOMMAIRE

1. Données pluviométriques utilisées pour le projet ExtraFlo (rapports III.1, III.3 et III.5)	4
2. Données hydrométriques utilisées pour le projet ExtraFlo (rapports III.2, III.4 et III.6)	8
3. Données collectées sur les bassins tests (rapport III.7)	13
4. Données collectées pour les approches naturalistes	14
4.1. Etudes hydro-géomorphologiques (rapports IV.1 et IV.2)	14
4.2. Etude paléo-hydrologique (rapport IV.3)	14
5. Références	15
6. Annexe	16

## 1. Données pluviométriques utilisées pour le projet ExtraFlo (rapports III.1, III.3 et III.5)

La sélection du jeu de données pluviométriques du projet Extraflo a visé à rassembler les meilleures séries climatologiques françaises en termes de qualité (moins de 10% de valeurs manquantes, séries contrôlées et validées) et de longueur (notamment séries de plus de 50 ans). Une attention particulière a été portée aux régions méditerranéennes concernées par les pluies journalières extrêmes les plus fortes (au-delà de 500 mm en 24 h - voir le site [pluiesextremes.meteo.fr](http://pluiesextremes.meteo.fr)). La figure 1 présente la carte des 1568 séries utilisées.



**Figure 1.** Carte des 1568 stations pluviométriques utilisées dans le projet ExtraFlo : les points verts signalent les séries de longueur supérieure à 50 ans, les points orange avec entre 30 et 50 ans, les points rouges avec entre 15 et 30 ans.

Pour parvenir à cette sélection, le projet Extraflo a rassemblé un ensemble de données sur une grande partie de la France en utilisant les archives de l'EDF et de Météo-France. La sélection des séries vise à représenter les différentes régions climatiques pour les précipitations extrêmes en France (Choisnel et Payen, 1988) : océanique, continentale, de montagne. La longueur des séries a été un critère déterminant dans la constitution des jeux de données. Toutes les données utilisées avaient été soumises préalablement à des contrôles de qualité particuliers, dans le cadre de leur utilisation opérationnelle. Pour ce projet, seules les séries ayant moins de 10% de données manquantes ont été sélectionnées.

L'ensemble des données a été obtenu à partir de trois ensembles de séries quotidiennes (cf. *Tableau 1* et figure 1) et elles peuvent être divisées en deux classes :

- **Un ensemble de longues séries de données de longueur supérieure à 50 ans** (points verts sur la figure 1) : 446 séries fournies par EDF (364 séries) et Météo-France (82 séries). Les séries d'EDF ont été déjà utilisées dans une étude précédente pour la validation de la méthode SCHADEX (Garavaglia *et al.*, 2011) et ont été soumises à un contrôle complet de leur qualité. Ces séries ont des données disponibles depuis 1950 jusqu'à 2005. Ces stations sont principalement situées dans les Alpes, les Pyrénées et le Massif Central à une altitude moyenne de 620 m. Les données de Météo-France sont des séries de SQR (Séries Quotidiennes de Référence) préparées pour des études sur le changement climatique (Moisselin *et al.*, 2002). Ces séries ont été vérifiées par une méthode d'homogénéisation (Mestre, 2004) avec un test pour la détection des points de rupture : seules les meilleures séries n'ayant pas de point de rupture important (inférieur à 10 % de la valeur moyenne mensuelle) ont été utilisées. Elles sont principalement localisées en plaine (altitude moyenne de 200 m).
- **Un ensemble dense de données dans le sud de la France avec des séries de plus de 15, 30 ou 50 années** (respectivement points rouges, orange et verts sur la figure 1) : 1122 séries fournies par Météo-France à partir de la Banque de Données Climatologiques (BDCLim) et sélectionnées pour leur situation dans le sud de la France et la région méditerranéenne (altitude moyenne 500 m). Ces séries ont été contrôlées selon les règles du guide d'exploitation climatologique de Météo-France et sont disponibles sur le serveur climatologique en ligne "Climathèque" : <http://climatheque.meteo.fr/>.

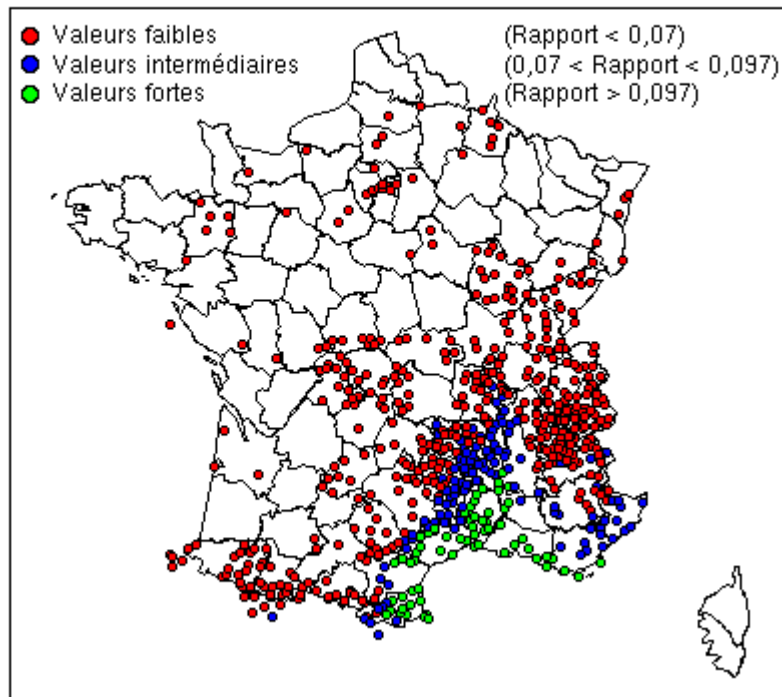
*Tableau 1 : Source des données pluviométriques*

	Période retenue	Nombre moyen d'années	Nombre de stations	Réseau
Longues séries	1948-2005	57	364	EDF
	1951-2003	52	82	Météo France (SQR)
Ensemble dense	1950-2009	35	1122	Météo-France (BDCLim)

Ces stations se comportent de façon très différente en ce qui concerne les précipitations extrêmes, ce dont nous pouvons rendre compte en analysant la distribution du ratio entre la moyenne des maximums annuels et le cumul annuel moyen (thèse Penot, 2011-2014) qui illustre l'écart entre les valeurs extrêmes et moyennes. La **Figure 2** s'appuyant sur le jeu des 693 séries de plus de 50 ans, met en évidence la pertinence climatique de cette approche avec un zonage utilisant comme borne les ratios de 0.07 et 0.097, correspondant respectivement aux quantiles 70% et 90% :

- valeurs fortes sur l'arc méditerranéen ;
- valeurs intermédiaires sur les reliefs du sud de la France, Cévennes et Alpes du Sud notamment ;
- valeurs plus faibles ailleurs.

### Rapport E(PJX)/PA



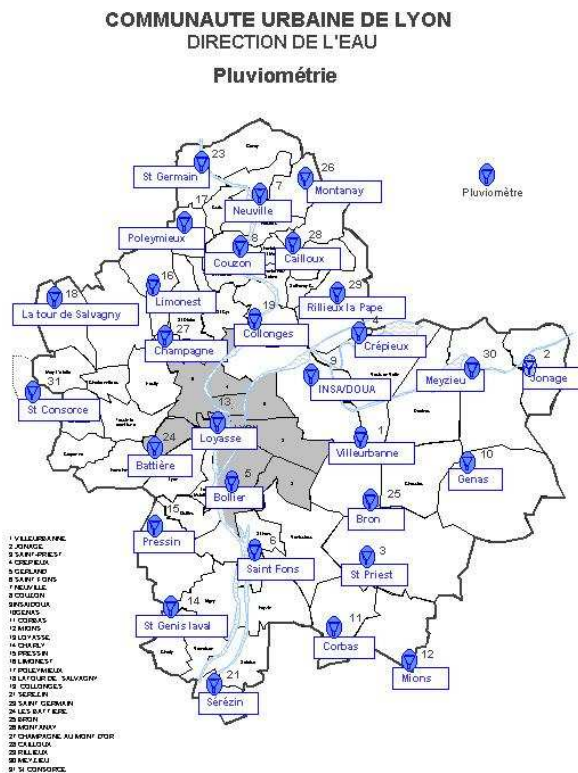
**Figure 2.** Distribution du rapport entre la moyenne des maximums annuels et le cumul annuel moyen. Échantillon complet, stations de 50 années ou plus

D'autres longues séries à pas de temps infra-quotidiens ont été sélectionnées dans le cadre du projet et partiellement utilisées pour des études particulières comme celles relatives à la non-stationnarité. Deux jeux de données principaux ont été constitués :

- 18 séries d'une longueur au minimum de 50 ans sur l'ensemble de la France (voir **Figure 3**) satisfaisant aux règles de gestion des manques utilisées pour la production opérationnelle de durées de retour de précipitations à pas de temps fin à Météo-France : sur la période où des données de précipitations à intensité constante existent (table PRECIP renseignée), toute année présentant plus de 20% d'écart entre les cumuls annuels issus des données quotidiennes et les cumuls annuels issus de PRECIP est rejetée. Ces séries concernaient les pas de temps 1h et 6h.
- Traitement de 28 séries d'au moins 17 années (période 1993-2009) à pas de temps de 6 mn issues du réseau du Gd Lyon avec une distance inter-station moyenne de 5 km (voir **Figure 4**). Des tests de contrôle ont été réalisés sur ces séries pour en sélectionner les meilleures selon des critères de présence de données et ratio sur les cumuls annuels par rapport à des postes climatologiques de référence. Au final, 24 séries ont été sélectionnées. Le rapport de validation est fourni en annexe.



**Figure 3.** Distribution Carte des 18 longues séries pluviométriques infra-quotidiennes de plus de 50 années disponibles en France



**Figure 4.** Carte des séries pluviométriques à pas de temps 6 mn du réseau du Gd Lyon sur la période 1993-2009

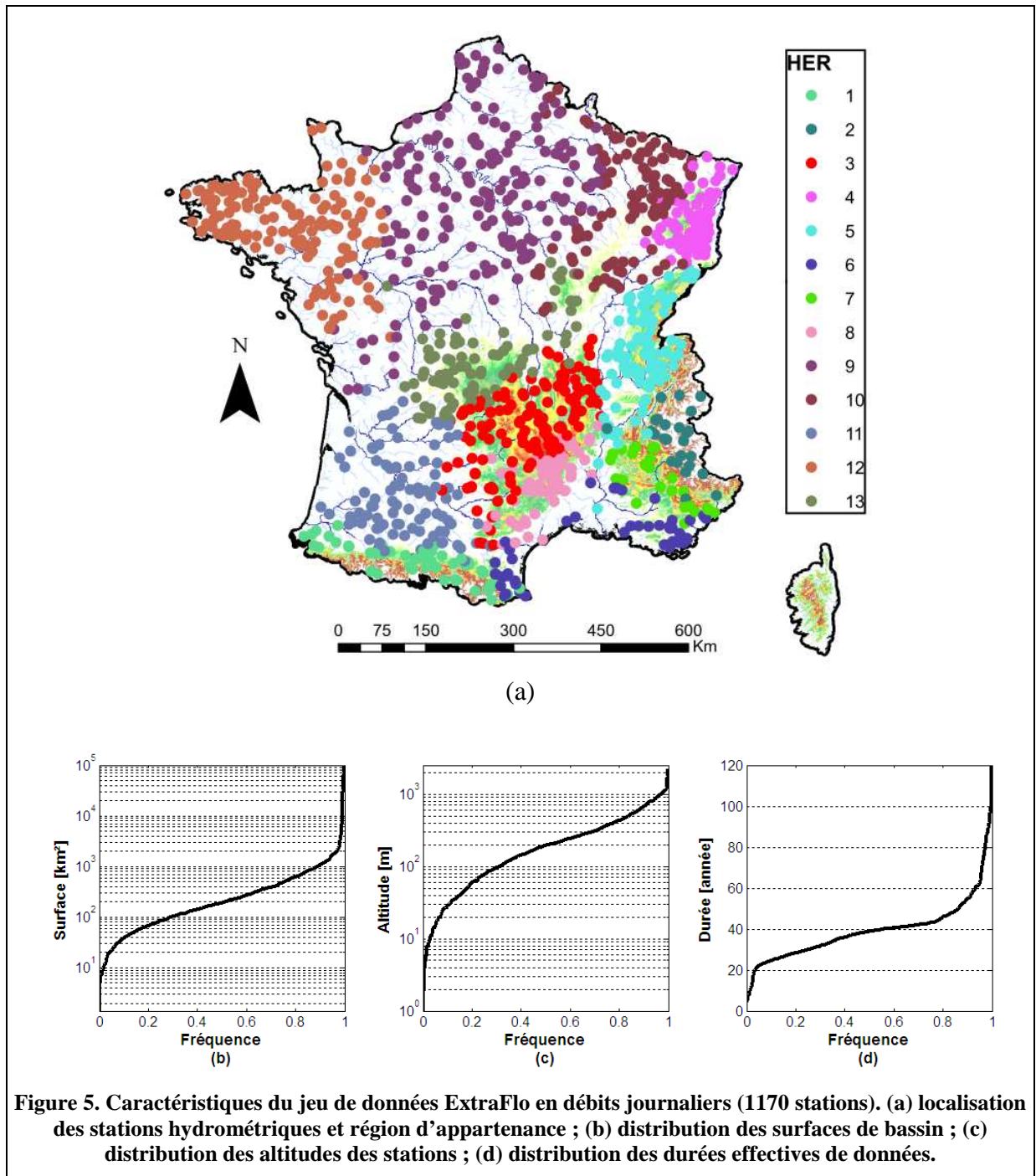
## 2. Données hydrométriques utilisées pour le projet ExtraFlo (rapports III.2, III.4 et III.6)

La sélection du jeu de données hydrométriques du projet Extraflo a couvert l'ensemble du territoire métropolitain. Deux jeux de données critiquées ont été croisés :

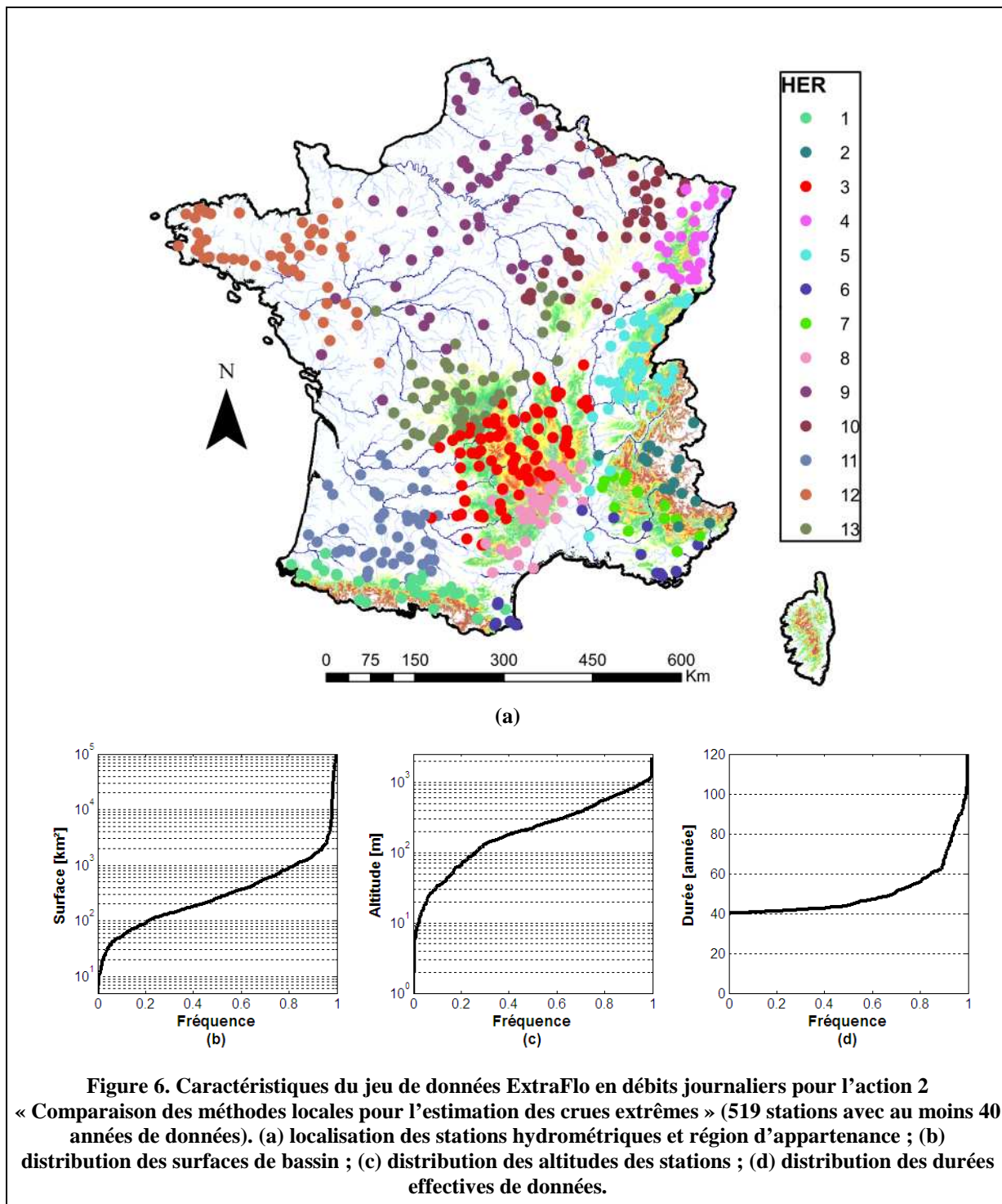
- Jeu constitué pour la thèse de B. Renard (2006) sur la détection de non stationnarités dans les crues en France. Un premier jeu de 200 stations avait été retenu : ces séries ont fait l'objet d'échanges avec les services hydrométriques et de traitements statistiques de contrôle pour détecter et identifier des problèmes d'incohérence liées à la métrologie. Au final environ 120 longues séries avaient été retenues, avec au moins 40 années de suivi, et des données de bonne qualité et non influencées.
- Jeu constitué pour la thèse de Y. Aubert (2012) sur le modèle SHYREG. A partir d'un jeu initial d'environ 1800 stations, une procédure de contrôle sur l'analyse visuelle des distributions de crue et sur l'homogénéité géographique de chaque station a conduit à retenir in fine 1175 séries avec au moins 20 années de mesure.

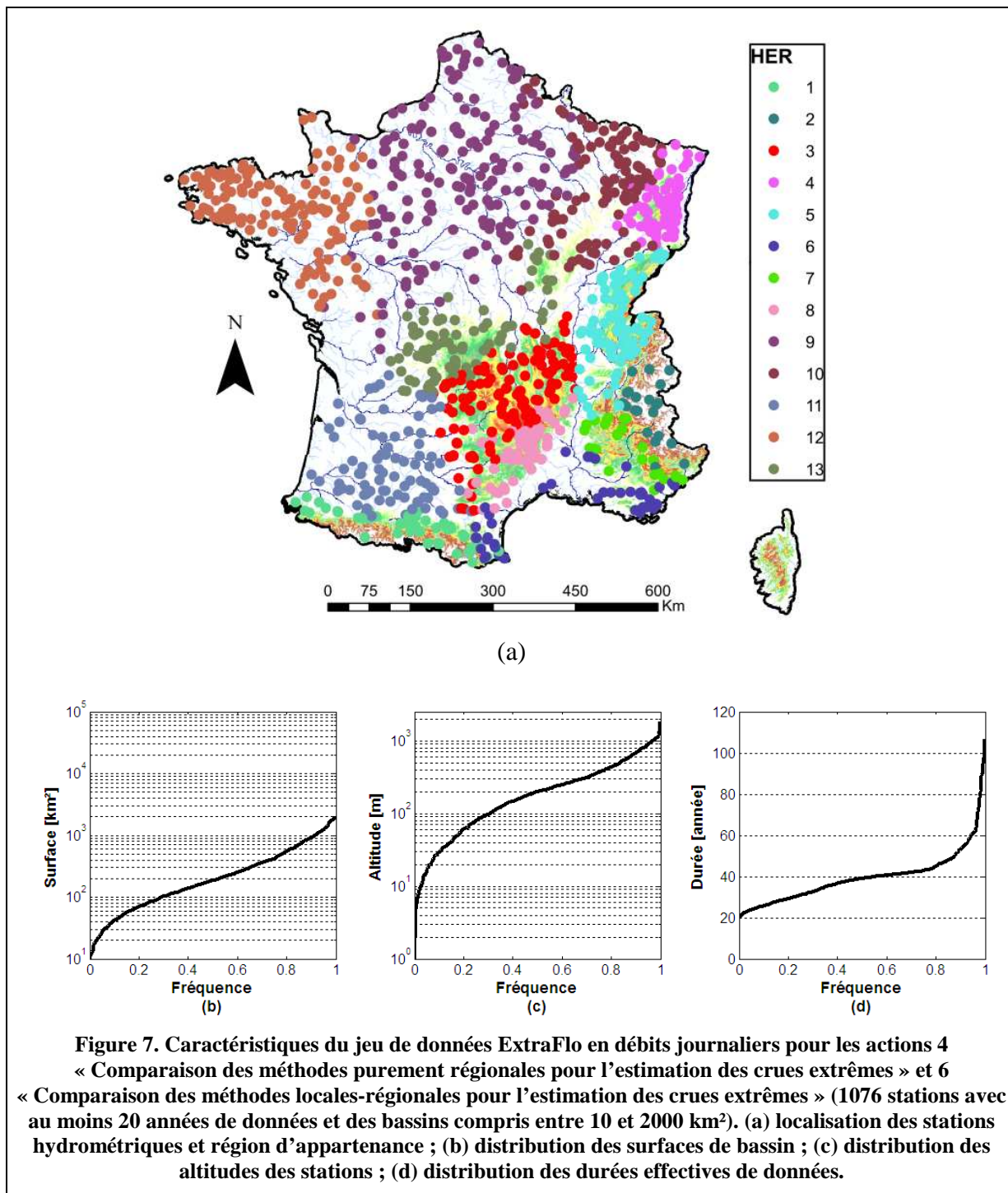
Au final, après avoir exclu quelques stations douteuses ou en doublon, le jeu total compte 1170 stations hydrométriques. Les caractéristiques de ce jeu de données sont décrites en Figure 5. Les régions sont définies sur la base des hydro-écorégions (HER) définies par Wasson *et al.* (2004), modulo quelques regroupements pour éviter des régions d'effectif trop faible.

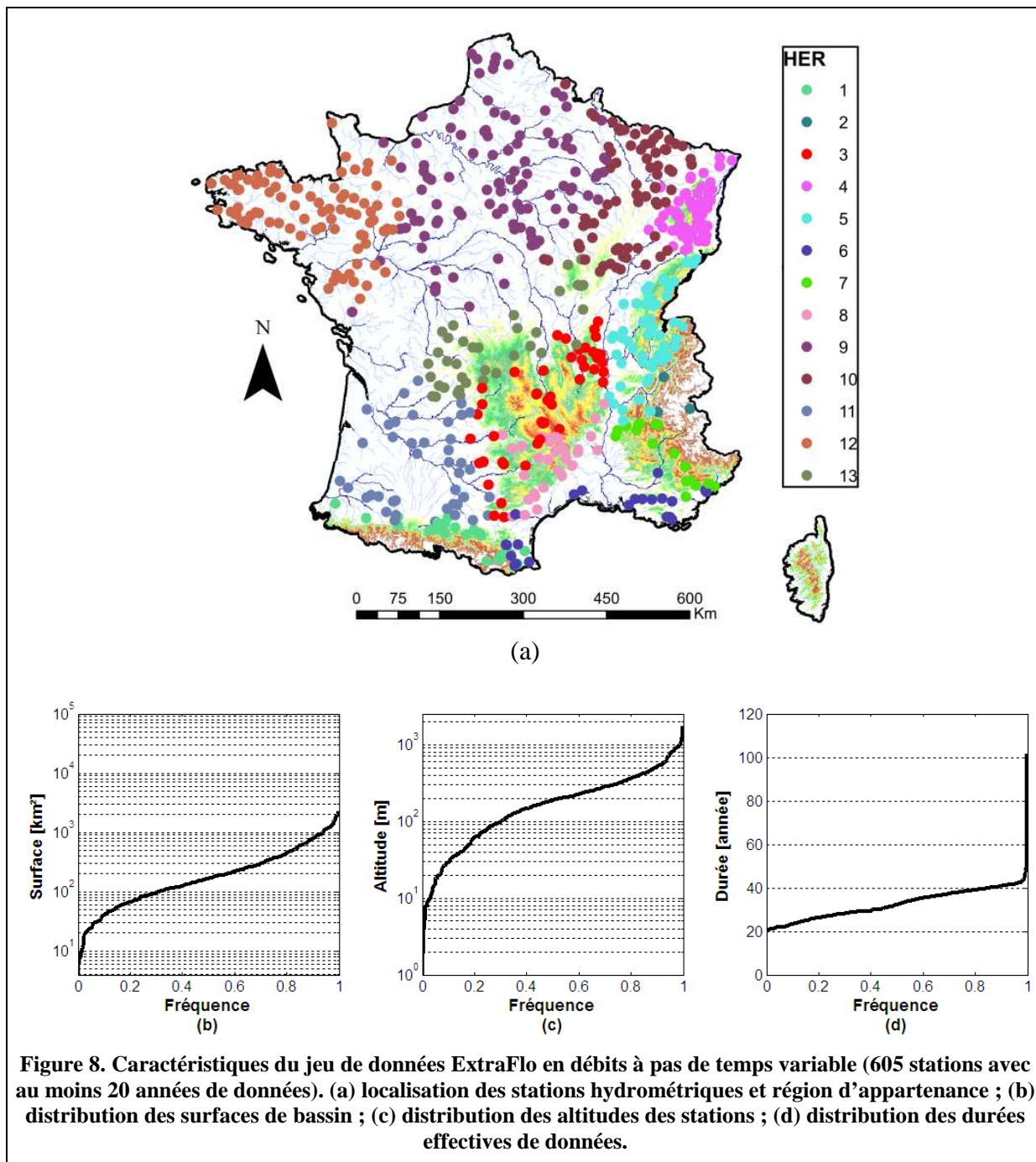




Pour les besoins des différentes actions de comparaison, des sous-ensembles de ce jeu de données ont été utilisés. Ces sous-ensembles sont décrits dans les figures suivantes.







### 3. Données collectées sur les bassins tests (rapport III.7)

Trois bassins test ont été étudiés :

- Bassin de l'Ardèche : Ardèche à Vallon-Pont-d'Arc (1 930 km<sup>2</sup>) et Sauze (2 240 km<sup>2</sup>) ;
- Bassin du Gard : Gardon de Mialet à Générargues (245 km<sup>2</sup>) et Gardon de Saint-Jean à Corbès (263 km<sup>2</sup>) ;
- Bassin du Tech à Reynès (477 km<sup>2</sup>).

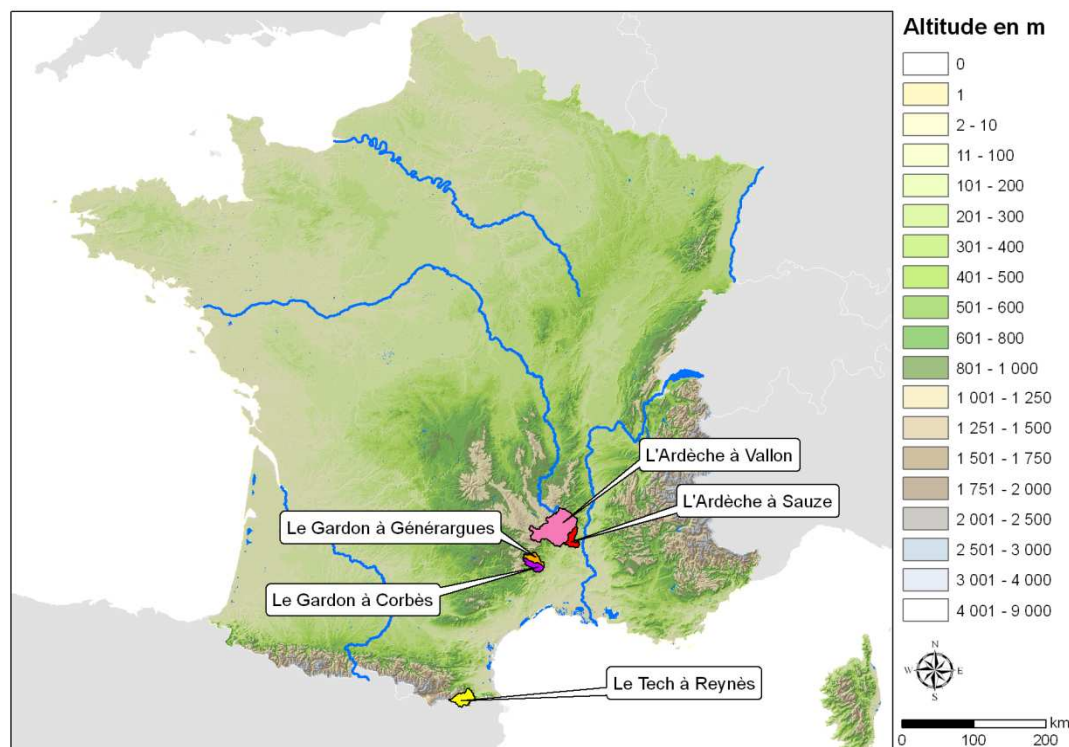


Figure 9. Carte de localisation des trois bassins test

Le tableau suivant récapitule les données collectées aux cinq sites, pour les différents paramètres : température de l'air, précipitation, débit.

Tableau 2 : Paramètres collectés sur les cinq sites des bassins test

Bassin	Température de l'air	Pluie de bassin	Débit	Crues historiques
Ardèche à Vallon	Température SPAZM (1953-2010)	A partir de 10 postes (1960-2008)	QJ (2000-2010)	42 crues sur
Ardèche à Sauze			Qh (1980-2010)	1644-1977
Gardon à Générargues		A partir de 6 postes (1950-2008)	QJ (1955-2010)	40 crues sur
Gardon à Corbès			Qh (1980-2010)	1644-1977
Tech à Reynès		A partir de 5 postes (1953-2009)	QJ (1962-2010)	3 crues sur
		Qh (1971-2010)	1744-1970	
		QJ (1967-2010)	3 crues sur	
		Qh (1970-2010)	1744-1970	
		QJ (1967-2008)	11 crues sur	
		Qh (1971-2010)	1869-1971	

## 4. Données collectées pour les approches naturalistes

### 4.1. Etudes hydro-géomorphologiques (rapports IV.1 et IV.2)

Deux cas d'étude ont été retenus, sur la Garonne en aval de Toulouse (42 km de linéaire), et sur le Gardon (117 km de linéaire). Les cartes hydro-géomorphologiques établies par la Dreal Midi-Pyrénées et le Cete Méditerranée ont été exploitées.

Des modèles hydrauliques ont été constitués à partir de données existantes :

- la Garonne en aval de Toulouse
  - 120 profils en travers (de l'aval du Pont neuf à Toulouse à l'aval de Verdun-sur-Garonne) levés entre 1987 et 2002 ;
  - 4 semis de points pour représenter le lit majeur ;
  - 6 profils en long de 1880 à 2005 pour simuler les crues à différentes époques ;
  - données hydrométriques sur 6 stations (entre 40 et 100 années d'observation de débit journalier) ;
  - laisses de crue (juin 2000, mai 1977, juin 1875).
- Le Gardon (Gardon d'Anduze, Gardon d'Alès et Gardons réunis jusqu'à Remoulins)
  - 348 profils en travers levés après la crue de septembre 2002 (lits mineur et majeur) ; 175 profils en travers antérieurs (années 1985 à 1999) ;
  - profil en long de la ligne d'étiage en 1948 ;
  - données hydrométriques sur 5 stations (entre 10 et 40 années d'observation de débit journalier) ;
  - laisses de crue (septembre 2002, septembre-octobre 1958, septembre-octobre 1907).

### 4.2. Etude paléo-hydrologique (rapport IV.3)



**Figure 10.** Carte de localisation des sites d'étude paléo-hydrologiques dans les gorges du Gard

Deux coupes ont été étudiées dans la partie centrale des gorges du Gardon, entre le Pont Saint Nicolas et Collias. Ces coupes proviennent d'une terrasse (GE située à 10 m de hauteur au dessus de la rivière) et d'une cavité (GG à 15 m au-dessus de la rivière). L'identification et la mise en évidence des différents paléo-événements de crue a été établie grâce à l'inspection minutieuse de chaque dépôt sédimentaire (variabilité granulométrique, présence de paléosols, détection de surfaces d'érosion, indication de bioturbation, présence de niveaux de cailloutis dans la cavité ou couches d'occupation anthropique entre différents événements d'inondation).

La mise en place d'une chronologie de dates de crues a été réalisée à partir de datations isotopiques ( $^{14}\text{C}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ), de mesures géochimiques du Plomb et d'Aluminium et de l'existence d'objets archéologiques.

Les cavités Baume 1 et 3, étudiées par Sheffer *et al.* (2008) et situées à 19 m et 21 m au-dessus de la rivière, ont fait l'objet de mesures complémentaires en isotopes ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ) et en teneur en minéraux (quartz, chlorite, micas, calcite et feldspath).

Le modèle hydraulique du Gard établi pour la comparaison avec les approches hydro-géomorphologiques (section 4.1) a été décliné dans une version bi-dimensionnelle, pour estimer précisément le débit de submersion au droit de chaque site paléo-hydrologique.

## 5. Références

- Aubert Y., 2011.** *Estimation des valeurs extrêmes de débit par la méthode SHYREG : réflexions sur l'équifinalité dans la modélisation de la transformation pluie en débit.* Thèse de doctorat, Univ. Paris VI, 317p.
- Choisnel E., Payen D., 1988.** Les climats de la France. *La Recherche*, supplément au n°201, 32-41
- Garavaglia F., Lang M., Paquet E., Gailhard J., Garçon R., Renard B., 2011.** Reliability and robustness of rainfall compound distribution model based on weather pattern sub-sampling. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 15, 519-532
- Mestre O., 2004.** Detection and correction of artificial shifts. *Appl. Statist*, 53, Part 3, pp. 405-425
- Moisselin J.M., Schneider M., Canellas C., Mestre O., 2002.** Les changements climatiques en France au 20ème siècle. Étude des longues séries homogénéisées de données de température et de précipitations. *La Météorologie*, n°38, août 2002, 45-56.
- Penot D., 2011-2014.** *Cartographie de pluies extrêmes et application de la méthode SCHADDEX en site non jaugé.* Thèse en cours à EDF/DTG, Université Grenoble
- Renard B., 2006.** *Détection et prise en compte d'éventuels impacts du changement climatique sur les extrêmes hydrologiques en France.* Thèse de doctorat INP Grenoble, 361p.
- Sheffer NA, Rico M, Enzel Y, Benito G and Grodek T., 2008.** The palaeoflood record of the Gardon River, France: A comparison with the extreme 2002 flood event. *Geomorphology* 98, 71-83.
- Wasson J.G., Chandesris A., Pella H., Blanc L., 2004.** Les hydro-écorégions: une approche fonctionnelle de la typologie des rivières pour la directive cadre européenne sur l'eau. *Ingénieries* 40, 3-10.

## 6. Annexe

Ci-joint : **Rapport Météo-France (2010)** : « *Intégration des données pluviométriques 6 minutes des stations du Grand Lyon dans la BDclim* ». DCLIM/AVH en relation avec la DIRCE, Guillaume Jallais.

Ci-joint : **Rapport Météo-France (2013)** : « *Analyse des précipitations en haute-montagne* ». DCLIM/DEC, P. Lassègues, Février.