

Université Louis Pasteur

U.F.R DE GEOGRAPHIE

Strasbourg

CEREG, ERS 1747 du CNRS

Mémoire de Maîtrise de Géographie Physique

**EVOLUTION DU CLIMAT ET RECHERCHE
D'INDICATEURS CLIMATIQUES POUR LA
PREVISION DES MOUVEMENTS DE TERRAIN
DANS LE BASSIN DE BARCELONNETTE
(Alpes de Haute Provence)**

Emmanuelle Jung

Jury : Olivier Maquaire, directeur du mémoire

Georges Najjar, maître de conférences

Novembre 1998

Remerciements

Je remercie :

* **Mr. O. MAQUAIRE**, maître de conférence qui m'a suivi durant toute cette année, qui a su me conseiller et me guider dans mes recherches

* **Mr. G. NAJJAR**, qui m'a apporté de nombreux éléments de réponses à différentes interrogations.

* **Mr. D. WEBER**, doctorant, qui m'a expliqué le dépouillement des rouleaux du pluviographe de la Ferme de La Rente.

* **Mr. J. BORELLI** qui m'a gracieusement prêté ses cahiers d'observations météorologiques du poste de Jausiers bourg.

* **Mr. J. DEBRIEUX** de la Division Technique Générale de Grenoble qui m'a permis d'acquérir les données de débit de l'Ubaye à Roche Rousse.

* **Mr. J. REYNAUD** du service de l'Eau et des Milieux Aquatiques de la DIREN Provence - Alpes - Côte d'Azur, qui grâce à la banque hydrologique m'a fourni les données de débit de l'Ubaye à Barcelonnette.

... Ainsi que Laetitia, Nathalie, Aude, Lucas, Yoann et Boris pour leur soutien moral et leur amitié.

Vous me voyez désolée de ne pouvoir citer tout le monde, sachez cependant que vous n'êtes pas oubliés et que je vous remercie de tout cœur pour votre aide précieuse.

Enfin un merci tout particulier à mes parents et grands-parents qui ont toujours eu confiance en moi...

INTRODUCTION

Le bassin de Barcelonnette, dans les Alpes de Haute-Provence est soumis à de nombreux aléas naturels.

Au cours du temps, certains ont marqué le paysage par de larges et profondes cicatrices. Certains glissements de terrain complexes ont donné naissance à des coulées de débris qui évoluent au rythme des saisons et des années.

C'est par exemple, le cas du glissement de la Valette déclenché en 1982 dont la coulée de débris menace plusieurs dizaines d'habitations, ou bien encore, le glissement-coulée de Super Sauze déclenché dans les années soixante dans un bassin torrentiel, ou celui, plus ancien de Poche.

D'autres aléas, comme la torrencialité, ont obligé l'homme à entreprendre d'importants et coûteux aménagements pour réduire l'intensité et la fréquence des laves torrentielles dévastatrices. Depuis plus d'un siècle, plusieurs centaines de barrages ont été construits dans les torrents, des milliers d'hectares ont été reboisés sous la direction du R. T. M. (Restauration des Terrains en Montagne). La meilleure illustration est donnée par la correction du torrent du Riou Bourdoux qui ne connaît plus, comme au début du siècle, de crues dévastatrices. Toutefois, malgré l'importance des travaux engagés, l'aléa torrencialité existe toujours comme en témoigne la dernière lave torrentielle qui s'est produite le 19 août 1996.

L'homme doit donc pouvoir connaître ces aléas pour les prévoir dans le temps et dans l'espace, et s'en prémunir au mieux. C'est donc dans un objectif de prévision des risques naturels et en particulier des risques géomorphologiques, que des études ont été engagées dans ce bassin, depuis une dizaine d'années, par l'équipe "Risques naturels et actions de l'homme" du CEREG de l'Université Louis Pasteur de Strasbourg avec le soutien de plusieurs programmes successifs de recherches européens (Epoch, Teslec, Newtech)

Ainsi, un inventaire des aléas naturels a été entrepris à partir d'une recherche d'archives (Archives départementales, préfectures, bibliothèques, RTM, etc...) par A. Amiot et C. Nexon (1995). Près de mille références ont été retrouvées depuis 1850 et concernent les six aléas suivants :

- * Les mouvements de terrains (glissement, éboulement, coulée, chute de blocs) qui représentent 11 % du total;
- * La torrencialité (crue, inondation, lave torrentielle) 45%
- * Les séismes 3%
- * Le ravinement 1%
- * Les avalanches 33%
- * Les calamités climatiques 7%.

Dans ce bassin de Barcelonnette, les études ont porté principalement sur les risques géomorphologiques pour chercher à expliquer pourquoi ces nombreux phénomènes se localisent sur un espace restreint de quelques vingt kilomètres carrés. Les facteurs responsables de ces déclenchements ou de ces réactivations ont donc été recherchés, qu'ils s'agissent des facteurs de prédisposition liés aux terrains ou des facteurs déclenchants, proprement dit, comme par exemple l'eau en excès en relation avec les conditions climatiques.

Des recherches ont donc été conduites sur ce dernier point. Y. Sommen (1995) a ainsi déterminé la tendance évolutive climatique dans le bassin de Barcelonnette à partir des données climatiques existantes complétées par l'installation d'un pluviographe en 1994. L'étude a porté principalement sur trois postes d'observations météorologiques : ceux de Barcelonnette, de Jausiers Lans le Serret et de la ferme de La Rente.

A partir des données climatiques relevées pour chacune d'elles, des analyses statistiques des principaux paramètres climatiques ont pu être réalisées (moyennes, normales, fréquences...). Les vents, les phénomènes thermo-pluviométriques, les températures et les précipitations ont ainsi été caractérisés et certaines évolutions ont pu être mises en avant.

Cette étude témoigne de la relative sécheresse du bassin de Barcelonnette, se classifiant comme une région alpine à double influence continentale et méditerranéenne.

Puis, une synthèse de différents travaux réalisés dans le cadre du programme TESLEC (1994-1996) a permis de définir trois types de relations entre le climat et les mouvements de terrain :

- * **Forte intensité de pluie sur une courte période avec déclenchement immédiat.** Ceci génère principalement des glissements superficiels et des coulées de débris avec crues torrentielles.
- * **Pluie cumulée au cours d'une période antécédente de durée variable.** Cet aspect climatique est particulièrement favorable à la réactivation des glissements.
- * **Diversité des conditions proches et lointaines ou absence de relations évidentes.** Dans ce cas, ce ne sont plus seulement les précipitations qui sont la cause des mouvements de terrain mais un ensemble de facteurs climatiques. Le rôle de ces facteurs climatiques varie en fonction de la sensibilité de réaction des terrains.

Il apparaît que le faible nombre de points d'observation ne permet pas de rendre compte précisément de la répartition spatiale des conditions climatiques dans ce bassin de montagne. Ainsi, les différentes informations recueillies et analysées ne permettent pas d'approcher avec suffisamment de précision les conditions climatiques responsables du déclenchement ou de la réactivation de ces aléas dans ce bassin de Barcelonnette.

Notre objectif est donc de préciser ces relations mouvements de terrain - conditions climatiques :

- en exploitant et en intégrant aux données déjà traitées, les données nouvelles apportées, d'une part, par l'installation d'une station climatique automatisée à Super Sauze depuis 1996 et d'autre part, par celles enregistrées depuis près de vingt années au poste de Jausiers Bourg et qui ont été retrouvées seulement récemment ;

- en recherchant à définir un indice climatique qui permettrait, en prenant en compte d'autres paramètres, climatiques, (comme l'évapotranspiration potentielle, le gel, les hauteurs de neige et le nombre de jour de neige, ...) ou hydrologiques comme le débit de l'Ubaye en différents points, de mieux cerner le degré relationnel entre l'aléa et les conditions climatiques.

Après un bref rappel des **caractéristiques géographiques** du bassin de Barcelonnette, la **première partie** du mémoire est consacrée à la présentation des différents sites d'observations et de mesures : description des **différents postes météorologiques et stations climatiques et des stations d'observations hydrologiques**.

Puis, nous nous intéresserons aux **différentes données disponibles utilisables et à leur critique**.

La **seconde partie** nous permettra de réaliser une **analyse des différents paramètres climatiques** (précipitation, température, ETP et précipitation efficace) et **hydrologiques** dans le but de les mettre en relation avec des paramètres différents tels que l'altitude, l'exposition, la pente...

Enfin dans une **troisième partie**, certains glissements seront mis en relation avec les épisodes climatiques concernés, ceci dans le but de **déterminer des indices climatiques de prédisposition aux mouvements de terrain**.

1. PRESENTATION GENERALE DU **SITE ET DES DONNEES**

1.1. LE BASSIN DE BARCELONNETTE : CADRE D'ETUDE

1.1.1. Localisation générale et topographie.

Barcelonnette et son bassin se situe dans le massif des Alpes du Sud, à la lisière Nord des Alpes de Haute-Provence (figure 1).

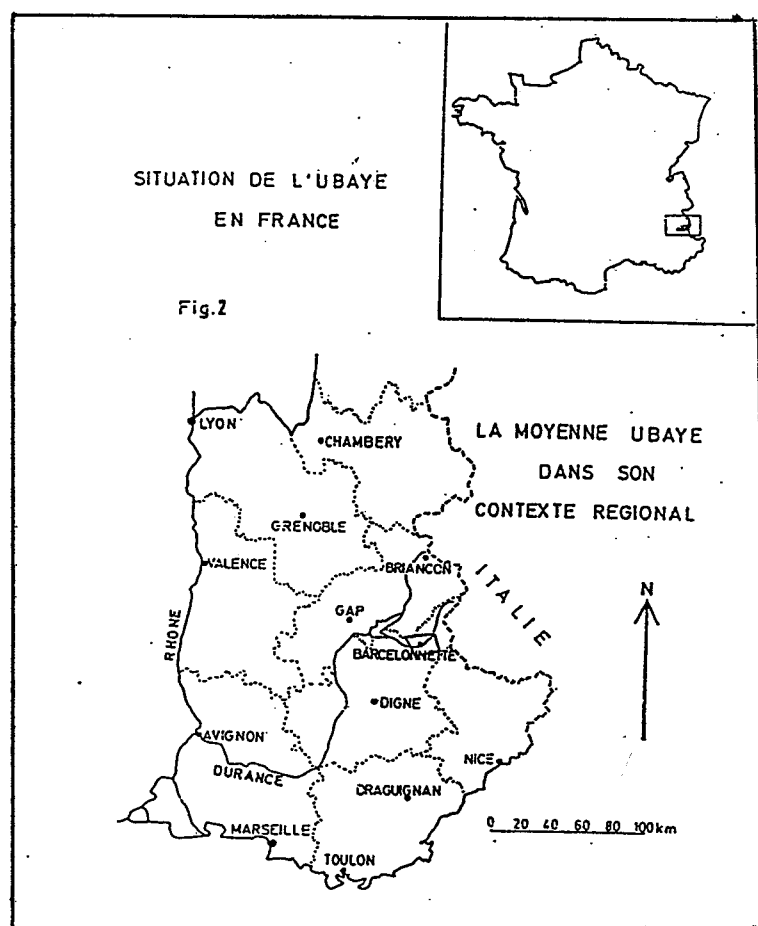


Figure 1 : La situation de l'Ubaye en France

Ce bassin s'étend sur une quinzaine de kilomètre d'Ouest en Est, et sur une dizaine de kilomètres du Nord au Sud. La surface de ce bassin est d'environ 150 km².

Il est fermé à l'Ouest par le verrou glaciaire de Méolans - Revel et les gorges du Lauzet (1040 m d'altitude) et à l'Est par un resserrement correspondant au Pas de Grégoire (1233 m) à 2 km en amont de Jausiers (Debelmas, 1970).

Il est entouré de hauts sommets tel que la Tête de Siguret (2846 m) au Nord-Est, le Pain de Sucre (3208 m) et le Chapeau de gendarme (2685 m) au Sud (figure 2).

Le fond de la vallée se resserre en aval mais également en amont de Barcelonnette. En effet, au Pas de Grégoire, la coupe topographique (Figure 3) montre la présence d'un véritable goulet avec de part et d'autre des versants abrupts. Il en est de même à Méolans - Revel.

A Barcelonnette (figure 4), le fond de la vallée est plus large et pratiquement plat sur 1 km. Les versants de part et d'autres sont quant à eux, moins inclinés qu'au Pas de Grégoire. La pente n'est que de 26 % environ alors qu'au Pas de Grégoire sur le versant Nord-Ouest, la pente atteint à certains endroits plus de 60 %.

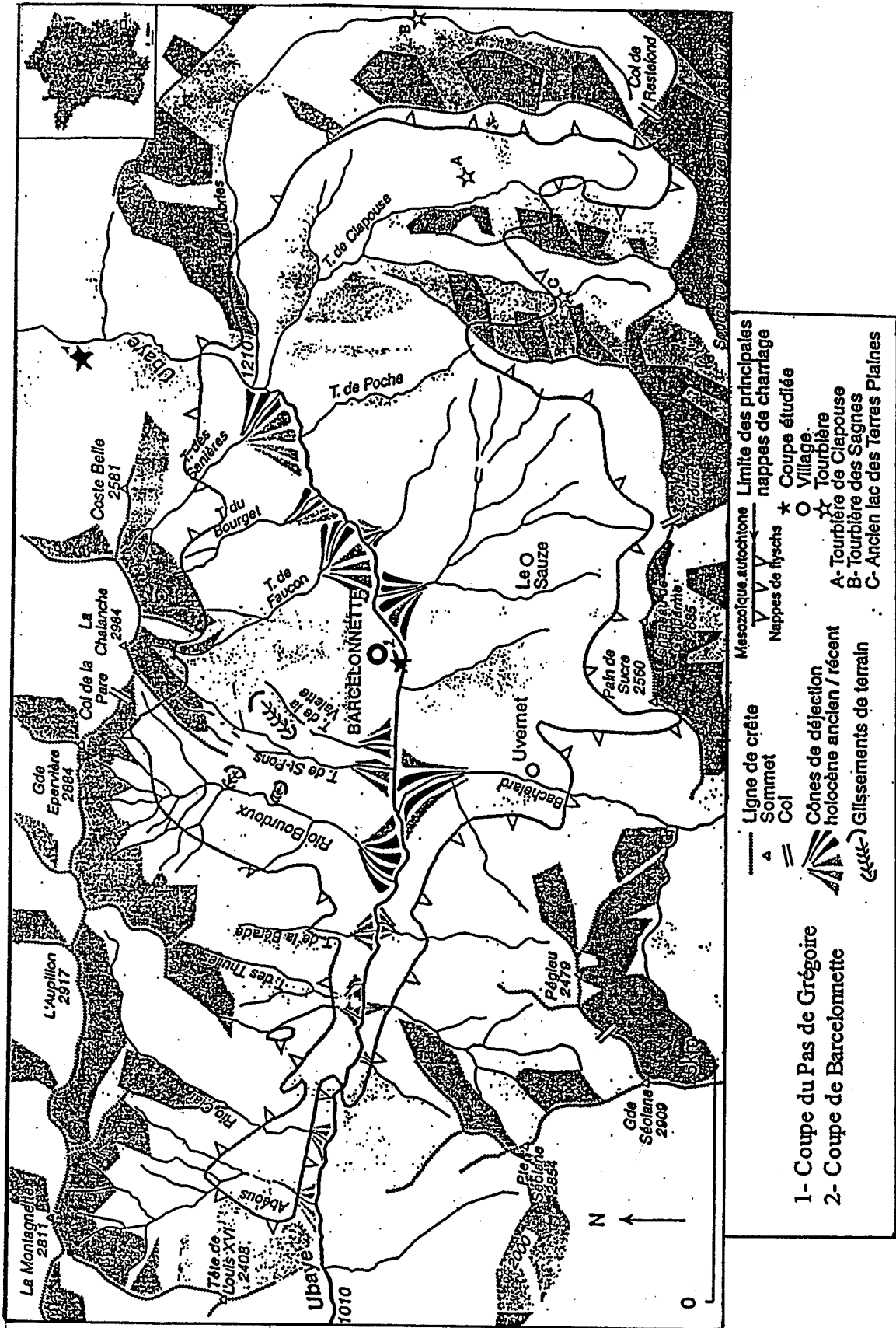


Figure 2 : Le bassin de Barcelonnette : Contexte lithostructurale et localisation des coupes étudiées (d'après Miramont C., 1988).

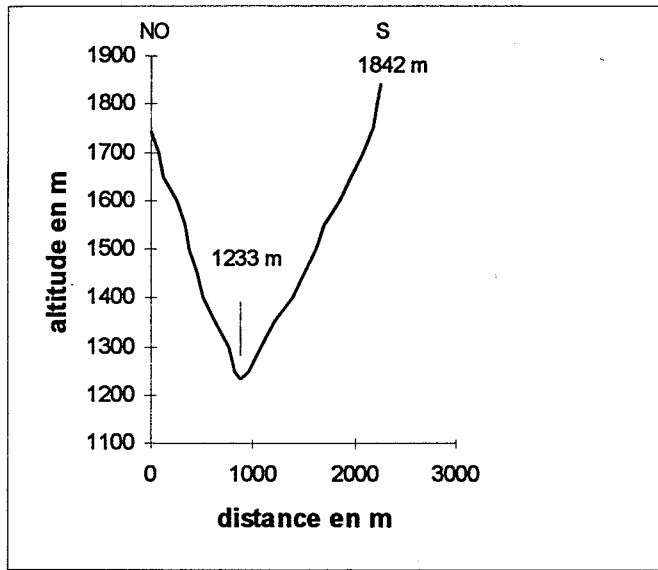


Figure 3 : Coupe topographique Nord-Ouest Sud-Est au Pas de Grégoire (échelle 1/25000).

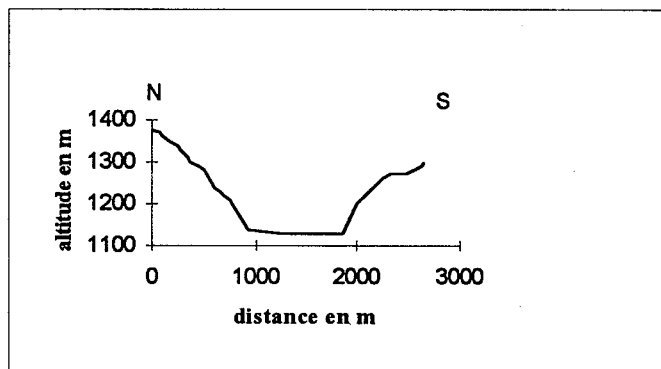


Figure 4 : Barcelonnette : coupe topographique Nord-Sud (échelle 1/25000)

1.1.2. Le cadre hydrologique.

Le bassin de Barcelonnette est drainé par le cours moyen de l'Ubaye (vallée de la Moyenne Ubaye). L'Ubaye prend sa source dans le Massif du Monte Viso à la frontière franco-italienne, à 32 kms en amont de Jausiers et rejoint le lac de Serre-Ponçon en aval. Ainsi, ce cours d'eau réunit par un lit de 78 kms deux points distants à vol d'oiseau de 53 kms (Peguy Ch.P, 1947) (figure 5).

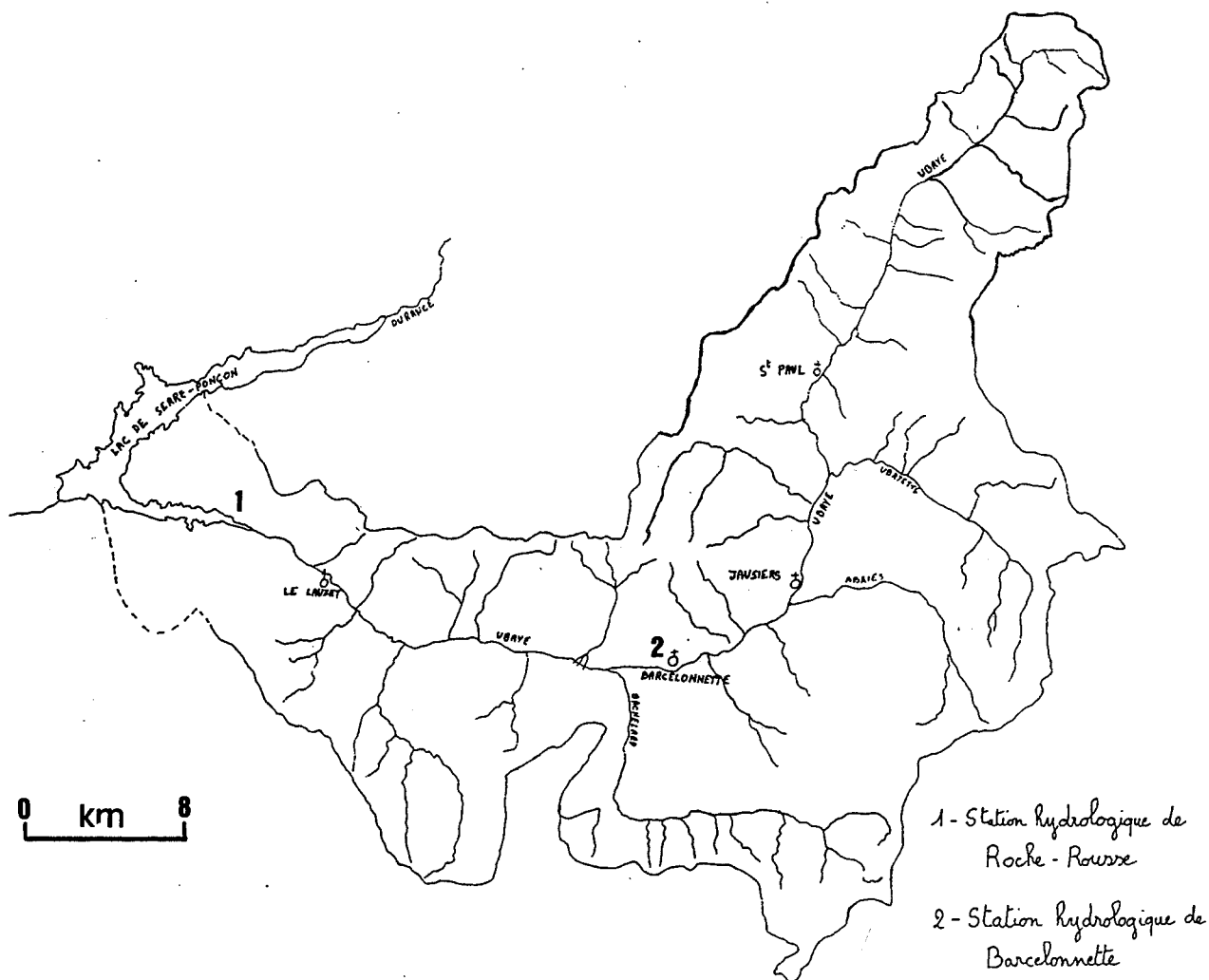


Figure 5 : Le tracé de l'Ubaye et localisation des stations hydrologiques

Cette rivière, affluent en rive gauche de la Durance s'étend précisément sur 22 kms à l'intérieur du bassin de Barcelonnette.

L'Ubaye s'écoule avec une direction préférentielle Est-Ouest de Jausiers au lac de Serre-Ponçon et en amont avec une direction Nord-Est Sud-Ouest.

Le tracé dans le détail est pour sa part assez complexe.

Lors de la traversée de ce bassin, l'Ubaye compte environ 26 affluents répartis sur les deux rives (Amiot A. & Nexon C., 1995).

La localisation de ces torrents tient compte surtout de facteurs géologiques (sol plus ou moins affouillable). Aussi sont-ils si nombreux dans les Flysch et les Terres Noires du bassin de Barcelonnette (Riou Bourdoux, torrent de Faucon, torrent du Bachelard...).

La répartition de ces torrents est la suivante : douze en rive gauche et quatorze en rive droite.

Il existe une dissymétrie nette entre les affluents de rive gauche et les affluents de rive droite. En effet, en rive droite, les pentes exposées au Sud sont plus fortes et les cônes de déjection plus larges (figure 2).

Celui du Riou Bourdoux a, par exemple, une génératrice de 1300 m et une hauteur d'une centaine de mètres. En amont, d'autres cônes ont également leur importance (Faucon, Sagnières). Ces cônes sont plus développés à l'adret qu'à l'ubac à cause d'une torrentialité plus accusée mais également à cause d'une déglaciation plus précoce (Péguy, C.H.P., 1947)

Ces différents torrents ont également une importance relative : certains sont caractérisés par un très fort débit (Bachelard, Riou Bourdoux...), d'autres sont très petits et intermittents (torrent du Bouguet, ...).

1.1.3. Barcelonnette et sa végétation.

La nature et la répartition de la végétation est fonction de la baisse des températures avec l'altitude.

Les espèces exigeantes sont éliminées au fur et à mesure que l'on monte. Seules les espèces pionnières colonisent les altitudes les plus élevées jusqu'à un seuil. L'étagement biologique qui en résulte, est perturbé par plusieurs facteurs (vigueur des pentes, exposition, nature du substrat, action anthropique sur les adrets et aux hautes altitudes). Tous ces paramètres ont toujours existé mais ils ont varié dans le temps.

Ainsi, les paysages forestiers de l'Ubaye ont constamment évolué au fil des âges (CHONDROYANNIS P., 1992) :

- à l'échelle des **temps géologiques** avec les grandes migrations végétales liées aux flux et reflux des glaciers montagneux.

- à l'échelle des **temps historiques**, sous la pression des populations ubayennes et de leur troupeaux.

L'altitude détermine donc l'étagement de la végétation, la disparition de la forêt au-dessus de 2200m d'altitude et la dominance quasi totale des forêts résineuses.

Dans les Alpes du Sud, on peut également rappeler que les contraintes de l'exposition impliquent un écart de 200m entre l'adret et l'ubac.

Au niveau du bassin de Barcelonnette, il est alors possible de distinguer trois étages avec leur végétation propre (figure 6) :

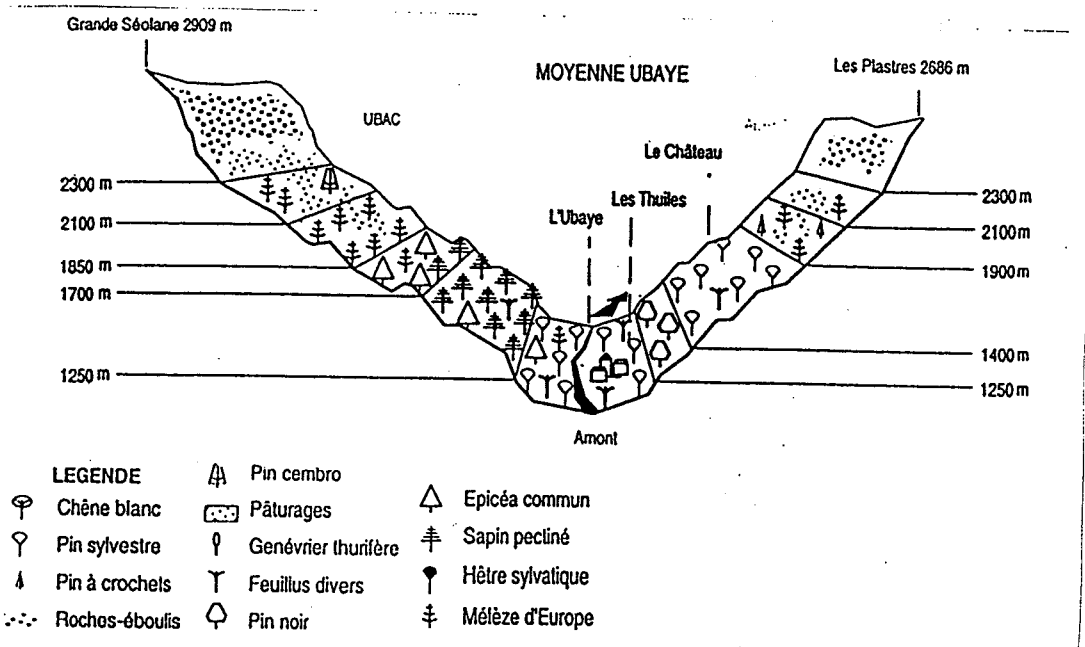


Figure 6 : L'étagement de la végétation de la Moyenne Ubaye (d'après Chondroyannis P., 1992).

- L'étage montagnard est bien développé avec trois séries de végétation. En adret, l'étagement est dominé par des pins sylvestres jusqu'à environ 1900m. On parle de la Pinède sylvestre sèche représentée par une forêt claire, aux arbres rabougris et déformés par le gui. On retrouve ces mêmes pins sur les versants ubacs mais à plus faible altitude (jusqu'à 1250m). Ceux-ci correspondent à la Pinède sylvestre humide. Au-delà de 1250m, la Sapinière se mélange avec des Epicéas.

- A l'étage subalpin correspond en ubac, une végétation de mélèzes et de pins cembros jusqu'à 2300m d'altitude. En adret, c'est une association de mélèzes et de pins à crochets qui dominent ces versants, ceci jusqu'à 2100m. Dans cette région, le mélèze s'accommode bien car il n'a besoin que de peu d'eau mais par contre de beaucoup de lumière. En fait, cet étage peut être subdivisé en deux sous-ensembles :

l'étage subalpin inférieur dominé par des forêt de résineux, la limite supérieure correspondant à la limite de la forêt.

l'étage subalpin supérieure qui est une zone de combat où sont associés des arbres isolés et de grandes étendues de pelouse. La forêt s'achève à cet étage. C'est la limite des arbres.

- Au-delà, les conditions climatiques sont défavorables à la vie végétatives. On se situe dans **l'étage alpin** correspondant à un étage de prairies recouvertes par la neige une bonne partie de l'année. C'est la limite des neiges persistantes.

1.1.4. Le cadre géologique

Les Alpes françaises peuvent être divisées en deux domaines bien différents :

- Le domaine externe formé des massifs cristallins externes (Argentera - Mercantour et Ecrins) et de terrains autochtones de la zone dauphinoise.
- le domaine interne formé de nappes (zone briançonnaise et subbriançonnaise, au centre ; la zone piémontaise, à l'extrême Est).

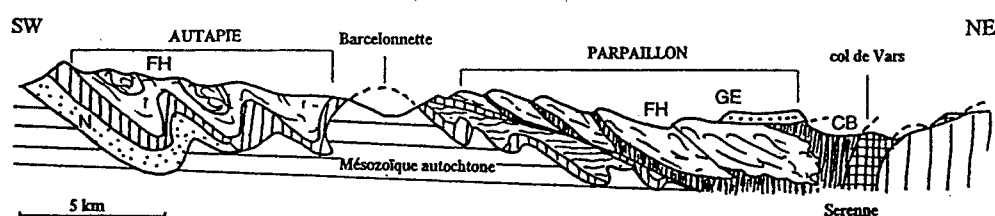


Figure 7 : coupe sud-ouest / nord-est de l'Ubaye.

1. Autochtone :

- Nummulitique (N), première moitié du Tertiaire.
- Mésozoïque, ère secondaire.

2. Nappe du flysch à Helminthoïdes

- FH, flysch à helminthoïdes
- GE, grès de l'Embrunnais
- CB, complexe de base.

3. Fenêtre de Barcelonnette : les terrains du Mésozoïque autochtone apparaissent en fenêtre

sous les nappes du flysch (Autapie et Parpaillon).

- 4. A l'est du col de Vars on trouve les nappes briançonnaises dont on ne voit que l'amorce.

Figure 7 : Coupe Sud-Ouest / Nord-Est de l'Ubaye (Evin M., 1997)

A partir de la figure 7 représentant une coupe Sud-Ouest / Nord-Est de l'Ubaye, nous exposerons les différentes entités géologiques présentes dans le bassin de Barcelonnette.

Trois unités géologiques principales sont présentes dans ce bassin (Evin m., 1997):

- La **nappe de l'Autapie** correspond à des terrains allochtones. Ce sont des terrains, qui ont été parfois déplacés de plusieurs dizaines, voire d'une centaine de kilomètres. Cette nappe constituée de flyschs à Helminthoïdes, se situe principalement dans la partie Nord du bassin de Barcelonnette.
- La **nappe supérieure du Parpaillon** : elle repose en discordance sur la nappe de l'Autapie et sur les marnes noires.
- Les **marnes noires** affleurent dans la fenêtre de Barcelonnette. Ils correspondent à des terrains autochtones (sédimenté et plissé au même endroit, sans déplacement latéral) datant du callovo-oxfordien.

1.1.5. Le cadre climatique

Le climat de Barcelonnette est un **climat méditerranéen de montagne**.

D'après Ch.P. Péguy (1947), « le bassin supérieur de la Durance correspond dans l'ensemble à une zone de pluviosité anormalement faible ».

Dans ce bassin, les précipitations ont tendance à diminuer avec l'altitude (tableau 1), ceci suivant le lieu.

Lieu	Altitude	Précipitations
Barcelonnette	1140 m	738.2 mm (1954 -1997)
Jausiers bourg	1240 m	661.5 mm (1978-1997)
Jausiers Lans le Serret	1510 m	685.9 mm (1961-1997)
La Rente	1680 m	921.1 mm (1995-1997)

Tableau 1 : Totaux pluviométriques annuels de quelques stations du bassin de Barcelonnette.

Mais ceci n'est pas en accord avec le principe cité par de nombreux auteurs qui veut que les précipitations augmentent avec l'altitude.

Le régime pluviométrique est caractérisé par deux pics. Le plus important se situe en automne, il correspond à la saison pluviale prédominante. Le second se place au printemps mais est moins marqué. L'hiver et l'été sont des saisons plus sèches. En été, les principales pluies tombent sous forme de gros orages pouvant expliquer la violence des crues à ces périodes. A Barcelonnette, sur la période 1954-1998, les mois les plus secs sont ceux de Janvier et Décembre (59.7 mm) et en été le mois de Juillet (47.4 mm). Les précipitations les plus importantes se situent généralement au mois d'Octobre avec 84.6 mm avec un maximum secondaire au mois de Juin (68.6 mm).

La comparaison des précipitations montrent également une variabilité intra-mensuelle. En effet les écart peuvent être relativement importants d'une année à l'autre, ceci pour un même mois. Par exemple, à Barcelonnette, les précipitations étaient de 174,6 mm en Janvier 1979 et plus que de 3,1 mm en Janvier 1983.

Le régime thermique de Barcelonnette a une nette tendance continentale avec une amplitude annuelle supérieure à 18°C. La température moyenne annuelle y est de 7°C. Pendant trois mois (de Décembre à Février), les températures moyennes mensuelles sont négatives. Mais attention, les minimums sont négatifs durant six mois. Ceci prouve donc qu'il existe une alternance journalière des phénomènes gel dégel pendant six mois environ.

Les températures maximales se situent au mois de Juillet et Août. La présence de la brise de vallée à cette période de l'année amplifie encore l'impression de chaleur et de sécheresse.

L'enneigement sur ce bassin s'échelonne du mois d'Octobre au mois d'Avril mais selon Péguy, la moyenne Ubaye peut être considérée comme la zone la moins enneigée des vallées des Alpes françaises. Toutefois, il ne faut pas oublier que l'enneigement croît avec l'altitude. Il y a donc forcément plus de neige à Super-Sauze qu'à Barcelonnette ou à Jausiers.

Dans ce bassin les vents jouent également un rôle important. Certains sont issus de la circulation générale (la bise, le vent du Midi, la lombarde et la traverse), d'autres correspondent à des brises locales (les brises de versant et de vallée).

1.1.6. Les différents aléas rencontrés dans le bassin de Barcelonnette.

L'inventaire des différents aléas (tableau 2) rencontrés dans le bassin de Barcelonnette (Amiot C. & Nexon A., 1995) permet de se rendre compte de l'importance de ceux-ci et de les comparer les uns par rapport aux autres.

1.1.6.1. Pourcentage d'aléas dans le bassin de Barcelonnette.

45% des aléas sont de type torrentiel. Ceux-ci regroupent tous les phénomènes qui mettent en jeu un écoulement : crues torrentielles (89%) et laves (11%). Cela est principalement dû au fait que le bassin de Barcelonnette soit encaissé et drainé par de nombreux torrents. Au printemps, la fonte de la neige joue également son rôle sur ce phénomène.

On peut citer comme exemple la crue de l'Ubaye de 1957 qui fit de nombreux dégâts.

Les mouvements de terrain viennent pour leur part en troisième position (11%) derrière les avalanches (33%).

Ils sont très variés : glissements, coulées, chutes de blocs, affaissement et effondrement. En général, trois phases sont présentes : la phase de préparation, la phase de déclenchement et la phase de réactivation.

Plusieurs exemples peuvent être cités comme le glissement de La Valette qui a débuté en 1982 et qui à ce jour, a eu plusieurs phases de réactivation (1984, 1985, 1986, 1989), le glissement de Super-Sauze (1940), ...

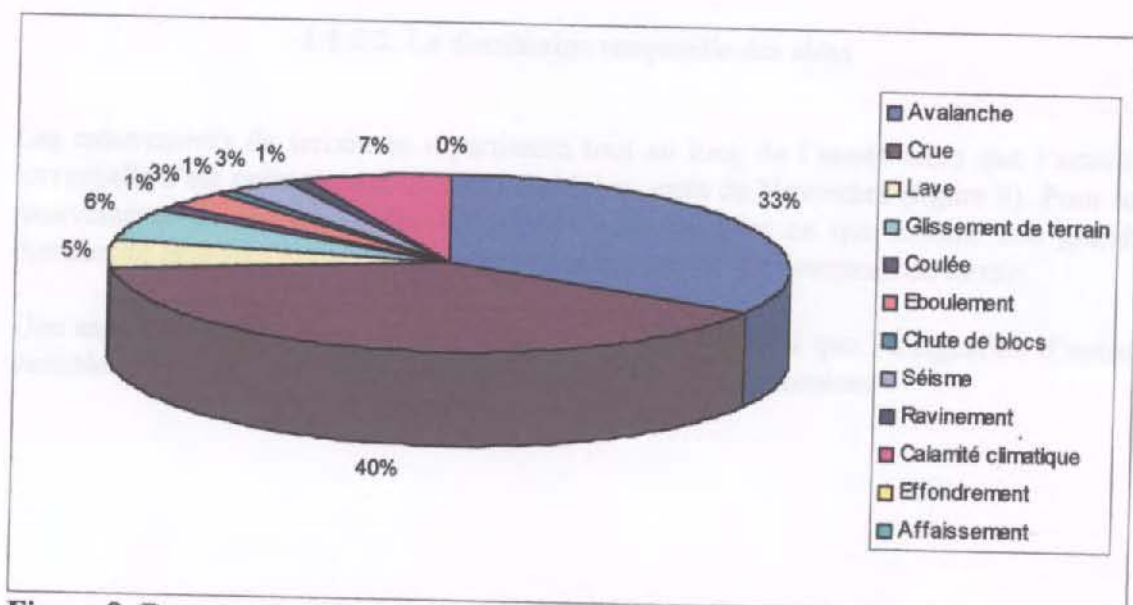


Figure 8: Pourcentage d'aléas dans le bassin de Barcelonnette (d'après Amiot A. & Nexon C., 1995)

ALEAS		TOTAL
Avalanche		487
Calamité climatique		105
Mouvements de terrain	glissement	83
	éboulement	50
	coulée	15
	affaissement	1
	chute de blocs	8
	effondrement	1
	aucun intitulé	2
		160
Ravinement		14
Séisme		46
Torrentialité	crue-inondation	578
	lave	73
	aucun intitulé	3
		654
Aucun intitulé		1

Tableau 2 : Nombre d'aléas dans le bassin de Barcelonnette (d'après Amiot A. & Nexon C., 1995)

1.1.6.2. La distribution temporelle des aléas

Les mouvements de terrain se répartissent tout au long de l'année alors que l'activité torrentielle n'est présente que du mois de Mai au mois de Novembre (figure 9). Pour les mouvements de terrain, toutes les saisons sont touchées ce qui montre une grande complexité existante entre les variables climatiques et les mouvements de terrain.

Une analyse plus complète de ces variables climatiques, ainsi que l'intégration d'autres variables pourraient peut-être permettre de prévenir ces phénomènes !

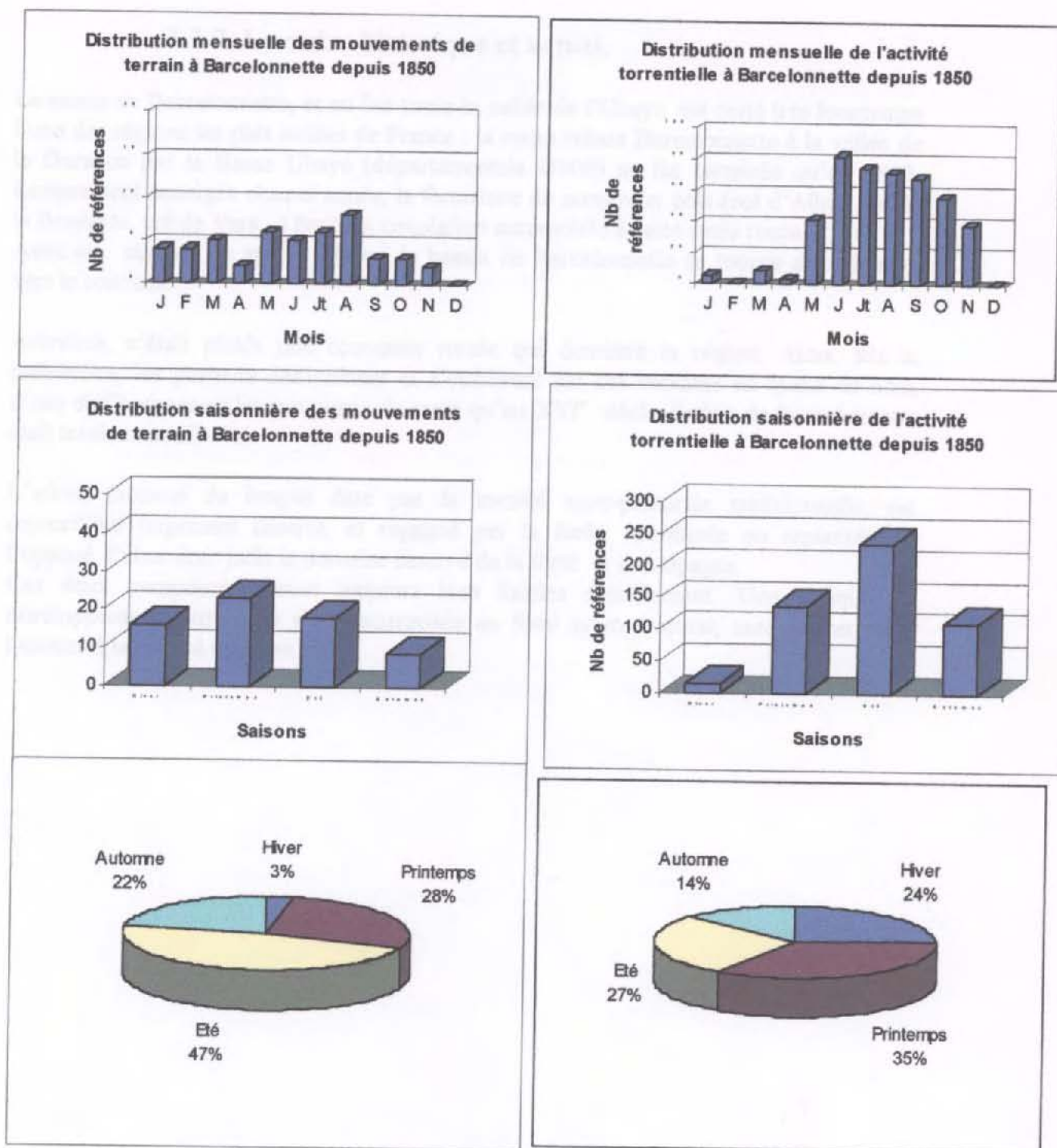


Figure 9: Occurrence des mouvements de terrain et de l'activité torrentielle : distribution mensuelle et saisonnière (Flageollet & Al, 1996 d'après Nexon & Amiot, 1995).

1.1.7. Le cadre historique et actuel.

Le bassin de Barcelonnette, et en fait toute la vallée de l'Ubaye, est resté très longtemps l'une des régions les plus isolées de France : la route reliant Barcelonnette à la vallée de la Durance par la Basse Ubaye (départementale D900) ne fut terminée qu'en 1883. Longuement enneigée chaque année, la fermeture de nombreux cols (col d'Allos, col de la Bonnette, col de Vars...) limite la circulation automobile à cette seule route. Avec ses stations de sports d'hiver, le bassin de Barcelonnette se tourne actuellement vers le tourisme.

Autrefois, c'était plutôt une économie rurale qui dominait la région. Ainsi, dès la préhistoire, les pasteurs défrichèrent et s'établirent sur ces versants en quête de bois, d'eau et d'herbe pour les troupeaux de sorte qu'au XVI^e siècle, l'adret de Barcelonnette était totalement déboisé.

L'adret, façonné de longue date par la société agro-pastorale traditionnelle, est aujourd'hui largement déserté, et regagné par la forêt, spontanée ou replantée. A l'opposé, l'ubac était jadis le domaine réservé de la forêt et des alpages. Ces deux composantes sont toujours bien lisibles actuellement. Une logique de développement touristique s'est superposée au fond sylvo-pastoral, sans altérer pour l'essentiel la qualité des sites.

1.2. LES STATIONS ET POSTES D'OBSERVATIONS CLIMATIQUES

Dans le bassin de Barcelonnette, le réseau de mesures climatiques se développe régulièrement. Actuellement, on recense dans ce bassin 4 postes climatiques (2 postes dans la commune de Jausiers, un à Barcelonnette et un à la Ferme de La Rente) et 2 stations automatisées (l'une à Super-Sauze et l'autre à Faucon) (figure 10).

Certains ont été mis en place depuis de longues années. C'est le cas du poste de Barcelonnette qui existe depuis 1923. D'autres viennent juste d'être implantées, comme la station automatisée de Faucon.

Les postes climatiques sont tenues par du personnel bénévole qui relève journalièrement et à heure fixe les données. L'observateur fait alors également des descriptions qualitatives résultant de l'observation du temps sensible (brouillard, orage, identification des précipitations).

Pour les stations automatisées, les données parviennent directement à des centres météorologiques. Certaines stations, comme celle de Super-Sauze, nécessitent également de se déplacer de temps en temps pour relever les données.



Figure 10 : La localisation des différents postes et stations climatiques (échelle 1/100000).

1.2.1. Le poste de Barcelonnette

Le poste de Barcelonnette se localise actuellement dans la ville même, au lieu-dit « Le Verger » sur un terrain appartenant à l'Office National des Forêts et la direction de restauration des Terrains de Montagne (RTM). Plus précisément, sa localisation est 44°23'3 de latitude Nord et 06°39'5 de longitude Est et à 1140m d'altitude.

Ce poste a subi de nombreux changements de place (figure 11) depuis le 1^{er} Janvier 1923 date du début de l'exploitation (Sommen Y., 1995).

En effet, pendant plus de 42 ans (de 1923 au 30/06/1965), le poste était situé à St Pons (1157 m), au niveau du village. Puis il a déménagé de 1500m vers l'Est pour être placé à Barcelonnette dans le quartier de la Croisette (1140 m) entre le 01/07/65 et le 22/06/71.

A cette date, un nouveau changement a été opéré ; le poste se situant alors au niveau de l'aérodrome (1130 m) de St Pons, ceci jusqu'au 08/04/76. Ce poste a alors été déplacé de 3000m vers l'Ouest avant d'être déplacé à nouveau de 2500m vers l'Est pour se trouver dans la commune de Barcelonnette, au lieu-dit « Le Chazelas » (1140 m) entre le 09/04/76 et le 31/12/82.

Depuis le 01/01/83, la station de Barcelonnette n'a plus bougé et reste donc située au lieu-dit « le Verger » sur la commune de Barcelonnette.

Suite aux divers déplacements de ce poste, il faut faire attention lors de la lecture des données pluviométriques. En effet, celles-ci peuvent varier du fait de l'orientation des différents emplacements.



Figure 11 : Les différentes localisations du poste de Barcelonnette au fil du temps (Echelle 1/25000).

La station de Barcelonnette comporte un pluviomètre exploité depuis le 1^{er} Janvier 1923. Les températures sont mesurées depuis le 1^{er} Janvier 1931, l'abri étant depuis le 1^{er} Décembre 1981 en plastique petit modèle aux normes OMM.

1.2.2. Le poste de Jausiers Lans le Serret

Le poste, à proximité de Jausiers et de coordonnées 44°24'3 de latitude Nord et 06°45'7 de longitude Est, se situe dans le hameau de Lans-le-Serret à 1510m d'altitude. Il se localise sur le versant sud du bassin, sur la route du col de Restefond, au sortir des vallées de Clanbuse et d'Abriès (Sommen Y., 1995).

Ce poste dispose uniquement d'un pluviomètre de style tôle ondulée exploité depuis le 1^{er} Janvier 1961.

1.2.3. Le poste de Jausiers bourg.

Le poste situé à 1240 m d'altitude à Jausiers bourg, dans la propriété de Monsieur Borelli est exploité par ce dernier depuis Décembre 1977.

Ce poste climatique est équipé d'un pluviomètre, d'un abri météorologique ainsi que d'une planche à neige. Les relevées sont effectuées tous les jours à 7h00 du matin.

Les règles d'implantation (Leroy M. & Lafaysse C., 1993) des appareils de mesures (pluviomètre, abri météorologique, ...) sont très importantes à respecter.

En effet, elles déterminent la fiabilité des données recueillies. Par exemple, il faut éviter autant que faire se peut, la proximité immédiate d'arbres dont la hauteur pourrait à terme dépasser les plans de dégagement.

L'eau recueillies dans un pluviomètre doit être représentative des précipitations recueillies dans la zone environnante. Mais de telles conditions sont souvent difficiles à réaliser, principalement à cause du vent. On essaie donc généralement de placer le pluviomètre de façon à ce que tous les obstacles soient situés à une distance d'au moins quatre fois leur hauteur au-dessus de la bague réceptrice de l'appareil.

La hauteur de l'abri météorologique est fixée, quant à lui, à 1,5 m au-dessus du sol, avec l'ouverture de la porte au Nord.

Dans notre cas, le pluviomètre est entouré de conifères ne se situant pas à distance suffisante. Cette végétation peut avoir une influence sur la captation des précipitations. On peut donc remettre en question l'emplacement de celui-ci conformément aux règles d'installation d'un pluviomètre privilégiant un site bien dégagé.

En hiver, lorsqu'il neige, Monsieur Borelli, récupère l'entonnoir et fait fondre la neige sur un radiateur. D'après l'OMM, il vaudrait mieux faire fondre la neige en trempant le fond du seau dans l'eau tiède ou à défaut, placer le seau à la tiédeur en le couvrant pour

éviter l'évaporation. Encore une fois les données sont donc faussées, elles sont inférieures à la réalité.

L'abri de la station de mesure des températures est en plastique aux normes OMM. Il permet la mesure de la température maximale et de la température minimale au pas de temps journalier.

La hauteur de neige tombée dans les 24 heures précédant le relevé du matin est elle, mesurée grâce à une planche à neige. Cette planche à neige est nettoyée après chaque mesure.

1.2.4. Le pluviographe de la Ferme de la Rente

Mis en service depuis le 1^{er} Septembre 1994, le pluviographe à auget basculeur de type r05-3020 est géré par le CEREG (Centre d'Études et de Recherches Eco-Géographiques). Il est situé sur la commune d'Enchastraye à 1680m d'altitude. Monsieur Michel BENOIT, conseiller municipal de cette commune, s'occupe du suivi et du relevé du pluviographe depuis le premier jour de son exploitation.

Le pluviographe dispose d'une résistance chauffante permettant au cône de réception de maintenir une température supérieure à 0°C, donc d'être hors-gel.



Figure 12 : Photo du pluviographe de la ferme de la Rente

1.2.4. La station automatisée de Super-Sauze

La station automatisée a été mise en place sur un terrain communal à 50m environ en amont de la station de sport d'hiver de Super-Sauze. Elle se situe sur un terrain stable et dégagé, on espère à l'abri du vandalisme.

A une altitude de 1702m, cette station de mesure est implantée depuis la fin du mois de Juillet 1996. Elle fonctionne précisément depuis le 27 Juillet 1996 à 5h00 TU du matin. Avant d'être implantée en ce lieu, il a fallu l'installer dans le jardin botanique de Strasbourg à proximité des autres appareils de la station de Météo-France, ceci vérifier le bon fonctionnement et son étalonnage correct. Cette phase, qu'on peut nommer « essai préliminaire » est nécessaire pour tout appareil météorologique. Ainsi, c'est entre le 05 Mars et le 12 Juin 1996 que les essais ont été faits.

Cette station autonome et automatisée (centrale d'acquisition avec programmes de gestion et de programmation) a été achetée à la Société Campbell Scientific. Elle comprend plusieurs capteurs disposés le long d'une tour de 3 mètres de haut :

- un **pluviomètre à augets basculeurs** situé à 1 mètre du sol selon les normes OMM. Le pluviomètre ne possède pas de résistance chauffante. Il est donc nécessaire de le retirer en période froide. Par conséquent, aucune donnée pluviométrique n'est enregistrée à ce moment-là.

- un **anémomètre** et une **girouette** (capacité max. :100m/s ; sensibilité :0.1m/s).

- un **pyranomètre** (précision moyenne de $\pm 3\%$ opérant entre -20°C et $+65^{\circ}\text{C}$).

- un **capteur de température et d'humidité** (opérant entre -40°C et $+60^{\circ}\text{C}$ avec une erreur de plus de 0.2°C pour les températures $>$ à 48°C et $<$ à -36°C).

Toutes les données sont enregistrées grâce à une centrale d'acquisition opérant en fonction du programme EDLOG de la société Campbell. A partir de ce programme, il est possible de définir la fréquence des enregistrements et d'effectuer certains calculs.

1.2.5. La station automatisée de Faucon

Contact météo.fr
Dlkirsch

Cette station automatique est en fonction depuis début Janvier 1998. Elle se localise à 1150m d'altitude au croisement de la route départementale D900 et de la route départementale D209, à côté d'une école de parapente.

Différents instruments de mesure sont présents:

- un **abri météorologique** permettant le relevé des températures.

- un **anémomètre** et une **girouette** indiquant la vitesse du vent et sa direction.

- un **capteur d'humidité**.

- un **pluviomètre à auget basculeur** situé à 1 mètre du sol suivant les normes

OMM.

Tous ces instruments sont reliés à une centrale d'acquisition des données, les enregistrements étant effectués en temps réel. Les données sont directement transmises à Météo-France au Centre Départemental de St Auban.

Ces instruments météorologiques sont reliés à une centrale d'acquisition des données, les enregistrements étant effectués en temps réel. Les données sont directement transmises à Météo-France au Centre Départemental de St Auban.

A ce jour, il existe deux stations d'observation météorologiques : l'une se situe à Bouchard et l'autre à Roche Romaine (figure 13).

3.3.1. La poste de Bouchard

Cette poste (figure 13) se situe en bordure de route, au lieu-dit de l'Église, sur le digue de l'Abbaye, à 1172m d'altitude. Elle mesure de nombreuses données météorologiques.



La station de Roche Romaine (commune de Lamoignon) se situe à une altitude de 790 m. Elle mesure de nombreuses données météorologiques.

Figure 13 : Photo de la station météorologique de Faucon

Cette station de type analogique et enregistrée analogiquement permet de mesurer les hauteurs d'eau au pas de temps horaire. La précision des mesures est de l'ordre de centimètres et de la demi-heure.

1.3. LES STATIONS D'OBSERVATIONS HYDROLOGIQUES

D'autres paramètres non-climatiques peuvent intervenir dans le déclenchement des mouvements de terrain. Il serait donc intéressant de pouvoir analyser les débits de l'Ubaye. Pour ce faire, nous allons tout d'abord présenter les stations d'observations hydrologiques.

A ce jour, il existe deux stations d'observations hydrologiques : l'une se situe à Barcelonnette et l'autre à Roche Rouse (figure 5).

1.3.1. Le poste de Barcelonnette

Ce poste (figure 14) se situe en plein centre ville, en rive droite de l'Ubaye, sur la digue de l'Abattoir, à 1132m d'altitude. En amont de cette station, la superficie du bassin versant hydrologique est de 549 km² avec une même superficie pour le bassin versant topographique. Le poste est installé depuis le 01 Janvier 1958, les premières données disponibles datant de l'année 1904.

Cette station de mesure hydrométrique avec un capteur à pression permet donc de connaître les débits et les hauteurs d'eau. Les données sont enregistrées au pas de temps journalier, mensuel et annuel.

Les données journalières se décomposent de la façon suivante entre 1911 et 1996. Pour les débits :

- 5 années avec résultats validés : 1963 ;1989 ;1991 à 1993.
- 73 années avec résultats validés douteux :1991 à1914 ;1917 à 1956 ;1959 à 1962 ;1964 à 1979 ;1981 à 1988 et 1990.
- 4 années avec résultats provisoires :1957 ;1980 ;1994 ;1995.
- 3 années avec résultats absents :1915-1916 ;1958.

Pour les hauteurs d'eau, les données sont, soient présentes, soient absentes. Ce n'est qu'à partir de 1981 que les données sont enregistrées.

1.3.2. Le poste de Roche Rouse

La station de Roche Rouse (commune du Lauzet) se situe à une altitude de 790 m. Elle a été mise en service le 05 Octobre 1959 et capte les eaux d'un bassin versant de 946 km².

Cette station de type flotteur et enregistreur analogique permet de mesurer les hauteurs d'eau au pas de temps horaire. La précision des mesures est de l'ordre du centimètre et de la demi-heure.

14. LES DONNÉES DISPONIBLES UTILISABLES



Figure 14 : Photo de la station hydrologique de Barcelonnette

1.4. LES DONNEES DISPONIBLES UTILISABLES ET LEUR CRITIQUE

La plupart des données nous sont actuellement transmises par Météo-France. En effet, les moyens de Météo-France sont considérables.

Dans notre cas, seules les données des postes de Barcelonnette, Jausiers bourg et Jausiers Lans le Serret et de la station de Faucon sont centralisées par Météo-France. Les données de Super-Sauze et celles de La Rente sont archivées par le CEREG à l'Université Louis Pasteur de Strasbourg.

Pour obtenir des données plus anciennes (antérieures à l'informatisation), des recherches bibliographiques et auprès des organismes compétents entre autre l'ONF sont nécessaires (Sommen, 1995 - Bénévent, 1926 - Péguy, 1947).

1.4.1. Les données de Météo-France

1.4.1.1 Les précipitations

- Les postes de Barcelonnette et Jausiers Lans le Serret

Pour le poste de Barcelonnette, les données pluviométriques concernent la période débutant en Janvier 1928 et ceci jusqu'à ce jour.

En effet, les données antérieures n'étant pas informatisées, il n'est pas possible de les acquérir. De plus la validité des résultats n'est pas confirmée.

Les campagnes de mesures pour le poste de Jausiers Lans le Serret ont débuté en Janvier 1961.

Pour ces postes, les données se présentent sous la forme de relevés quotidienne (RR) en mm et dixième précédés de l'année, du mois, du jour et du numéro INSEE de la station. Pour Barcelonnette, le numéro est 4019001, pour Jausiers Lans le Serret, 4096001.

Exemples :

Pour Barcelonnette : 4019001, 01/01/1998, 1.0

Pour Jausiers : 4096001, 01/01/1998, 1.6

Météo-France dispose donc pour les postes de Barcelonnette et Jausiers Lans le Serret :

- de données journalières (support informatique)
- de relevés décennaires et mensuels (support papier)
- de relevés annuels (support papier).

- Le poste de Jausiers bourg :

Pour le poste de Jausiers bourg, le relevé journalier se fait sur un support papier, ceci depuis Décembre 1977. Cela est en fait également le cas pour les postes de Barcelonnette et de Jausiers Lans le Serret.

Malgré que les données recueillies par Monsieur Borelli soient également transmises à Météo-France, nous les avons, pour notre part, acquises chez lui.

Depuis Décembre 1977, Monsieur Borelli tient donc des cahiers d'observations météorologiques pour le poste de Jausiers bourg.

Ceux-ci s'organisent de la façon suivante (figure 15).

Chaque feuille correspond à un mois. Pour chaque mois, il faut inscrire en tête du tableau le nom et le prénom de l'observateur, le nom de la commune et du département du lieu d'observation, ainsi que son altitude. Le nom habituel du lieu d'observation - qui peut être différent du nom de la commune - doit être inscrit dans le cadre réservé à cette effet.

Le tableau comprend 10 colonnes principales, subdivisées chacune en sous-colonnes. La 1^{ère} colonne correspond à tous les jours du mois concerné, avec la date. Dans la 2^{ème} colonne, l'observateur indique l'heure des relevés. En principe, les relevés doivent être effectués toujours à la même heure. La pluie est notée dans la 3^{ème} colonne ; on mesure l'eau recueillie dans le pluviomètre en millimètres et dixièmes. Lorsqu'une précipitation a été trop faible pour donner dans le pluviomètre une quantité d'eau (ou de neige) mesurable, la mention « Traces » est à inscrire.

La 4^{ème} colonne correspond à l'eau de fusion de la neige recueillie au pluviomètre. L'unité de mesure est toujours le millimètre et le dixième.

Puis dans la 5^{ème} colonne, c'est la hauteur de neige en centimètre tombée dans les 24 heures précédant le relevé du matin qui est notée.

L'épaisseur de la couche de neige en centimètre couvrant le sol est observée dans la 6^{ème} colonne.

Les températures sont inscrites dans 2 colonnes différentes. Elles correspondent à la température minimale pour la colonne 7 et la température maximale pour la 8. Ces deux mesures sont faites en degrés et dixièmes.

D'autres mesures peut être notées dans la colonne 9.

La dernière colonne permet d'inscrire des observations diverses tel que la nature des précipitations (neige ou pluie), une description sommaire du temps (clair, couvert, variable, vent fort...) et des phénomènes divers (tonnerre, grêle, brouillard). Lorsqu'une observation n'a pu être faite dans les conditions habituelle et lorsqu'il y a eu changement d'observateur ou déplacement du pluviomètre ou de l'abri, ceci doit également être signalé dans cette dernière colonne.

A partir des données de ces cahiers, nous avons par la suite calculé et analysé les totaux pluviométriques mensuels et annuels.

Observations météorologiques du mois de MAI 1997

Station : **JALOUSIENS**

Département : **04**

Altitude : **126** mètres

Communes : **Jalouzien**

Observateur : **D. R. L. L.**

Date de réception

Inscrivez toutes les mesures sur la ligne du jour où elles sont faites	RÉSERVE	PLUIE			PLUIE ou NEIGE et NEIGE			TEMPÉRATURES		AUTRES MESURES			OBSERVATIONS DIVERSES				
		Eau recueillie au pluviomètre (millimètres et dixièmes)	Eau de fusion de la neige recueillie au pluviomètre (millimètres et dixièmes)	Hauteur de neige tombée dans les 24 heures précédant le relevé du matin (centimètres)	Épaisseur de la couche de neige couvrant le sol (centimètres)	MINI.	MAXI.	degrés et dixièmes	degrés et dixièmes	Hum.	Eau	Dir.	Force	TONNERRE	GRÊLE	BROUILLARD	
1	1					7	8										
JEU 1						-0.5	+11.0										
VEN 2						-2.0	+22.0										
SAM 3						0	+22.0										
DIM 4						+3.0	+18.5										
LUN 5		18				+5.0	+19.0										
MAR 6		9				+4.5	+7.5										
MER 7		13.5				-2.0	+9.0										
JEU 8		16				-1.0	+10.5										
VEN 9		1				-3.0	+6.5										
SAM 10		14				-2.0	+14.0										
DIM 11		13				0	+14.5										
LUN 12		18				+5.0	+13.5										
MAR 13		14.3				+5.0	+11.5										
MER 14		15				+10.0	+22.0										
JEU 15						+12.0	+22.0										
VEN 16						+9.0	+19.0										
SAM 17						+8.5	+17.0										
DIM 18		15				+6.0	+14.5										
LUN 19						+1.5	+20.0										
MAR 20						+5.0	+11.0										
MER 21						+0.5	+15.5										
JEU 22						+0.5	+21.0										
VEN 23						+1.5	+21.0										
SAM 24		16				+4.0	+20.5										
DIM 25		16				+4.5	+21.0										
LUN 26		84				+3.5	+23.5										
MAR 27						+4.0	+26.0										
MER 28						+4.5	+27.0										
JEU 29						+10.5	+23.0										
VEN 30						+5.0	+26.0										
SAM 31		12				+8.0	+21.5										
DIM 1						+7.0											

Figure 15 : Feuille d'un cahier d'observation.

1.4.1.2. Les températures

Pour la station de Barcelonnette, les relevés de températures ont commencé bien après les relevés des précipitations. Ils ont débuté en Janvier 1961. Les données des températures se présentent à la suite des données de précipitation de la façon suivante : température minimale quotidienne (Tn) en °C et 1/10 et température maximale quotidienne (Tx) en °C et 1/10.

Finalement, une ligne d'un fichier se présente donc ainsi :
4019001, <Date>, <RR>, <Tn>, <Tx>

Les données journalières se trouvent donc sur support informatique. Les autres relevés (décennaires, mensuels et annuels) sont toujours sur support papier.

Pour le poste de Jausiers Lans le Serret, les températures ne peuvent pas être enregistrées puisqu'il n'y a pas d'abri météorologique ! Les relevés des températures pour la station de Jausiers bourg ont été décrites précédemment (voir 1.4.1.1.).

1.4.2. Les données du CEREG

1.4.2.1. Le pluviographe de la ferme de La Rente

Le pluviographe de la Rente enregistre les précipitations depuis Septembre 1994 sur des bandes de papier. Ces rouleaux permettent un enregistrement sur deux mois.

Les précipitations sont inscrites par un stylet sous la forme d'un diagramme d'enregistrement. Le dépouillement de la bande de papier est un travail long et fastidieux qui demande rigueur et précision. En effet, les erreurs de lectures peuvent se faire facilement.

Jusqu'au 31 Décembre 1997, Monsieur Weber a effectué ce travail date à laquelle j'ai pris la relève des opérations.

Au début de chaque rouleau, on indique la date de commencement du rouleau et la date de fin du rouleau.

Horizontalement, on lit les hauteur d'eau avec un trait fort tous les millimètres et un trait fin tous les 2 dixièmes de millimètres.

Pour pouvoir comparer ces données avec celles des autres postes, le relevé se fait suivant les OMM, c'est à dire qu'on relève les hauteurs des précipitations tombées entre le jour (J) à 6h TU et le jour (J+1) à 6h TU.

La lecture s'effectue par une lecture de la hauteur d'eau en millimètre et dixième de millimètre.

En fonction de la période d'enregistrement, il faut donc effectuer un décalage horaire d'une heure ou de deux heure avec l'heure locale pour être aux normes OMM.

Période		Calcul H.L./T.U.
début au 25/09/94	été	T.U = H.L. - 2
25/09/94 au 25/03/95	hivers	T.U. = H.L. - 1
25/03/95 au 25/09/95	été	T.U = H.L. - 2
25/09/95 au 07/04/96	hivers	T.U. = H.L. - 1
07/04/96 au 27/10/96	été	T.U = H.L. - 2
27/10/96 au 06/04/97	hivers	T.U. = H.L. - 1
06/04/97 au 26/10/97	été	T.U = H.L. - 2
26/10/97 au 01/04/98	hivers	T.U. = H.L. - 1
01/04/98 au 06/09/98	été	T.U = H.L. - 2

Tableau 3 : Relation entre l'heure local et l'heure T.U. pour le pluviographe de la ferme de la Rente

En hiver, le relevé des données sur les rouleaux s'effectue en heure local de 7h le jour (J) à 7 h le jour (J+1). En été, celui-ci se fait entre 8h le jour (J) et 8h le jour (J+1). Les rouleaux sont constitués d'un papier quadrillé. Verticalement, on peut lire les heures tous les traits forts.

Grâce à ces relevés, on a traité directement l'épisode pluvieux, les précipitations étant relevées en fonction de leur date, de leur durée et de leur quantité. Depuis le 27 Avril 1998, un relevé horaire est également effectué permettant une comparaison avec la station automatisée de Super-Sauze. Il serait en fait intéressant de le faire pour toutes les périodes communes à la station de Super-Sauze.

Après dépouillement, ces données sont notées sur support papier avant d'être saisies sur ordinateur.

Mais quelques problèmes existent ! Ceux-ci sont dus à des incidents techniques ou à des erreurs humaines.

Par exemple, quand le rouleau est trop gros, le papier peut se détendre. Dans ce cas, le stylet ne retranscrit pas correctement les données. Ceci se produit régulièrement. Il faudrait donc limiter l'enregistrement à un mois et demi pour ne plus rencontrer ce problème.

Dans d'autres cas, l'observateur oublie de remettre correctement le stylet. A ce moment là, aucune valeur n'est retranscrite.

En hiver, il ne faut également pas oublier d'allumer la résistance chauffante car dans le cas contraire, un amas de neige se dépose sur le cône du pluviomètre.

1.4.2.2. Les données de la station automatisée de Super-Sauze

Pour recueillir les données enregistrées sur une carte mémoire de capacité 1 mégabit, on peut, soit se connecter directement à la centrale d'acquisition avec un ordinateur portable et la transférer grâce au logiciel GRAPH THERM, soit remplacer la disquette et la décharger sur un ordinateur ayant le logiciel CSMCOM.

A partir de ce moment-là, tout traitement statistique est possible grâce au logiciel SPLIT. Tous ces logiciels font partie d'un même programme de gestion PC 208 fourni par la société Campbell. La connexion avec un ordinateur permet également de vérifier le bon fonctionnement de la station.

- L'organisation des fichiers

A chaque fois que l'on relève les données, on obtient des fichiers avec comme extension . Dat. Ces fichiers sont à chaque fois incrémentés d'une unité (tableau 4). Ce tableau permet également de connaître la période d'enregistrement, le nom du programme de gestion et le branchement ou non du pluviographe.

Il existe deux programmes de gestion différents, c'est pourquoi il est important de le préciser dans le tableau 4.

Mac2506 enregistre toutes les informations demandées au pas de temps de 6 minutes, ceci de Sauze005 à Sauze007. Ce programme se présentait ainsi :

type 100 ⇒ [1] type 100 [2] année [3] jour [4] heure [5] précipitation en mm [6] jour [7] heure [8] rayonnement moyen en kW/m² [9] température en degrés C° [10] humidité relative en % [11] vitesse vent moyenne en m/s [12] précipitations en mm [13] rayonnement maximum en kW/m² [14] température maximale en degrés C° [15] humidité relative maximale en % [16] vitesse vent maximale en m/s [17] rayonnement minimal en kW/m² [18] température minimale en degrés C° [19] humidité relative minimale en % [20] vapeur saturante en Hpa [21] E.T.P. en mm/heure [22] année

type 128 ⇒ [1] type 128 [2] jour [3] jour [4] température CR10 max [5] température CR10 min [6] signature du programme [7] ETP somme en mm des 7 derniers jours [8] année

Les nombres entre [] correspondent aux références des colonnes utilisées dans SPLIT.

Suite à une saturation trop rapide de la carte mémoire, le programme a été modifié afin d'enregistrer les précipitations toutes les 6 minutes, et les autres paramètres toutes les heures. Le nouveau programme Mac2409 est en fonction depuis le 30 Septembre 1996 (Sauze008) et se présente donc comme suit :

⇒ type 100 toute les 6 minutes :

- [1] type
- [2] année
- [3] jour x sur 365 jours
- [4] heure
- [5] précipitations en mm

⇒ type 119 toutes les heures relevées pour l'heure précédente :

- [1] type
- [2] jour

- [3] heure
- [4] rayonnement moyen en kW/m²
- [5] température moyenne en degré C°
- [6] humidité relative moyenne en %
- [7] vitesse vent moyenne en m/s
- [8] précipitations en mm
- [9] rayonnement maximum en kW/m²
- [10] température maximale en degrés C°
- [11] humidité relative maximale en %
- [12] vitesse vent maximale en m/s
- [13] rayonnement minimal en kW/m²
- [14] température minimale en degrés C°
- [15] humidité relative minimale en %
- [16] vapeur saturante en hectopascal
- [17] E.T.P. Penman en mm/heure
- [18] année

⇒ type 128 tous les jours à 14h00

- [1] type
- [2] jour
- [3] heure
- [4] température interne maximale de la CR10
- [5] température interne minimale de la CR10
- [6] signature du programme
- [7] E.T.P. somme des 7 derniers jours

A partir de ces programmes, il est possible d'exploiter les données grâce au logiciel SPLIT.

- Exploitation des données

Le logiciel SPLIT permet de choisir les variables qui nous intéressent et de ne traiter que celles-ci. Mais attention, ce logiciel ne travaille pas au jour (J) mais au jour (J+1) dans le cas où l'on veut travailler en TU.

Par exemple, si l'on est intéressé par les données journalières suivant les normes OMM pour la date du 15 Août 1997, le logiciel nous donnera les données au jour (J+1), c'est à dire le 16 Août 1997. Dans ce cas, il faut effectuer le changement de date à l'aide d'un autre logiciel, comme EXCEL.

L'exploitation des fichiers bruts par le logiciel SPLIT permet donc d'aboutir à d'autres fichiers lisibles sous n'importe quel tableur.

Le programme sur le logiciel SPLIT permettant l'exploitation des données brutes est le suivant pour les fichiers du programme Mac 2506 :

- Name of input DATA FILE : SAUZE006.DAT

- Name of OUTPUT FILE to generate : S120996.PRN
- START reading in :
- STOP reading in :
- COPY from : 1[100] ^{1,2,3,4,5}
- SELECT elements # (s) in : 3,edate(3 ;1996.0),2,4,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,
18,19,20,21
- HEADING for report :

*Fichiers liste
6 suivants.
S2pl77*

Pour le programme Mac 2409, le programme est le suivant :

- Name of input DATA FILE : SAUZE008.DAT
- Name of OUTPUT FILE to generate : S300996.PRN
- START reading in :
- STOP reading in :
- COPY from : 1[119]
- SELECT elements # (s) in : 2,edate(2 ;1996.0),18,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,
15,16,17
- HEADING for report :

*fichiers horaire -
Sjoe xx.prn*

Les dates au niveau des fichiers de sortie (Name of OUTPUT FILE to generate) correspondent aux dates de chaque début de fichiers.

Fichier bruts	Périodes	Type du programme	Pluviographe
Sauze005.DAT	27 Juillet 1996 à 5h06 au 27 Juillet à 17h30	Mac 2506	Oui
Sauze006.DAT	27 Juillet à 17h36 au 12 Septembre à 7h48	Mac 2506	Oui
Sauze007.DAT	12 Septembre à 7h54 au 30 Septembre à 15h18	Mac 2506	Oui
Sauze008.DAT	30 Septembre à 15h24 au 1er Octobre à 7h18	Mac 2409	Oui
Sauze009.DAT	1er Octobre à 7h24 au 05 Décembre 1996 à 10h24	Mac 2409	Oui
Sauze010.DAT	05 Décembre 1996 à 10h30 au 26 Avril 1997 à 14h48	Mac 2409	Non
Sauze011.DAT	26 Avril à 14h54 au 27 Mai à 6h48	Mac 2409	Oui
Sauze012.DAT	27 Mai à 6h54 au 11 Juillet à 9h36	Mac 2409	Oui
Sauze013.DAT	11 Juillet à 9h42 au 21 Août à 9h18	Mac 2409	Oui
Sauze014.DAT	21 Août à 9h24 au 21 Octobre à 16h48	Mac 2409	Oui
Sauze015.DAT	21 Octobre 1997 à 16h54 au 14 Novembre à 14h54	Mac 2409	Oui
Sauze016.DAT	14 Novembre 1997 à 15h00 au 20 Mai 1998 à 7h36	Mac 2409	Non
Sauze017.DAT	20 Mai à 7h42 au 09 Juillet à 13h24	Mac 2409	Oui
Sauze018.DAT	09 Juillet à 13h30 au 06 Septembre à 18h24	Mac 2409	Oui

Sauze 019.DAT

15 octobre à 9h36

Tableau 4 : Organisation des fichiers bruts de la station de Super-Sauze

Fichiers	Périodes	Type de programme	Données
S270796.xls	27 Juillet à 5h06 au 19 Août à 23h54	Mac 2506	toutes les 6 minutes
S200896.xls	20 Août à 0h00 au 12 Septembre à 7h48	Mac 2506	
S120996.xls	12 Septembre à 7h54 au 30 Septembre à 15h18	Mac 2506	toutes les 6 minutes
S300996.xls	30 Septembre à 16h00 au 1er Octobre à 7h00	Mac 2406	horaires
S011096.xls	1er Octobre à 8h00 au 05 Décembre 1996 à 10h00	Mac 2406	horaires
S051296.xls	05 Décembre 1996 à 11h00 au 26 Avril 1997 à 14h00	Mac 2406	horaires
S260497.xls	26 Avril à 15h00 au 27 Mai à 6h00	Mac 2406	horaires
S270597.xls	27 Mai à 7h00 au 11 Juillet à 9h00	Mac 2406	horaires
S110797.xls	11 Juillet à 10h00 au 21 Août à 9h00	Mac 2406	horaires
S210897.xls	21 Août à 10h00 au 21 Octobre à 16h00	Mac 2406	horaires
S211097.xls	21 Octobre 1997 à 17h00 au 14 Novembre à 14h00	Mac 2406	horaires
S141197.xls	14 Novembre 1997 à 15h00 au 20 Mai 1998 à 7h00	Mac 2406	horaires
S200598.xls	20 Mai à 8h00 au 09 Juillet à 13h00	Mac 2406	horaires
S090798.xls	09 Juillet à 14h00 au 06 Septembre à 18h00	Mac 2406	horaires

Tableau 5 : Organisation des fichiers « bruts » exploités de la station de Super-Sauze.

Des fichiers avec les données journalières ont également été élaborés avec le logiciel SPLIT. De même que pour les fichiers explicités précédemment, il faut utiliser deux programmes différents suivant les fichiers bruts de départ. En effet, pour tout traitement sur le logiciel SPLIT, il est toujours nécessaire d'utiliser les fichiers bruts.

Pour les fichiers du programme **MAC 2506**, il faut donc entrer les paramètres suivant :

- Name of input DATA FILE : **SAUZE006.DAT**
- Name of OUTPUT FILE to generate : **S006.PRN**
- START reading in : **4[606]**
- STOP reading in :

- COPY from : 1[100]
- SELECT elements # (s) in : `smpl(3 ;240),smpl(edate(3 ;1996.0) ;240),smpl(2 ;240),total(5 ;240),max(14 ;240),min(18 ;240),avg(9 ;240),smpl(4 ;240),total(21 ;240)`
- HEADING for report :

Pour les fichiers du programme Mac 2406, il faut entrer les paramètres suivant :

- Name of input DATA FILE : SAUZE010.DAT
- Name of OUTPUT FILE to generate : S010.PRN
- START reading in : 3[700]
- STOP reading in :
- COPY from : 1[119]
- SELECT elements # (s) in : `smpl(2 ;24),smpl(edate(2 ;1997.0) ;24),smpl(18 ;24),smpl(3 ;24),total(8 ;24),max(10 ;24),min(14 ;24),avg(5 ;24),total(17 ;24)`
- HEADING for report :

*fichiers journaliers
SjournXX.prn*

Une fois ce traitement réalisé, on obtient donc des fichiers lisibles sur EXCEL. Le nom de chaque fichier journalier est déterminé à partir du fichier brut. Ainsi, afin de définir le lieu de traitement des données, les fichiers de Super-Sauze sont identifiés grâce à la lettre S. Le numéro qui suit, correspond dans le cas présent au numéro de référence du fichier brut (tableau 6).

Fichiers journaliers	Périodes en TU	Données des fichiers	Pluviographe
S006	27 Juillet 1996 au 11 Septembre 1996		Oui
S007	12 Septembre 1996 au 29 Septembre 1996		Oui
S009	30 Septembre 1996 au 04 Décembre 1996		Oui
S010	05 Décembre 1996 au 25 Avril 1997		Non
S011	26 Avril 1997 au 26 Mai 1997		Oui
S012	27 Mai 1997 au 10 Juillet 1997	P/Tmax/Tmin	Oui
S013	11 Juillet 1997 au 20 Août 1997	/Tmoy	Oui
S014	21 Août 1997 au 20 Octobre 1997	/ETP/Pefficace	Oui
S015	21 Octobre 1997 au 13 Novembre 1997		Oui
S016	14 Novembre 1997 au 19 Mai 1998		Non
S017	20 Mai au 08 Juillet 1998		Oui
S018	09 Juillet au 05 Septembre 1998		Oui

Tableau 6 : Organisation des fichiers journaliers de la station de Super-Sauze

1.4.3. Critique des données

Les données des différents postes et stations climatiques ne sont pas toujours complètes (Sommen Y., 1995).

Par exemple pour le poste de Barcelonnette, plusieurs années sont incomplètes. Certaines années, il manque des valeurs quotidiennes n'affectant pas le total mensuel (1971, 1973 à 1975,...). Pour d'autres, il manque certains jours compromettant la validité du total mensuel (1942, 1945, ...) ou il manque au moins un mois (1931, 1939, 1940,...). Certaines années encore, il n'y a aucune donnée (1953 et 1982).

Les dernières données recueillies ne présente pas de lacune sauf pour celles du pluviographe de la ferme de La Rente. En effet, pour ce dernier, plusieurs mois ne sont pas complets (Avril et Juillet 1998) ceci étant du à des problèmes techniques.

Grâce à un travail de recherche, un nouveau poste climatique (Jausiers bourg) a été localisé. De nouvelles données ont donc été acquises, complétant la banque de données existantes. Pour vérifier la validité de ces données, il faut effectuer une comparaison des données avec celles d'une stations voisines. Pour ce faire, il existe plusieurs méthodes : la méthode des doubles cumuls et la méthode des écarts cumulés.

1.4.3.1. La méthode des doubles cumuls

La méthode des doubles cumuls consiste à reporter graphiquement le cumul dans le temps des valeurs d'une série à contrôler en fonction du cumul dans la même chronologie de la série témoins (Lavabre J., 1983).

Dans le cas de deux séries homogènes, ces deux points sont plus ou moins alignés. Par contre, un changement de pente à partir d'une certaine valeur de i indique une hétérogénéité. Une cassure dans la droite indique une valeur aberrante.

Une comparaison des précipitation entre Jausiers Lans le Serret et Barcelonnette a déjà été effectuée (Sommen Y., 1995). Il en est ressorti que les valeurs annuelles de précipitations dont les valeurs mensuelles sont manquantes rendent très hétérogène la série de Barcelonnette.

Dans notre cas, il s'agit de comparer les totaux annuels cumulés du poste de Jausiers bourg et du poste de Jausiers Lans le Serret.

Le poste de Jausiers Lans le Serret est considéré comme étant la station de référence. Les données pluviométriques cumulées de ce poste sont donc portées sur l'axe des abscisses.

Le poste de Jausiers bourg correspond lui à la station à tester. Les données pluviométriques cumulées de ce poste sont donc reportées sur l'axe des ordonnées.

La méthode des doubles cumuls s'effectue sur une période commune aux deux postes. Le relevé des données de Jausiers Lans le Serret s'effectuant depuis début 1961 et celui de Jausiers bourg depuis début 1978, on s'intéresse donc à la période débutant en 1978.

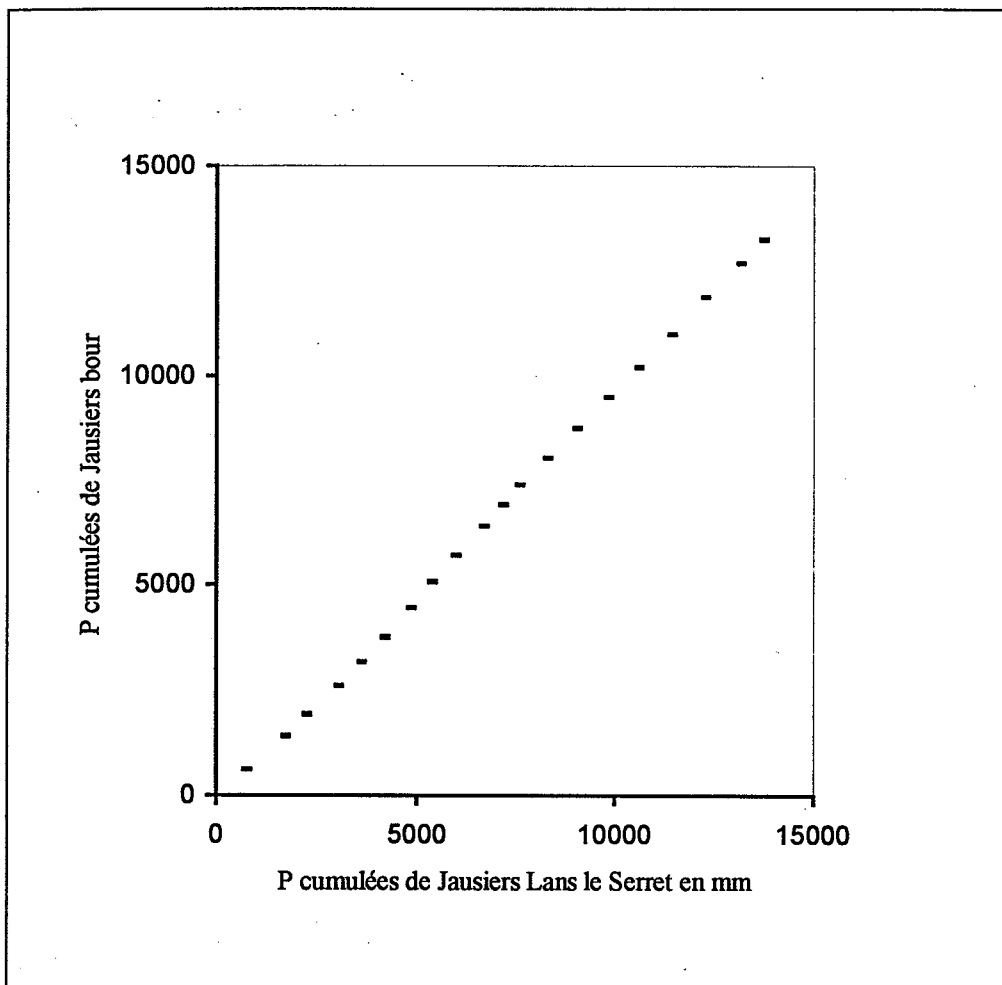


Figure 14 : Droite des doubles cumuls : Jausiers Lans le Serret et Jausiers bourg (1978 - 1997)

Ayant les données pour ces deux postes jusqu'en Décembre 1997, la période d'étude considérée sera donc de 1978 à 1997 (figure 14).

Pour plus de renseignement sur l'homogénéité de la station de Jausiers bourg, il faut effectuer certains calculs sur les cumuls des précipitations annuelle des deux stations.

Il faut d'abord calculer le rapport Ri permettant d'examiner les année « douteuses » (tableau 7).

$$Ri = (Xi / Yi) * (\text{moyenneY} / \text{moyenneX})$$

Xi et Yi correspondent aux valeurs annuelles des précipitations.
Un bon rapport Ri doit être proche de 0.

	Jausiers (L)	Jausiers (b)	Cx	Cy	Ri	P
1978	681,2	613,6	681,2	613,6	1,08	0,07
1979	959	789,9	1640,2	1403,5	1,18	0,28
1980	535,1	530,1	2175,3	1933,6	0,98	0,26
1981	794,8	665,5	2970,1	2599,1	1,16	0,42
1982	567,1	574,5	3537,2	3173,6	0,96	0,39
1983	585,4	583,1	4122,6	3756,7	0,97	0,36
1984	654,6	694,6	4777,2	4451,3	0,91	0,27
1985	530	614	5307,2	5065,3	0,84	0,12
1986	597,4	664,8	5904,6	5702,2	0,87	0,03
1987	709,7	700,5	6614,3	6402,7	0,98	0,02
1988	472,5	505,6	7086,8	6908,3	0,91	-0,06
1989	424,5	489,5	7511,3	7397,8	0,84	-0,17
1990	702,9	632,3	8214,2	8030,1	1,08	-0,10
1991	750,5	706,5	8964,7	8736,6	1,03	-0,07
1992	792,5	736,4	9757,2	9473	1,04	-0,02
1993	757	717,7	10514,2	10190,7	1,02	0,00
1994	845,7	785,8	11359,9	10976,5	1,04	0,06
1995	839,9	872,3	12199,8	11848,8	0,93	-0,03
1996	893	816,6	13092,8	12665,4	1,06	0,04
1997	582,4	565	13675,2	13230,4	1,00	0,04
moyenne	683,8	662,9				

Tableau 7 : Indices d'homogénéité de la station de Jausiers bourg

Légende du tableau 7 :

- colonne 1 : L'année
- colonnes 2 et 3 : Les valeurs de précipitations annuelles en mm/ an pour les deux stations
- colonne 4 : Les cumuls des totaux annuels du vecteur témoin, Cx
- colonne 5 : Les cumuls des totaux annuels du vecteur témoin, Cy
- colonne 6 et 7 : les valeurs sans dimensions Ri et P

Ensuite, on peut procéder au calcul de la pondération de chaque valeur témoin par sa moyenne à laquelle on soustrait la pondération de chaque valeur testée par sa moyenne. Cette valeur est notée P.

$$P = (Cx / \text{moyenneX}) - (Cy / \text{moyenne Y})$$

Cx et Cy correspondent aux valeur cumulées des précipitations.
 Si les valeurs de P sont comprises entre - 0,6 et +0,6, alors le poste est au sens des doubles cumuls, homogènes.

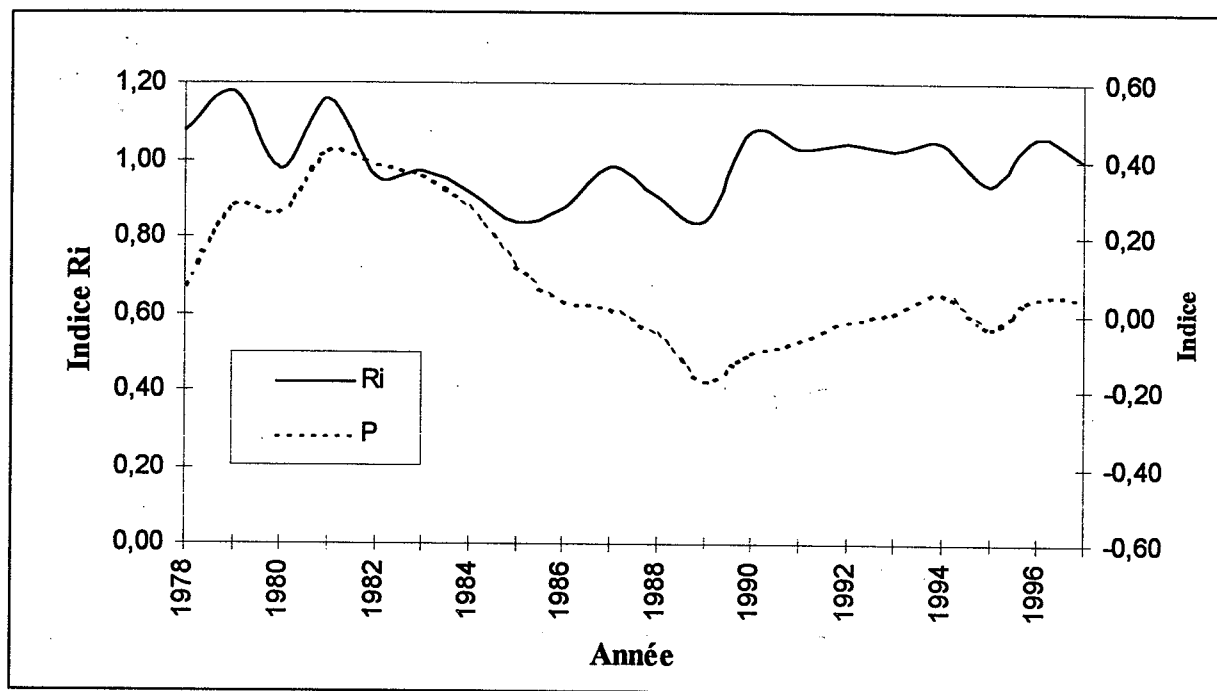


Figure 15 : Indices d'homogénéité Ri et P

A l'aide des deux graphiques (figures 15 et 14) et du tableau 7, il est donc possible d'apprécier l'homogénéité de la série de Jausiers bourg.

La courbe des doubles cumuls ne présente pas de véritable changement de pente ni de cassure. Les points sont alignés. La série de **Jausiers bourg** est donc **homogène**.

Les indices Ri ont des valeurs au tour de 1 (tableau 7). La plus haute valeur est de 1,18 en 1979. La plus faible est de 0,84 en 1989. Les différentes se trouvent donc dans un faible intervalle.

Les indices P sont pour leur part compris entre -0,17 en 1989 et 0,42 en 1981. Toutes les valeurs sont donc bien comprises dans l'intervalle -0,6 +0,6. Le poste de **Jausiers bourg** est donc bien **homogène**.

Cette méthode confirme donc ce qui apparaît sur la courbe des doubles-cumuls.

1.4.3.2. La méthode des écarts cumulés

Cette méthode consiste à reporter graphiquement, non plus les cumuls des valeurs, mais ceux des résidus de la corrélation entre la série à contrôler et la série témoin (Lavabre J., 1983).

Plus les résidus se rapprocheront de l'axe des abscisses, plus la série sera homogène. Inversement, les valeurs éloignées de cet axe correspondent soit à une surestimation, soit à une sous-estimation.

Cette méthode a été appliquée pour contrôler la série de Barcelonnette par celle de Jausiers Lans le Serret (Sommen Y., 1995).

Le coefficient de corrélation correspondant aux valeurs annuelles des précipitations est de 0,59. La médiocrité de ce résultat confirme l'hétérogénéité des valeurs de la stations de Barcelonnette sur la période 1961-1994 (sauf 1982).

Il n'est pas utile d'appliquer cette méthode au poste de Jausiers bourg car on a déjà eu précédemment la confirmation que les valeurs de ce poste sont homogènes.

1.4.3.3. Les valeurs mensuelles

La méthode de la corrélation simple permet d'extrapoler des séries courtes mais également de reconstituer des données manquantes.

Dans notre cas, cette méthode va permettre de voir la relation existante entre les stations de Jausiers Lans le Serret et Jausiers bourg.

Pour chaque mois de la période 1978-1997, on effectue donc une régression linéaire.

Rappelons brièvement en quoi consiste une régression simple (tableau 8). Elle permet de montrer la relation existante entre deux variables.

Dans notre cas, nous examinerons la situation où X est la variable correspondant à la station de Jausiers Lans le Serret et Y la variable représentant la station de Jausiers bourg.

Pour chaque mois, des équations de régression de la forme $Y = AX + B$ seront donc mises en place.

Le coefficient de variation exprime l'étendue des valeurs de la série. Il correspond au rapport entre l'écart type et la moyenne.

Le coefficient de corrélation est un nombre sans dimension compris entre -1 et +1. Si ce coefficient est proche de ces valeurs, alors il exprime une forte corrélation entre les valeurs des deux stations.

Pour le mois de Septembre, le coefficient de Corrélation est le plus élevé. Il est de 0,98.

Au mois de Juin, Octobre et Novembre, ce coefficient est également très fort. Pour ces mois là, il est supérieure ou égal à 0,95.

C'est au mois de Février et au mois de Juillet que le coefficient est le plus faible (0,88). Ceci s'explique par le fait que lors du mois de Juillet les précipitations sont plutôt à caractère orageux et donc localisées. Le faible coefficient de Février peut quant à lui résulter de la faiblesse des précipitations moyennes de ce mois pour toute la période.

mois	nombre d'années utilisées	stations	moyenne en mm	écart type en mm	coefficient de variation %	coefficient de corrélation	droite régression
Janvier	20	J (L)	57,6	49,6	86,1	0,94	y=0,7x+12,9
		J (b)	53,1	37,0	69,7		
Février	20	J (L)	42,2	27,7	65,6	0,89	y=0,9x+4,5
		J (b)	42,8	28,1	65,7		
Mars	20	J (L)	44,0	38,9	88,4	0,88	y=0,6x+11,0
		J (b)	35,6	24,7	69,4		
Avril	20	J (L)	65,9	49,5	75,1	0,91	y=0,8x+7,7
		J (b)	59,9	43,2	72,2		
Mai	20	J (L)	64,1	32,6	50,9	0,92	y=1,0x-1,6
		J (b)	62,9	35,9	57,0		
Juin	20	J (L)	62,5	26,3	42,1	0,97	y=0,9x+7,8
		J (b)	64,3	24,3	37,8		
Juillet	20	J (L)	40,7	24,5	60,2	0,88	y=0,8x+12,3
		J (b)	45,0	22,5	50,0		
Août	20	J (L)	43,2	19,8	45,8	0,90	y=1,1x+3,8
		J (b)	49,7	23,5	47,3		
Septembre	20	J (L)	61,4	56,8	92,5	0,98	y=0,9x+2,0
		J (b)	57,6	52,5	91,2		
Octobre	20	J (L)	83,6	69,9	83,6	0,96	y=0,9x+8,5
		J (b)	85,0	66,6	78,4		
Novembre	20	J (L)	59,7	56,7	95,0	0,95	y=0,8x+5,5
		J (b)	55,1	49,8	90,4		
Décembre	20	J (L)	58,9	46,7	79,3	0,90	y=0,8x+8,7
		J (b)	52,7	38,8	73,6		

Tableau 8 : Corrélation de la pluviométrie mensuelle des stations de Jausiers bourg et Jausiers Lans le Serret pour la période 1978-1997

1.5. CONCLUSION

Les différents postes et stations se répartissent relativement mal dans le bassin de Barcelonnette.

Ils se localisent presque tous sur les versants ubac. Il serait donc intéressant de pouvoir en implanter sur les versants adret pour permettre une comparaison des précipitations et autres paramètres climatiques en fonction de l'orientation.

De plus les périodes d'observation sont très variables. En effet, certains postes enregistrent les données au pas de temps journalier alors que d'autres (station de Super Sauze) les enregistrent à des pas beaucoup plus fins (toutes les 6 minutes, toutes les heures, tous les jours à 14h00).

Le type d'enregistrement variant, il n'est donc pas possible d'avoir la même fiabilité de données.

Il serait en outre intéressant de déplacer le pluviomètre chauffant de la Ferme de La Rente et de l'installer à la station climatique de Super Sauze. Ceci permettrait d'acquérir des données pluviométriques tout au long de l'année

Un réseau de stations d'observations hydrologiques sur l'Ubaye plus important serait également intéressant. Il serait surtout utile d'implanter une station en amont de Barcelonnette pour pouvoir mieux caractériser par la suite le débit de l'Ubaye.

Malgré cela, toutes ces observations vont nous permettre à présent d'analyser les différents paramètres climatiques et hydrologiques dans le but de mettre ces derniers en relation avec les mouvements de terrain.

2. ANALYSE ET INTERPRETATION
DES PARAMETRES CLIMATIQUES
ET HYDROLOGIQUES

Les paramètres climatiques mesurés dans le bassin de Barcelonnette sont nombreux. Tous les postes et stations n'enregistrent pas les mêmes paramètres. En effet, certains postes n'enregistrent que les précipitations (Jausiers Lans le Serret et la Ferme de La Rente), d'autres les précipitations et les températures (Barcelonnette, Jausiers bourg). La station automatique de Super Sauze enregistre un maximum de paramètres (précipitations, températures, ETP, ...). Dans cette deuxième partie, nous allons donc analyser ces différents paramètres.

Grâce aux différents enregistrements, ainsi qu'aux différentes localisations des postes et stations, il sera également intéressant de déterminer des gradients pluviométriques et des gradients thermiques, ceci à différents pas de temps.

L'analyse des données d'ETP permettra de caractériser les précipitations efficaces.

Dans un dernier chapitre, nous nous intéresserons au débit de l'Ubaye afin d'en déterminer le régime hydrologique.

2.1. LES PRECIPITATIONS

L'analyse des précipitations s'opère à différents pas de temps car dans le détail, les quantités annuelles, mensuelles et journalières de pluie n'ont pas la même périodicité, ni les mêmes effets.

2.1.1. Les valeurs annuelles de la pluviométrie

Actuellement nous possédons les valeurs annuelles des précipitations des postes de Barcelonnette, de Jausiers bourg et de Jausiers Lans le Serret.

A la Ferme de La Rente, toutes les données pluviométriques ne sont pas connues. En effet, certains mois, des problèmes d'enregistrement ont été notés. Nous en avons expliqué précédemment les raisons. De ce fait, il n'est pas possible de connaître les totaux pluviométriques annuels pour ce poste.

Malgré cela, si l'on fait les totaux annuels des données présentes on constate que les précipitations sont plus élevées qu'à Barcelonnette.

A Super-Sauze, étant donné que durant la saison d'hiver aucune pluie n'est enregistrée, il n'est donc pas possible d'avoir une valeur annuelle des précipitations en ce lieu.

Nous allons donc nous intéresser aux trois postes cités précédemment.

Plusieurs questions se posent :

- Comment les données pluviométriques ont-elles évolué ?
- Existe-t-il un gradient pluviométrique ?
- Quelle est l'intensité des précipitations ?...

Une première analyse a déjà été réalisée en 1995 par Y. Sommen.

A cette époque, seules les valeurs des postes de Barcelonnette et Jausiers Lans le Serret ont été analysées, le pluviomètre de la ferme de la Rente n'étant mis en place qu'en 1996 et les données de Jausiers bourg n'étant recueillies que cette année.

2.1.1.1. Evolution des précipitations

- A Barcelonnette :

Y. Sommen (1995) a calculé les moyennes « normales » de ce poste pour les périodes 1954-1994 et 1961-1994 (tableau 9). Ce calcul des moyennes sur une normale de 30 ans a pour objet de respecter les consignes de l'OMM et d'effectuer des comparaisons à proportions égales.

Possédant les données pluviométriques jusqu'en 1997, ces moyennes « normales » peuvent donc être complétées.

Période	Moyenne en mm
1954-1983	751,7
1955-1984	757,6
1956-1985	750,0
1957-1986	751,5
1958-1987	751,4
1959-1988	741,1
1960-1989	728,6
1961-1990	713,8
1962-1991	716,3
1963-1992	722,5
1964-1993	712,4
1965-1994	720,7
1966-1995	726,2
1967-1996	735,5
1968-1997	739,8
1954-1997	738,2
1961-1997	731,7

Tableau 9 : Moyennes annuelles des précipitations à Barcelonnette

Les moyennes annuelles s'échelonnent entre 712,4 mm et 757,6 mm. Un net abaissement des normales 1960-1989 à 1965-1993 est remarqué. Les dernières normales montrent quant à elles une augmentation constante des précipitations.

En effet depuis 1990, les totaux annuels ont tendance à augmenter.

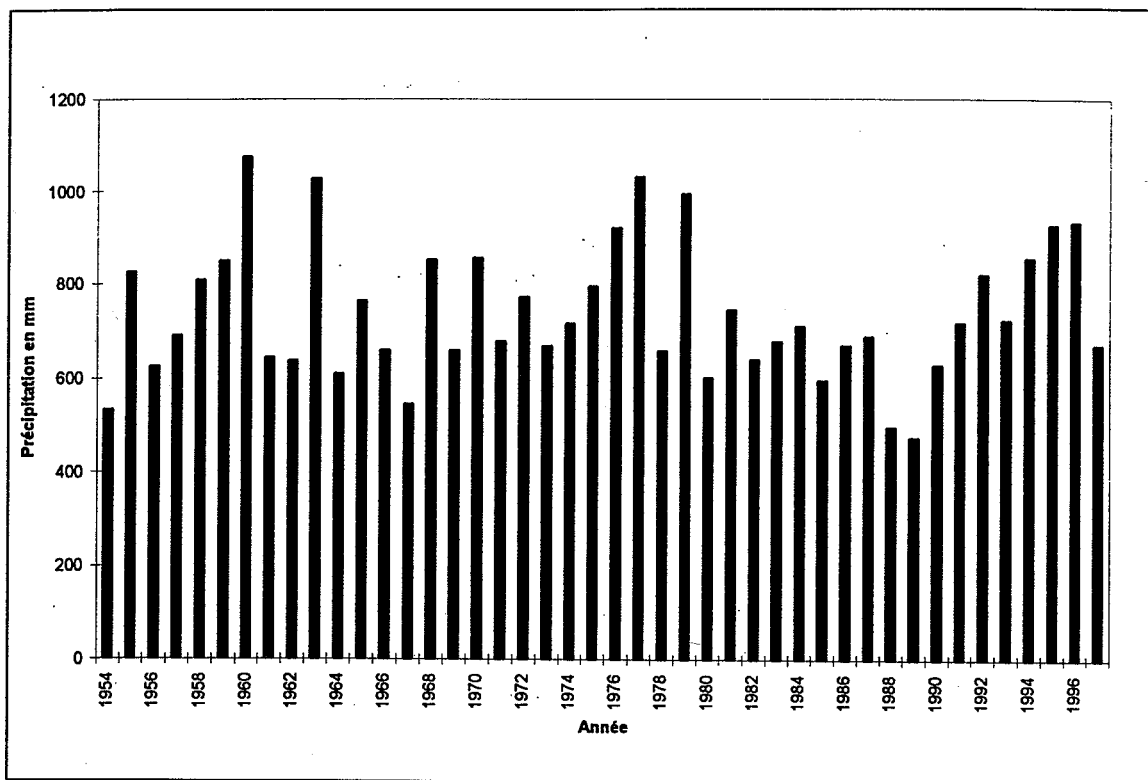


Figure 16 : Les précipitations annuelles à Barcelonnette

En 1960, les précipitations annuelles ont été les plus fortes. Cette année-là, il est tombé 1074,8 mm.

Les plus faibles précipitations datent quant à elles de l'année 1989 avec 475,9 mm.

Sur la figure 16, un cycle des précipitation est visible. En effet, tous les 17-18 ans, les précipitations atteignent un maximum. Ainsi, un premier maximum important se détache en 1960, un deuxième en 1977 et un troisième en 1996.

Les périodes situées entre ces maxima voient les précipitations varier.

N'oublions pas que ce poste a subi de nombreux changements d'emplacements.

Malgré cela, depuis 1983, date du dernier changement, après une période de baisse des précipitations annuelles, celles-ci ont tendance à augmenter.

- A Jausiers Lans le Serret :

Comme à Barcelonnette, les moyennes « normales » ont également été calculées (tableau 10).

Période	Moyenne en mm
1961-1990	663,9
1962-1991	669,0
1963-1992	678,6
1964-1993	672,9
1965-1994	680,7
1966-1995	687,4
1967-1996	693,3
1968-1997	697,5

Tableau 10 : Moyennes annuelles des précipitations à Jausiers (en mm)

A Jausiers, les moyennes annuelles s'échelonnent entre 663,9 et 697,5 ; elles sont plus faibles qu'à Barcelonnette. Le phénomène est intéressant car le poste de Barcelonnette se situe 370 mètres plus bas que le poste de Jausiers ; hors en règle général, les précipitations ont tendance à augmenter avec l'altitude du fait d'une moins grande capacité de rétention de la vapeur d'eau.

Ce phénomène est-il vrai sur tout le bassin de Barcelonnette ?

- A Jausiers bourg :

A Jausiers bourg, les précipitations annuelles varient entre 489,5 mm en 1989 et 872,3 mm en 1995. L'amplitude des précipitations annuelles est donc très élevée.

Certaines années sont donc plus sèches que d'autres. Les années où le total des précipitations annuels est supérieur à la moyenne correspondent à des années humides, bien arrosées. Inversement, les années avec un total pluviométrique inférieur à la moyenne correspondent à des années sèches.

Entre 1978 et 1997, la moyenne des précipitations annuelles est de 663,5 mm.

On peut donc estimer que l'année 1960 est une année sèche et que l'année 1995 correspond à une année humide. De nombreuses années tournent autour de la moyenne, c'est le cas pour les années 1984, 1986, ...

Pour ce poste, il n'est pas possible de calculer de moyenne normale car les premières données datent de 1978.

La comparaison des données annuelles avec celles des autres postes montrent une diminution des températures entre Barcelonnette et ce poste. Par contre, entre Jausiers bourg et Jausiers Lans le Serret, les précipitations augmentent normalement avec l'altitude.

Ce phénomène s'explique avant tout par la position géographique, au sein du bassin de Barcelonnette, des deux postes situés sur la commune de Jausiers.

En effet, dans le bassin de Barcelonnette, la configuration topographique particulière favorise largement l'entrée des flux perturbés d'Ouest, les plus fréquents, face auxquels les postes de Jausiers bourg et Jausiers Lans le Serret sont relativement bien abrités. Les situations climatiques, développant dans la région des flux de Nord et d'Est sont plus rares.

2.1.1.2. Le gradient altitudinal annuel

Il existe un lien étroit entre les précipitations et l'altitude. Cette relation, fondée sur le mécanisme des ascendances orographiques, dépend en fait beaucoup de l'échelle à laquelle on travaille et se vérifie d'autant mieux que l'espace étudié est plus vaste.

En outre, la qualité de cette liaison est aussi fonction de la configuration topographique. Dès que la topographie s'incise, cette relation tend à s'atténuer et les postes pluviométriques placés dans les vallées enregistrent des quantités d'eau souvent bien supérieures à celles que laisserait supposer l'altitude (Humbert J. & Paul P., 1982).

Ainsi, la montagne se caractérise par des valeurs de gradient importantes et variables dans l'espace (Douguedroit A., 1984).

Mais qu'est-ce qu'un gradient ?

Un gradient correspond à l'écart entre les différentes valeurs en fonction de leur distance (horizontale et / ou verticale). C'est un terme très général qui recouvre d'autres types de variations que celle due à l'altitude comme dans le cas des températures (Douguedroit A., 1984).

Dans le cas des précipitations annuelles, le gradient pluviométrique permet de se faire une idée générale sur le sens du gradient.

Dans notre cas, on constate que ce gradient peut être négatif ou positif selon le lieu.

Ainsi, entre Barcelonnette (1140m) et Jausiers bourg (1240m), les précipitations diminuent (figure 2). En moyenne sur la période 1978 - 1997, elles sont de 712,5 mm par an à Barcelonnette mais que de 663,5 mm par an à Jausiers bourg. Il y a donc une diminution d'environ 49 mm par an pour 100 m.

Selon les années, ce gradient peut varier et même être positif.

Ainsi, entre 1985 et 1990, les précipitations étaient supérieures à Jausiers bourg qu'à Barcelonnette. Durant cette période, le gradient pluviométrique variait entre + 17,7mm / 100m en 1985 et + 3,4mm / 100m en 1990.

Certaines années, le gradient est également fortement négatif, c'est à dire qu'il y a diminution des précipitations avec l'altitude. Ainsi en 1979, un fort gradient négatif est à noter. Cette année-là, à Barcelonnette, les précipitations étaient de 994,9 mm mais n'étaient que de 789,9 mm à Jausiers bourg. Le gradient est donc de - 205 mm / 100 m en 1985.

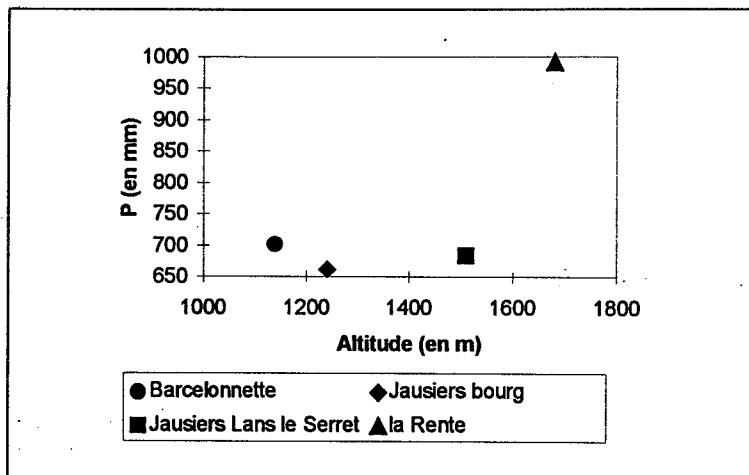


Figure 17: Les précipitations en fonction de l'altitude dans le bassin de Barcelonnette (1978 - 1997) - précipitations de la Ferme de La Rente (1996).

Entre Barcelonnette (1140 m) et Jausiers Lans le Serret (1510 m), le gradient pluviométrique est également négatif pour la période 1978 - 1997. Il est de $-7,8 \text{ mm} / 100 \text{ m}$.

Malgré un total annuel incomplet, les précipitations annuelles sont fortement supérieures à la ferme de La Rente par rapport aux autres postes. Le gradient est donc positif pour l'année 1996 entre la Ferme de La Rente et les autres postes climatiques.

Sur la période 1961 - 1997, il a plu à Jausiers Lans le Serret 685,9 mm et à Barcelonnette 731,7 mm. Le gradient est donc de $-12,4 \text{ mm} / 100 \text{ m}$ dans ce cas.

Les écarts annuels de précipitations entre ces deux postes sont donc également plus importants entre 1961 et 1978.

En 1974 et 1975, les gradients sont fortement négatifs ; ils sont respectivement de $-62,9 \text{ mm} / 100 \text{ m}$ en 1974 et $-69,1 \text{ mm} / 100 \text{ m}$ en 1975. Ces deux gradients influent fortement sur le gradient moyen de la période 1961 - 1997.

Comme à Jausiers bourg, il arrive que le gradient pluviométrique soit positif. C'est en 1990, que ce gradient est le plus élevé. Il est de $+20 \text{ mm} / 100 \text{ m}$.

Entre Jausiers bourg et Jausiers Lans le Serret, le gradient est quant à lui, positif. Il y a bien augmentation des précipitations entre ces deux postes.

Le premier enregistre 663,5 mm en moyenne sur la période 1978 - 1997 et le second 683,8 mm sur la même période.

Le gradient pluviométrique entre ces deux postes est donc de $7,5 \text{ mm} / 100 \text{ m}$.

2.1.2. Les précipitations mensuelles

Les précipitations mensuelles peuvent être étudiées pour les différents postes et stations en notre possession.

Mais rappelons que pour certains postes et stations, certaines données mensuelles sont manquantes.

C'est le cas pour le pluviographe de la Ferme de La Rente où certaines données journalières sont manquantes.

A Super Sauze, ce sont les données de la saison d'hiver qui sont absentes ceci étant du à l'absence de pluviomètre durant cette saison. Etant donné que le bassin de Barcelonnette est un bassin de montagne, il n'existe aucun moyen pour tenter de récupérer ces données manquantes. Dans un bassin de plaine, une extrapolation par une régression simple aurait permis de retrouver ces valeurs. Cependant, en montagne, il y a trop de variation d'un point à l'autre pour appliquer cette méthode.

Nous allons donc nous contenter des données présentes, montrer leur évolution pour chacun des postes et stations, déterminer des coefficients pluviométriques ainsi que des gradients pluviométriques altitudinaux.

2.1.2.1. Evolution des précipitations

Pour les différents postes et stations, les mois les plus humides sont ceux d'Octobre et Novembre. Ces précipitations correspondent aux précipitations intenses d'automne. Un maximum secondaire se présente durant les mois de Mai - Juin et répond aux précipitations de printemps.

Les précipitations des mois de Mai - Juin sont plus élevées à Jausiers bourg et Jausiers Lans le Serret qu'à Barcelonnette alors que les autres mois le phénomène inverse est visible. La présence d'un flux d'Est à cette période peut expliquer ce phénomène.

La comparaison des données mensuelles de la Ferme de La Rente avec celles des autres postes montrent une augmentation des précipitations avec l'altitude.

Certains mois, par contre, les précipitations sont inférieures à celles enregistrées à plus basse altitude. C'est régulièrement le cas aux mois de Février, Mars et Août.

En Août, ce sont des précipitations orageuses qui sont enregistrées, elles sont donc très localisées et permettent d'expliquer les précipitations plus faibles à l'altitude de la Ferme de La Rente.

A Super Sauze, sur la période d'enregistrement commune avec le pluviographe de la Ferme de La Rente, il pleut moins alors que la station se situe 22 m plus haut. Par exemple, la moyenne pluviométrique des mois de Juillet est de 29,5 mm à Super Sauze et de 48,5 mm à la Ferme de La Rente.

Si l'on regarde année par année pour chaque mois (figure 18), le total pluviométrique d'un mois peut être inférieur à celui de la ferme de La Rente mais l'année d'après le phénomène peut s'inverser.

C'est le cas au mois de Juillet. En 1996, il a plu 8 mm à Super Sauze et 90,5 mm à la ferme de la Rente. En 1997, le phénomène inverse s'est produit ; il a plu 58,3 mm à Super Sauze et 49 mm à la Ferme de la Rente.

Pour d'autres mois (Juin, Août, Septembre), les précipitations sont toujours inférieures à Super Sauze par rapport à celles de la Ferme de la Rente.

La comparaison des précipitations mensuelles entre Super Sauze et Barcelonnette montre également une discordance avec le principe qui veut que les précipitations augmentent avec l'altitude.

Les moyennes calculées sur la période commune, montrent certains mois une bonne concordance entre les valeurs. Ainsi les moyennes des mois d'Août, Septembre et Octobre sont plus élevées à Super Sauze qu'à Barcelonnette. Par contre, en Juin et Juillet le phénomène inverse se produit.

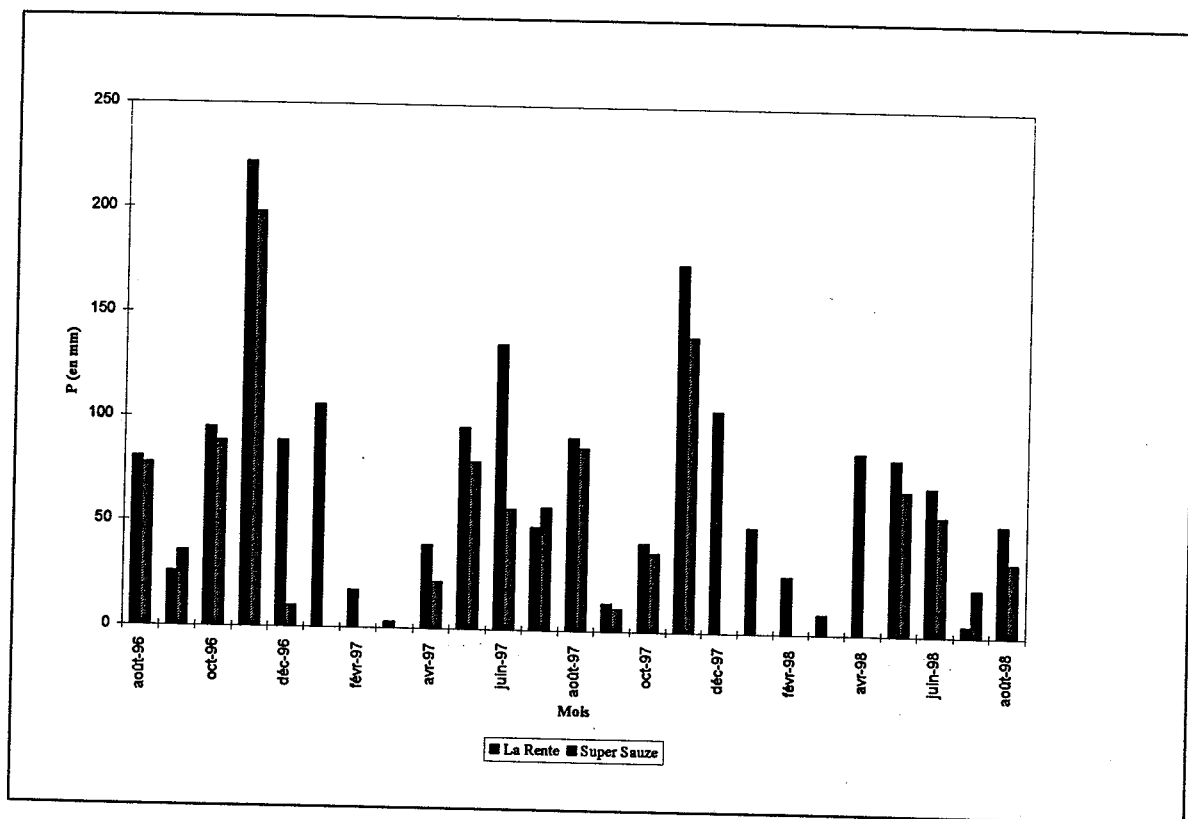


Figure 18 : Comparaison des précipitations à la Ferme de La Rente et à Super Sauze

Entre les stations de la Ferme de La Rente et de Super Sauze, les variations mensuelles d'une année sur l'autre sont trop importantes. Il n'est donc pas possible d'établir une relation et de retrouver les précipitations manquantes à Super Sauze à partir des données de la Ferme de La Rente. Il n'existe de ce fait pas de relations continues quant à l'influence des types de temps.

2.1.2.2. Les coefficients pluviométriques

Une meilleure comparaison des précipitations saisonnières peut être réalisée grâce au coefficient pluviométrique. Il permet de mettre en évidence les régimes pluviométriques (Estienne P. & Godard A., 1970).

Pour ce faire, la méthode la plus simple consiste à réaliser des graphiques où sont reportées les hauteurs moyennes mensuelles des précipitations. Mais d'une station à l'autre, comme nous l'avons vu pour les précipitations annuelles, les différences sont considérables et rendent les comparaisons difficiles.

De plus, l'inégale durée des mois fausse un peu les résultats.

Pour palier à ces deux inconvénients, on calcule pour chaque mois un quotient ou **coefficient pluviométrique**. La valeur moyenne observée est alors rapportée à ce que serait la hauteur mensuelle d'eau si les pluies étaient distribuées de façon rigoureusement égale pour chaque jour de l'année.

Cette répartition saisonnière est obtenue par la formule d'Angot qui est :

$$C = p / (P * n) / 365$$

p : précipitation d'un mois donné

P : pluviométrie annuelle

n : nombre de jours du mois

		J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Total
Barcelo	P	96,8	28,2	3,1	45,9	57,1	92,9	60,1	77,7	19,9	41,0	191,3	93,5	807,2
	C	1,4	0,5	0,0	0,7	0,8	1,4	0,9	1,1	0,3	0,6	2,9	1,4	
Jausiers b	P	66,7	33,4	2,7	36,0	55,3	91,8	57,4	63,3	17,0	46,8	160,5	60,2	690,8
	C	1,1	0,6	0,0	0,6	0,9	1,6	1,0	1,1	0,3	0,8	2,8	1,0	
Jausiers L	P	54,9	20,7	1,9	27,5	37,7	62,0	39,5	47,4	12,4	29,4	118,2	51,7	737,7
	C	0,9	0,4	0,0	0,5	0,6	1,0	0,6	0,8	0,2	0,5	1,9	0,8	
La Rente	P	130,15	27,05	3,65	50,8	77,4	104,3	69,75	86,45	19,6	68,5	198,55	97,25	933,5
	C	1,6	0,4	0,0	0,7	1,0	1,4	0,9	1,1	0,3	0,9	2,6	1,2	

Tableau 11 : Tableau de la pluviométrie moyenne mensuelle et annuelle, et des coefficients pluviométriques d'Angot entre 1996 et 1997 (P : pluviométrie moyenne mensuelle, C : coefficient pluviométrique mensuel d'Angot)

Les coefficients sont inférieurs à 1 pour les mois secs et au contraire supérieurs à 1 pour les mois humides. La même méthode s'applique pour les saisons.

Y. Sommen (1995) a utilisé cette méthode pour les stations de Barcelonnette et Jausiers Lans le Serret entre 1961 et 1994 en fonction des moyennes annuelles et mensuelles de la dite période.

Il a remarqué une différence notable concernant les coefficients d'Avril et Mai à Jausiers Lans le Serret qui sont nettement plus arrosés qu'à Barcelonnette. Ce phénomène peut être lié à la différence d'altitude et de localisation entre les deux postes. La simple comparaison des précipitations mensuelles avaient déjà permis de faire cette remarque.

A présent ce coefficient peut être calculé pour tous les postes dont nous disposons des données annuelles et mensuelles. On ne peut donc calculer ce coefficient pour la station de Super Sauze car les précipitations en période froide ne sont pas enregistrées.

Ne disposant pas des données complètes pour la Ferme de La Rente qu'à partir de 1996, les coefficients ne seront donc calculés que pour la période 1996 - 1997.

Le mois le plus humide est le mois de Novembre. Le coefficient pluviométrique est de plus de 2. A Barcelonnette, il atteint même 2,9. Le mois de Novembre correspond donc à la saison humide. Pour ce même mois, à Jausiers Lans le Serret, le coefficient est largement inférieur aux autres, il n'est que de 1,9. Un effet d'abri intervient donc sur ce poste.

D'autres mois peuvent être considérés comme des mois humides malgré un coefficient pluviométrique bien inférieur à celui du mois de Novembre. En effet, les mois de Janvier, Juin, Août et Décembre possèdent également des coefficients pluviométriques supérieurs à un. Pour ces différents mois, le coefficient du poste de Jausiers Lans le Serret est toujours inférieur aux autres. L'infériorité de ce coefficient confirme donc que le poste de Jausiers Lans le Serret possède un effet abri.

Pour ces mêmes postes, les coefficients mensuels inférieurs à 1 correspondent aux mois de Février à Mai, au mois de Juillet et aux mois de Septembre - Octobre.

Au mois de Mars, les coefficients pluviométriques sont tous nuls (0,05 à Barcelonnette) pour les différents postes. Ce mois est donc très sec.

Au cours de l'année, la pluviométrie moyenne mensuelle varie donc du simple aux double. Le régime pluviométrique moyen peut être considéré comme complexe car certains mois (Mars) sont très secs et d'autres (Novembre) sont très humides.

Ce coefficient pluviométrique n'augmente pas forcément avec l'altitude. En effet, étant donné que le pluviographe de la Ferme de La Rente est situé plus haut que les autres postes, on pourrait penser que le coefficient serait toujours supérieur à celui des autres postes. Or à peu près un mois sur deux, celui-ci est inférieur ou égal à celui des autres postes.

Par exemple, au mois de Novembre, le coefficient pluviométrique est de 2,88 pour le poste de Barcelonnette et que de 2,59 à la Ferme de La Rente.

Il en est de même avec les postes de Jausiers bourg et Jausiers Lans le Serret, ce dernier ayant des coefficients toujours inférieurs aux autres postes.

Certaines périodes de l'année sont donc favorable à l'alimentation des nappes phréatiques. Dans le bassin de Barcelonnette, si l'on considère les coefficients pluviométriques supérieurs à 1, la période d'alimentation de la nappe serait donc de Novembre à Janvier. Or ces mois correspondent à des précipitations neigeuses. L'alimentation de la nappe ne se fait donc qu'au moment de la fonte de la neige, c'est à dire au mois de Mars - Avril.

2.1.2.3. Le gradient pluviométrique

Le gradient pluviométrique mensuel (tableau 12) peut être calculé pour chaque poste par comparaison avec un autre poste.

Pour les deux postes situés sur la commune de Jausiers, les gradients pluviométriques mensuelles sont généralement négatifs. Il pleut donc plus à Barcelonnette que sur ces deux postes sauf aux mois de Février et Octobre où le gradient est positif.

Aux mois de Février et Octobre, la présence d'un flux d'Est peut expliquer ce gradient positif. Les autres mois, il y a certainement prédominance d'un flux perturbé d'Ouest ou de Sud-Ouest.

C'est au mois de Décembre que le gradient est le plus élevé négativement. En effet, il est de -33,4 mm / 100 m entre Jausiers bourg et Barcelonnette et de -4,5 mm / 100 m entre Jausiers Lans le Serret et Barcelonnette. C'est entre les mois de Novembre et de Janvier, que le gradient est le plus fort. Généralement en cette période de l'année, les précipitations se font sous forme neigeuse, il y a donc peut-être un mauvais captage des flocons de neige qui expliquerait ce fort gradient négatif.

	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Jb - B	-30,1	5,3	-0,5	-9,9	-1,8	-1,1	-2,7	-14,4	-3,0	5,8	-30,8	-33,4
Jl - B	-4,1	0,7	-0,1	-1,3	-0,2	-0,1	-0,4	-1,9	-0,4	0,8	-4,2	-4,5
Jl - Jb	5,6	-1,0	0,1	1,8	0,3	0,2	0,5	2,7	0,5	-1,1	5,7	6,2
R - B	6,2	-0,2	0,1	0,9	3,8	2,1	1,8	1,6	-0,1	5,1	1,4	0,7
R - Jb	14,5	-1,4	0,2	3,4	5,0	2,9	2,8	5,3	0,6	5,0	8,7	8,5
R - Jl	28,8	-2,2	0,5	5,9	12,6	7,1	6,5	9,5	0,7	14,7	13,5	12,2

Tableau 12 : Gradients pluviométriques mensuel pour la période 1996 - 1997 (B : Barcelonnette, Jb : Jausiers bourg, Jl : Jausiers Lans le Serret, R : Ferme de La Rente).

Toujours par rapport à Barcelonnette, les gradients sont beaucoup plus élevés à Jausiers bourg qu'à Jausiers Lans le Serret. Jausiers bourg se situe au fond d'une vallée étroite alors que Jausiers Lans le Serret profite d'une meilleure situation topographique.

Sur la même période (1996 - 1997), les gradients pluviométriques sont positifs entre la Ferme de La Rente et Barcelonnette sauf aux mois de Février (-0,2) et Septembre (-0,1).

Le gradient négatif au mois de Février correspond à la période où le gradient est positif pour les postes de la commune de Jausiers.

Pour ces deux mois, l'**optimum pluviométrique** se situe donc en-dessous de 1678 m. En effet, à partir d'une certaine altitude, l'augmentation des précipitations ne se poursuit pas toujours vers le haut ; les précipitations diminuent en fréquence et en abondance au delà d'une certaine altitude.

A présent si l'on compare les précipitations pour le poste de Jausiers bourg et les postes situés à plus haute altitude, les gradients sont presque toujours positifs.

Au courant des mois de Novembre à Janvier, les gradients sont les plus élevés. Ils varient entre 5,7 et 6,2 mm / 100 m entre les deux postes de la commune de Jausiers et entre 8,5 et 14,5 mm / 100 m entre Jausiers bourg et la Ferme de La Rente.

Ce gradient peut également être très faible voire négatif. En Février, ce gradient évolue au tour de -1 mm / 100 m pour les deux postes. Un deuxième gradient altitudinal négatif apparaît au mois d'Octobre (-1,1 mm / 100 m) pour le poste de Jausiers Lans le Serret.

Plusieurs hypothèses peuvent être faites pour expliquer ce phénomène. L'ascendance des masses d'air est peut être bloquée entre les altitudes 1240 m et 1510 m. Le poste de Jausiers Lans le Serret occupe peut-être une position privilégiée dans le réseau de pluviomètre (effet d'abri)...

Un dernier gradient existe. Il relie le poste de Jausiers Lans le Serret et le pluviographe de la ferme de La Rente.

Ce gradient varie entre 28,8 mm / 100 m en Janvier et -2,2 mm / 100 m en Février. Deux périodes se détachent. Du mois d'Octobre au mois de Janvier, ainsi qu'au mois de Mai, le gradient est de plus de 12 mm / 100 m. Il correspond aux précipitations intenses d'automne et à celles du printemps.

Pour la station de Super Sauze, il est également possible de calculer des gradients altitudinaux (tableau 13).

Cette station climatique étant la plus haute située (1702 m), le gradient devrait toujours être positif, or régulièrement ce dernier est négatif.

Ainsi, quel que soit le poste de référence, le gradient évolue toujours négativement au mois de Juin. Les précipitations sont donc inférieures à Super Sauze par rapport à tous les autres postes. La différence s'accroît d'ailleurs avec l'altitude.

Entre Super Sauze et la Ferme de La Rente, le gradient est presque toujours négatif (sauf au mois de Juillet). La station de Super Sauze profiterait-elle d'un effet d'abri par rapport à la Ferme de La Rente ?

Le tableau 13 permet également de constater les variations mensuelles du gradient altitudinal. Par exemple entre Barcelonnette et Jausiers bourg, pour la période 1996-1997, le gradient est de -9,9 mm / 100 m au mois d'Avril. En 1997, pour le même mois, le gradient est positif ; il est de 1,6 mm / 100 m.

Il existe donc des variations spatiales, temporelles et liées au vent dominant.

1997	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Jb - B	-33,3	4,2	-0,8	1,6	8,1	1,3	-4,3	-30,4	-1,2	7,3	-34,8	-31,3
Jl - B	-0,1	-4,2	-0,8	-0,4	2,4	1,1	-0,9	-11,3	-0,6	0,3	-8,2	-3,2
Jl - Jb	12,3	-7,3	-0,8	-1,2	0,3	1,0	0,3	-4,3	-0,4	-2,3	1,6	7,2
R - B	1,5	-1,0	0,0	0,5	8,3	9,4	1,4	0,9	0,8	3,1	6,4	5,4
R - Jb	9,4	-2,2	0,2	0,2	8,4	11,2	2,6	8,0	1,3	2,1	15,8	13,8
R - Jl	4,8	6,0	1,8	2,4	21,5	27,6	6,4	27,8	4,0	9,3	38,8	24,3
S - B					5,1	-5,0	3,0	-0,1	0,4	2,2	0,0	
S - Jb					4,4	-6,4	4,5	6,5	0,7	1,1	7,6	
S - Jl					10,3	-16,8	10,4	21,7	2,3	5,8	16,0	
S - R					-67,9	-	38,8	-21,3	-9,6	-	-	
						327,9				18,8	143,3	

Tableau 13 : Gradient pluviométrique mensuel en 1997 (B : Barcelonnette, Jb : Jausiers bourg, Jl : Jausiers Lans le Serret, R : Ferme de La Rente, S : Super Sauze).

En fonction que le versant se trouve « au vent » ou « sous le vent », les masses d'air interviennent différemment. Le long des versants « au vent », la masse d'air subit un mouvement ascendant. La quantité de pluie augmente alors avec l'altitude. Le long des versants « sous le vent », l'air descendant subit une compression qui entraîne une vaporisation de l'air condensée. La base des nuages se tient à une altitude nettement plus haute quand le versant est « sous le vent » que dans le cas contraire (Douguedroit A., 1984).

A présent, il nous reste à définir le caractère des épisodes pluvieux quotidiens au sein de chaque mois ainsi que leur intensité.

2.1.3. Les précipitations journalières

D'un jour à l'autre les précipitations peuvent énormément varier. Ainsi, un mois il peut pleuvoir davantage en un ou deux jours qu'en 15 jours un mois différent.

Par exemple, à la Ferme de La Rente, 70,7 mm de pluie sont tombées en 8 jours en Juin 1998. La même année, mais en Août, il n'a plu que 52,7 mm en 9 jours.

L'intensité des précipitations est donc très variable.

Certains jours, les précipitations sont également supérieures à Barcelonnette par rapport à Jausiers Lans le Serret alors que le lendemain les précipitations augmentent normalement avec l'altitude.

Un cas différent peut également se présenter. Il arrive certains jours que les précipitations soient inférieures à Jausiers Lans le Serret (1510 m) par rapport à Barcelonnette (1140 m) et qu'elles soient supérieures à la ferme de La Rente (1678 m) par rapport aux deux postes précédents. Cette situation était présente par exemple le 08/09/94 où il a plu 31,4 mm à Barcelonnette, 26,5 mm à Jausiers Lans le Serret et 36,5 mm à la Ferme de La Rente.

Il est encore possible que les précipitations journalières soient supérieures à Jausiers Lans le Serret par rapport aux autres postes. Ainsi, le 13 Mai 1997, le total journaliers des précipitations était de 13 mm à Jausiers Lans le Serret mais que de 7,6 mm à la Ferme de La Rente et 6 mm à Super Sauze.

En été, les variations spatiales des précipitations peuvent être encore d'avantage accentuées. En effet, en été, les épisodes orageux sont souvent très localisés. Ceci explique qu'il peut pleuvoir à Barcelonnette mais non sur le reste du bassin. Le 21 Août 1998, il a ainsi plu 6,7 mm à Barcelonnette, 17,5 mm à la Ferme de La Rente mais rien n'est tombé aux autres postes et stations.

Dans une même journée, plusieurs épisodes pluvieux peuvent apparaître. Ceux-ci n'auront pas pour autant la même intensité.

Une journée peut également être intégrées ou non à une séquence de pluie de plusieurs jours.

Les précipitations enregistrées peuvent être équivalentes d'un jour à l'autre, par contre la durée de la pluie peut changer. Par exemple, au mois de Janvier 1998, il a plu 0,4 mm le 01/01/1998 en 1h50. La même quantité est tombée quelques jours plus tard (le 05/01/1998) mais en seulement 1h00.

D'un jour à l'autre et même d'une heure à l'autre, les gradients pluviométriques sont donc très variables.

2.1.4. La méthode cartographique des champs pluviométriques

Cette méthode (méthode Aurelhy), développée par Bénichou et Lebreton (Météorologie Nationale) consiste à évaluer l'effet du relief sur les précipitations puis à interpoler les hauteurs de précipitations en chaque point de la grille utilisée par le programme de tracé automatique.

Les principes généraux sont les suivants :

- A partir des données topographiques fournies par l'Institut Géographique National, on définit un « paysage relatif » pour chaque point d'une grille de maille 5 kilomètre en comparant son altitude avec celles des points qui l'entourent. Cette notion est une combinaison linéaire de 16 paramètres élémentaires dont les principaux sont :

- l'altitude,
- l'effet d'encaissement global,

- la présence d'une pente Ouest/Est,
- la présence d'une pente Nord/Sud,
- l'effet de col Nord/Sud,
- l'effet de col Nord-Est/ Sud-Ouest

- Pour chaque champ pluviométrique (par exemple la hauteur des précipitations annuelles), on recherche une relation entre la hauteur de pluie en chaque point de mesure et les paramètres élémentaires du paysage. Une opération statistique complexe permet de sélectionner les 6 éléments permettant le mieux d'expliquer la variation spatiale de la pluviométrie et donc déterminer une équation de régression avec laquelle on estime une hauteur de précipitation aux points où aucune mesure n'a été effectuée mais où les éléments du paysage sont connus

Cette méthode permettrait de cartographier les précipitations annuelles ainsi que les précipitations mensuelles. Une étude saisonnière pourrait également être réalisée grâce à cette méthode.

La méthode Aurelhy permettrait donc de se faire une meilleure idée sur la répartition des précipitations.

Mais actuellement, possédons-nous suffisamment de postes et stations pour réaliser ce genre de travail ? Le réseau actuel de postes et stations climatiques devrait pour ce faire certainement être complété par des stations sur les versants adrets.

2.2. LES TEMPERATURES

A la surface de la terre, l'importance de la température de l'air n'est plus à démontrer. Elle règle les modalités de la météorisation des roches (notamment par les alternances de gel / dégel), elle conditionne l'évaporation physique et physiologique (évapotranspiration) et intervient ainsi largement dans le régime des cours d'eau, tout en fixant aux êtres vivants des limites plus ou moins strictes de répartition.

2.2.1. Les températures mensuelles

Barcelonnette	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Année
Tmin	-6,2	-4,7	-2,3	-1	5	8,7	8,5	10	6,2	2,6	-1	-4,9	1,7
Tmax	7	10,7	17	16,9	19,7	21,8	24,7	25,1	24,3	16,7	10,8	5,4	16,7
Tmoy	0,4	3	7,3	7,9	12,3	15,3	16,6	17,6	15,3	9,7	4,9	0,3	9,2

Super Sauze	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Année
Tmin	-2,3	-1,9	0,5	0,7	7	7	7,1	10,8	9,5	3,5	-0,6	-3,5	3,2
Tmax	4,3	7	9,8	10,3	16,2	15,3	14,2	19,3	18,2	10,7	6,6	3,2	11,3
Tmoy	0,1	1,7	5	5	10,9	10,9	10,2	14,7	13,4	6,8	2,2	-0,9	6,7

Tableau 14 : Les températures mensuelles de l'année 1997 à Barcelonnette et Super Sauze.

En 1997, les températures minimales sont plus faibles à Barcelonnette qu'à Super Sauze (tableau 14 et figure 19). Seul les mois de Juin et Juillet présentent des températures minimales supérieures à Barcelonnette par rapport à Super Sauze.

Le brouillard peut être la cause de ce phénomène. L'air froid se trouve prisonnier dans les vallées.

Si des masses d'air chaud se déplacent au-dessus des massifs montagneux, de l'air froid peut également rester prisonnier dans les vallées. C'est le temps classique des mers de nuage formées à la limite de l'air froid et de l'air chaud et dont les hauts versants émergent.

Plus souvent, par beau temps stable, l'absence de brassage de l'air dans les fonds accentue le rayonnement, et le refroidissement y est vif (Etienne P. & Godard A., 1970).

Les températures maximales suivent quant à elles la logique qui dit que les températures, à l'inverse des précipitations diminuent avec l'altitude.

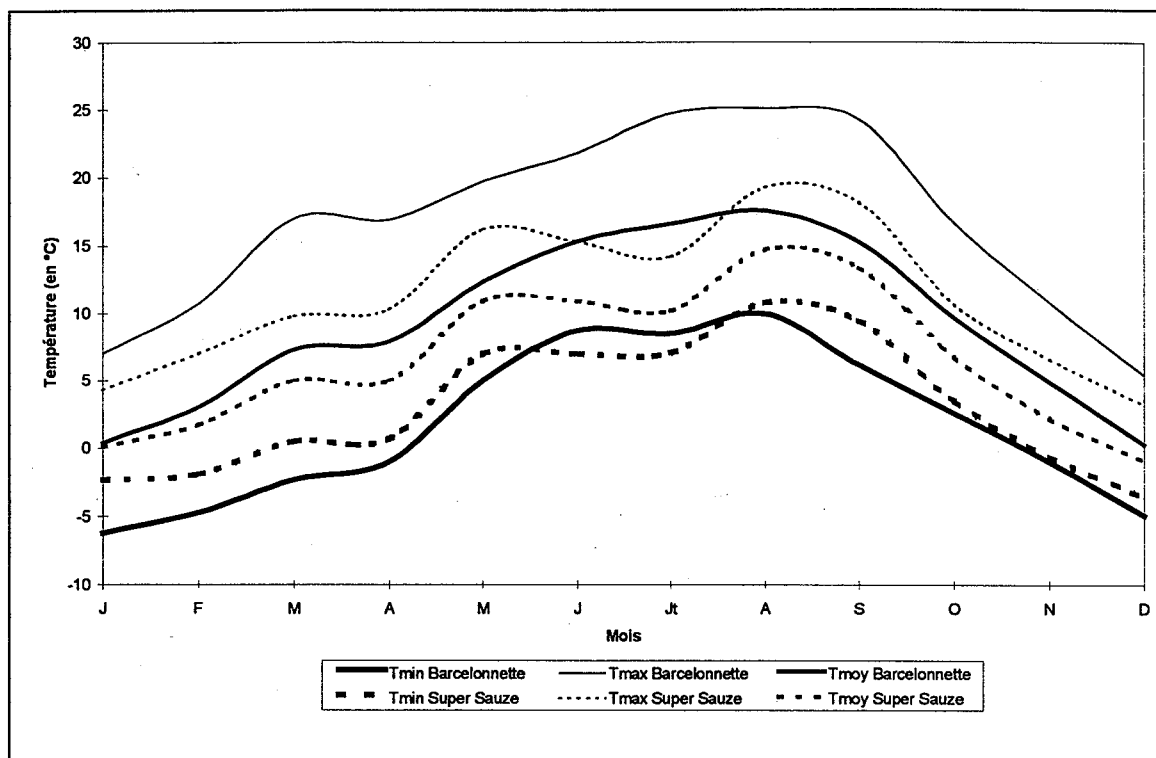


Figure 19 : Les températures mensuelles à Barcelonnette et Super Sauze en 1997

Le gradient thermique est rarement régulier. Il est plus élevé négativement en été qu'en hiver et cela bien que la diminution de la teneur en vapeur d'eau accroisse l'importance de la radiation en altitude (Etienne P. & Godard A., 1970).

Ainsi, au mois de Juillet 1997, le gradient des températures maximales est de $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C} / 100\text{ m}$. En Décembre, ce gradient est de $-0,4\text{ }^{\circ}\text{C} / 100\text{ m}$.

Les gradients mensuels des températures moyennes sont atténués par rapport aux gradients des températures maximales mais reste toujours plus élevé en été qu'en hiver.

Sommen Y. (1995) a pour sa part analysé le régime des extrêmes thermiques à Barcelonnette entre 1961 et 1994.

Une comparaison avec les données de l'année 1997 peut donc être réalisée.

Ainsi, en 1997, les températures minimales sont plus élevées mais les températures maximales sont plus faibles par rapport à la période 1961-1994.

Cette variation des températures correspond-elle à une évolution des températures ? Pour confirmer cette hypothèse, une analyse plus fine serait nécessaire.

2.2.2. Les variations de la température diurne

Dans les pays tempérés, les variations diurnes de la température sont sensibles surtout en été, car à cette saison la nébulosité est plus faible et les écarts d'incidence des rayons solaires entre le lever du jour et midi sont plus marqués.

Compte tenu du bilan radiatif momentané (énergie solaire incidente / rayonnement terrestre), le maximum thermique doit se placer normalement après le passage du soleil au méridien, donc au début de l'après-midi. Quant au minimum, il se place à la fin de la nuit, ou même parfois après le lever du soleil.

A ce jour, seul à Super Sauze les températures horaires sont enregistrées.

Le minimum se place entre 2h00 et 5h00, le maximum entre 13h00 et 16h00, tout ceci variant suivant la saison.

Par temps stable, les brises de vallée et de montagne influent sur les variations de températures.

La brise de vallée s'écoule vers l'amont le jour. L'air plus chaud, plus léger en fond de vallée a tendance à remonter sur les pentes. L'air remonte dès la fin de la matinée jusqu'au couché du soleil.

La brise de montagne intervient la nuit. L'air froid d'altitude est acheminé vers l'aval.

2.2.3. Le gel

Il est important de s'intéresser au gel car celui-ci est un facteur favorable à la fragilisation des roches et donc à long terme au déclenchement des mouvements de terrain.

Les premières gelées se manifestent généralement dès le mois de Novembre. Certaines années, comme en 1997, des gelées apparaissent dès le mois de Septembre.

Les dernières gelées sont plus tardives à Barcelonnette qu'à Super Sauze. Les températures minimales mensuelles indiquent la présence de gel à Barcelonnette jusqu'au mois d'Avril alors qu'il semblerait qu'à Super Sauze, les gelées soient stoppées au mois de Mars.

Si l'on regarde les températures minimales journalières à Super Sauze, on constate que des gelées sont encore possibles au mois d'Avril mais elles sont moins importantes qu'à Barcelonnette. En effet, au cours du mois d'Avril de l'année 1997, il y a eu 17 jours de gel à Barcelonnette mais que 11 jours à Super Sauze.

En plein hiver, la logique de l'altitude est respectée. Le nombre de jour de gel est supérieur à Super Sauze par rapport à Barcelonnette.

2.2.4. Les phénomènes thermo-pluviométriques

La pluie et la température ont des effets qui se combinent car ils sont ressentis en même temps. C'est en associant leurs effets que l'on peut préciser les capacités d'évaporation et l'aridité des étés ou déterminer, l'hiver, les conditions des précipitations solides.

La montagne bénéficie non seulement de l'augmentation des précipitations en altitude, mais encore du refroidissement vers le haut.

Nous savons également que la neige remplace la pluie lorsque la température de l'air est inférieure à 0 °C. La courbe des chutes de neige suit donc la baisse des températures (Etienne P. & Godard A., 1970).

L'influence climatique de la neige, si elle a des implications pour les activités humaines, se ressent également sur le milieu naturel car elle modifie la diffusion et la pénétration de l'eau dans le sol (Sommen Y., 1995).

La mise en relation des précipitations et des températures de Barcelonnette peut donc permettre d'identifier les événements neigeux.

A Super Sauze, les précipitations hivernales n'étant pas enregistrées, il n'est donc pas possible d'établir une telle relation.

Par exemple, à Barcelonnette, entre le 28 Décembre 1996 et le 31 Décembre 1996, il est pratiquement certain que les précipitations étaient sous forme solide car durant cette période, les températures n'ont jamais été positives.

Mais définir la période neigeuse reste une chose bien délicate. Il faudrait pour ce faire, que les données climatiques soient enregistrées à un plus petit pas de temps, tel que l'heure.

2.3. L'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE

L'évapotranspiration potentielle (ETP) est une donnée essentielle en agrométéorologie. Elle caractérise la demande en eau de l'atmosphère, c'est à dire la quantité de vapeur d'eau que le sol et les couverts végétaux pourront lui céder en l'absence de limitation de la disponibilité en eau du sol, donc s'ils sont bien alimentés en eau et en phase active de croissance (Perrier A., 1977). L'évapotranspiration se calcule de façon systématique pour le suivi du bilan hydrique.

Elle peut également intervenir sur la prévention des mouvements de terrain comme nous pourrions le voir dans la troisième partie.

On peut la mesurer à l'aide de certains dispositifs appropriés, ou bien l'évaluer par l'intermédiaire de formules (Choisnel E., 1988). Actuellement, l'utilisation des micro-ordinateurs dans les stations de Météo France et les Instituts Techniques Agricoles permet d'utiliser les formules les plus complètes et les plus proches de la réalité physique.

La formule de Penman est désignée actuellement, comme étant la mieux fondée et la plus proche de la réalité physique car elle s'intéresse à l'analyse physique des échanges énergétiques entre un couvert végétal et l'atmosphère. Cette formule elle-même a connu plusieurs variantes de la part de son auteur et a fait l'objet de modifications ultérieures (Choisnel E., 1988).

Avant d'analyser les valeurs de l'ETP, nous allons essayer de comprendre comment Penman est arrivé à cette formulation de l'ETP.

2.3.1. Le bilan d'énergie de surface.

Etant donné qu'un couvert végétal ne peut stocker une quantité de chaleur significative, l'équation du bilan s'écrit ainsi :

$$(1) \quad R_N + LE + H + G = 0$$

R_N : Rayonnement net (W/m^2)

LE : Densité de flux d'évaporation (W/m^2)

H : Densité de flux convectif de chaleur (W/m^2)

G : Densité de flux de conduction dans le sol (W/m^2)

Chaque flux (figure 18) est compté positivement s'il représente un gain pour la surface, et négativement dans le cas contraire. Dans l'équation, la densité de flux R_N est appelée

rayonnement net. Il correspond au bilan de tous les échanges faisant intervenir une absorption de rayonnement reçu ou une émission de rayonnement par la surface.

2.3.1.1. Le rayonnement net de surface.

Ce flux joue un rôle particulier dans le bilan d'énergie. Il représente l'énergie disponible au niveau de la surface.

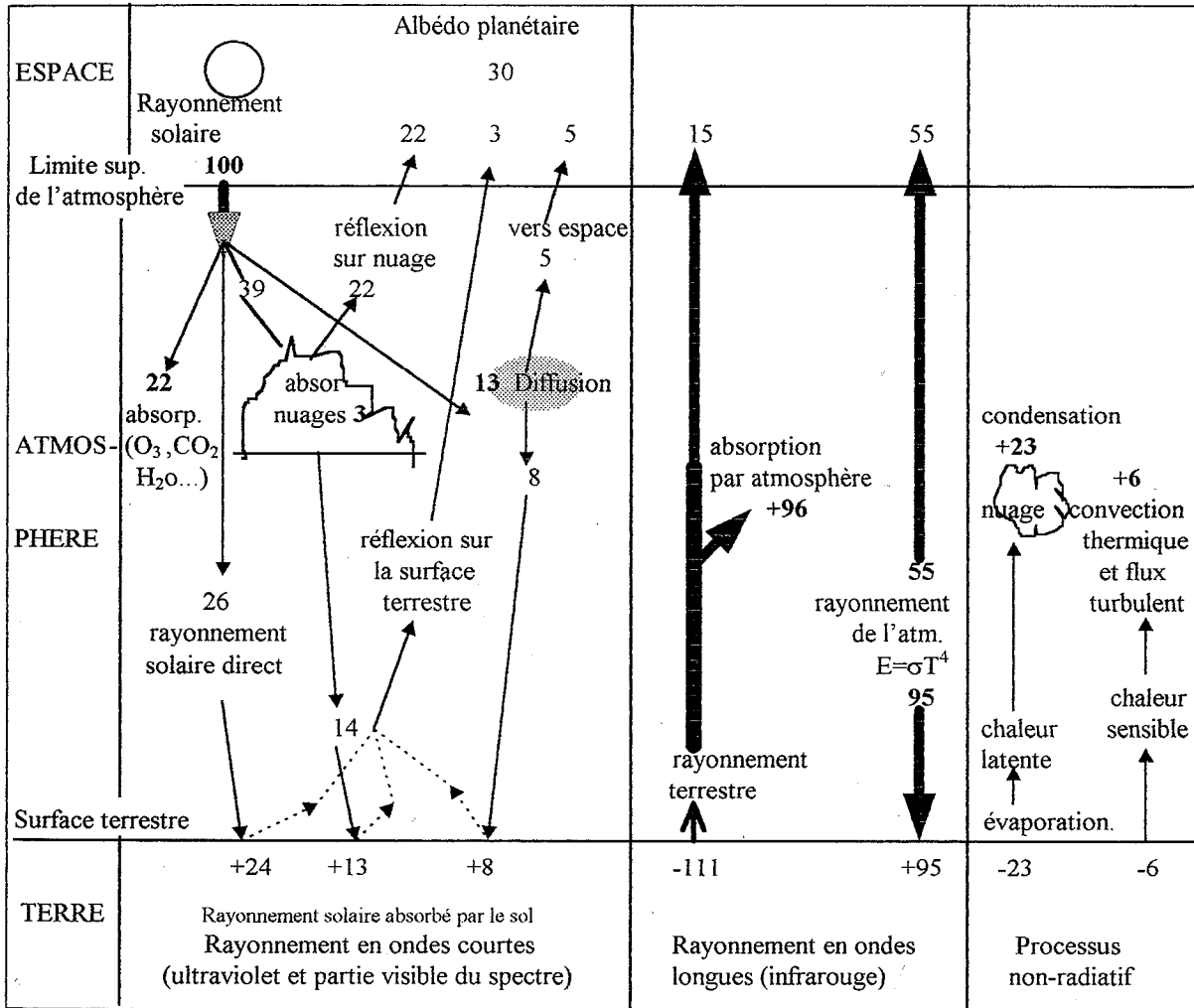


Figure 20 : Bilan thermique de l'atmosphère et de la surface de la terre (d'après P PAUL).

Son équation est la suivante :

(2)

$$R_N = (1-a) R_g + R_a - R_t$$

RN : Rayonnement net

Rg : Rayonnement solaire global

Ra : Rayonnement atmosphérique infrarouge descendant de grande longueur d'onde

Rt : Rayonnement terrestre ascendant de grande longueur d'onde

a : Albédo du système sol - végétation (a=0.20)

2.3.1.2. Les flux de chaleur sensible et latente

Dans l'équation (1) du bilan d'énergie de surface, les 3 flux d'évaporation (LE), de convection (H) et de conduction sont censés dissiper l'énergie disponible au niveau de la surface (R_N).

Le flux de conduction dans le sol correspond à un transfert de chaleur de proche en proche dans les profondeurs du sol. Il est systématiquement négligé (à l'échelle de l'heure ou de l'année) et supposé égal à 0 dans les calculs d'évapotranspiration. Il ne joue un rôle important qu'au niveau de l'heure.

Les flux de convection et d'évaporation correspondent tous les deux à un phénomène turbulent. Ainsi le transfert de chaleur sensible (H) se traduit par convection thermique. Le flux de chaleur latente (LE) résulte pour sa part de l'évaporation physique de l'eau et de la transpiration des plantes.

2.3.2. Les équations de l'ETP.

La formule correcte de l'ETP ne peut être fondée que sur l'application de l'équation du bilan d'énergie.

Il existe différentes formules physique de l'ETP : l'ETP Penman et l'ETP Penman Monteith.

2.3.2.1. La formule de Penman

La formule de Penman est dérivée de l'équation du bilan d'énergie. Elle n'est valable que pour un une nappe d'eau libre ou pour un gazon constamment mouillé.

(3)

$$ETP = \alpha_1 ETP_1 + \alpha_2 ETP_2$$

avec (4)

$$ETP_1 = \frac{1}{R_n^*} * \frac{P'(T_a)}{L * P'(T_a) + \gamma}$$

(5)

$$ETP_2 = \frac{\gamma}{P'(T_a) + \gamma} * E_a$$

P' : pente de la courbe de tension de vapeur saturante

γ : coefficient psychrométrique ($\gamma = 0,65 \text{ hPa} / ^\circ\text{C}$)

R_n^* : rayonnement net climatique

E_a : pouvoir évaporant de l'air. Il est calculé à l'aide de l'expression suivante

(6)

$$E_a = 0,26 * [e(T_a) - e_a] * (1 + 0,54 * u)$$

$e(T_a)$: tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air sous abri

e_a : tension moyenne de vapeur d'eau dans l'air

u : vitesse moyenne du vent à 2 m au dessus du sol (m.s^{-1})

2.3.2.2. La formule Penman - Monteith

L'approche de Penman a été étendue à un couvert végétal par Monteith (1965).

Selon la littérature anglo-saxonne, l'ETP Penman Monteith correspond à une équation combinée (Thom, 1975).

Monteith a introduit deux résistances permettant d'élargir la formule de Penman à un couvert végétal :

- la résistance aérodynamique r_a à la diffusion de la vapeur d'eau dans la couche limite au dessus du couvert
- la résistance aérodynamique interne du couvert r_c

La formule est donc la suivante :

(7)

$$ETP = \frac{\Delta (R_N - G)}{L (\Delta + \gamma)} * \frac{\gamma M_{H_2O} (e_a - e_d)}{R * T (\Delta + \gamma) * r_v}$$

avec :

Δ : pression de vapeur saturante (Pa)

R_N : rayonnement net (W/m^2)

G : densité de flux de conduction dans le sol (W/m^2)

L : flux de chaleur latente (W/m^2)

γ : coefficient psychrométrique ($\gamma = 0,65 \text{ hPa} / ^\circ\text{C}$)

$M_{\text{H}_2\text{O}}$: masse moléculaire de l'eau ($M_{\text{H}_2\text{O}} = 0,018 \text{ kg/mol}$)

$e_a - e_d$: déficit de tension de vapeur de l'air (Pa)

R : constante des gaz parfaits ($R = 8,31 * 10^{-3} \text{ kJ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$)

T : Température en Kelvin ($T = 293 \text{ K}$)

r_v : résistance du couvert (s/m)

Cette formule nécessite donc la mesure des paramètres suivants : température de l'air, humidité relative, rayonnement net, flux de chaleur du sol et vitesse du vent.

Il existe d'autres formules pour calculer l'ETP. Celles-ci sont soit physiques, soit purement statistiques.

La société Campbell utilise cette dernière formule pour calculer l'ETP de ces stations automatiques.

2.3.3. Formules simplifiées de calcul de l'ETP.

Il existe de nombreuses formules de l'ETP. Les plus utilisées en France sont celles de Penman, de Turc et de Brochet-Gerbier.

2.3.3.2. Les formules de Brochet - Gerbier

Les formules de Brochet et Gerbier sont des formules simplifiées de l'ETP Penman. L'ETP est calculée sous la forme de deux termes (un terme radiatif et terme advectif). Des coefficients décennaux ou mensuels permettent l'évaluation rapide de chacun des deux termes.

- La première formule de Brochet et Gerbier (1977) :

$$(8) \quad \boxed{\text{ETP}_{\text{mm/jour}} = m R_g + n E_p}$$

R_g : rayonnement global journalier évalué par la formule d'Angström (10)

E_p : évaporation Piche journalière. Elle rend compte de l'effet combiné du déficit de saturation de l'air et du vent.

m : la valeur de m varie de 0,0040 à 0,0064 en fonction du mois avec un coefficient de correction en fonction de la latitude qui varie de 0,88 à 1,12.

n : la valeur de n varie de 0,30 à 0,44 en fonction de la latitude avec un facteur de correction de 1 à 1,2 en fonction du mois.

Toujours d'après Seguin (1975), l'accord entre l'ETP Brochet et Gerbier et l'ETP Penman est satisfaisant notamment en période estivale.

- La deuxième formule de Brochet et Gerbier :

(9)

t : température au sol

$$\text{ETP}_{\text{mm/jour}} = m R_g + 0,26 p (t - t_n)$$

t_n : température minimale

Cette formule ne diffère de la première que par l'estimation du second terme.

Un tableau donne directement la valeur du deuxième terme en fonction de la température moyenne et de la vitesse du vent.

2.3.3.1. L'ETP Turc

Turc a établi deux formules (Chamayou H., 1994) en 1961. Celles-ci sont fonction de l'humidité relative. Ces formules sont purement statistiques.

- En atmosphère humide (HR > 50%) :

(10)
$$\text{ETP mm/mois} = 0.4 \left[\frac{t}{t + 50} \right] (R_g + 50)$$

t est la moyenne mensuelle sous abri en degrés Celsius.

R_g est le rayonnement global calculé par la formule d'Angström.

La formule d'Angström permet de calculer le rayonnement global, connaissant la latitude du lieu et la fraction d'insolation n / N qui est liée à la nébulosité du ciel.

(11)
$$R_g = I_{gA} [0.18 + 0.62 (n / N)]$$

- En atmosphère sèche (HR < 50%) :

(12)
$$\text{ETP}_{\text{mm/mois}} = 0,4 \left[\frac{t}{t+15} \right] (R_g + 50) \left[1 + \frac{(50 - \text{HR})}{70} \right]$$

HR étant l'humidité relative de l'air.

L'ETP Turc ne prend donc en compte ni la vitesse moyenne du vent, ni le déficit de saturation de l'air.

Vu la difficulté de déterminer une humidité relative moyenne, le facteur correctif quand HR est inférieur à 50%, est peu satisfaisant (Choisnel E., 1988).

L'ETP Turc ne peut donc convenir que dans des conditions climatiques moyennes.

D'après Seguin (1975) (Choisnel E., 1988), l'ETP Turc donne en climat méditerranéen, des estimations satisfaisantes en période hivernale mais sous-estime systématiquement l'ETP, en moyenne d'environ 20%, dans la période estivale.

2.3.4. Analyse de l'ETP

Seul à Super Sauze, des valeurs d'ETP sont enregistrées. Ces données sont enregistrées au pas de temps horaire ainsi que toutes les 6 minutes. Elle correspondent à l'ETP Penman Monteith.

2.3.4.1. Les moyennes mensuelles de l'ETP

L'observation des données mensuelles permet de constater des valeurs très élevées de l'ETP en Août et Septembre 1996 (figure 21). Ces valeurs ne sont pas normales. Elles correspondent au programme Mac 2406 où les données étaient enregistrées toutes les 6 minutes. L'unité de mesure de l'ETP n'était pas respectée. En effet, l'unité de l'ETP était le mm/h or ceci ne correspondait pas avec le pas de temps de la mesure de 6 minutes. Pour obtenir des données avec la bonne unité de mesure, il a été nécessaire de diviser toutes les valeurs de l'ETP du programme Mac2406 par 10. Ce calcul une fois réalisé, on obtient des valeurs d'ETP plus réalistes (figure 22). Ce calcul devra également être réalisé pour l'ETP journalière et l'ETP horaire.

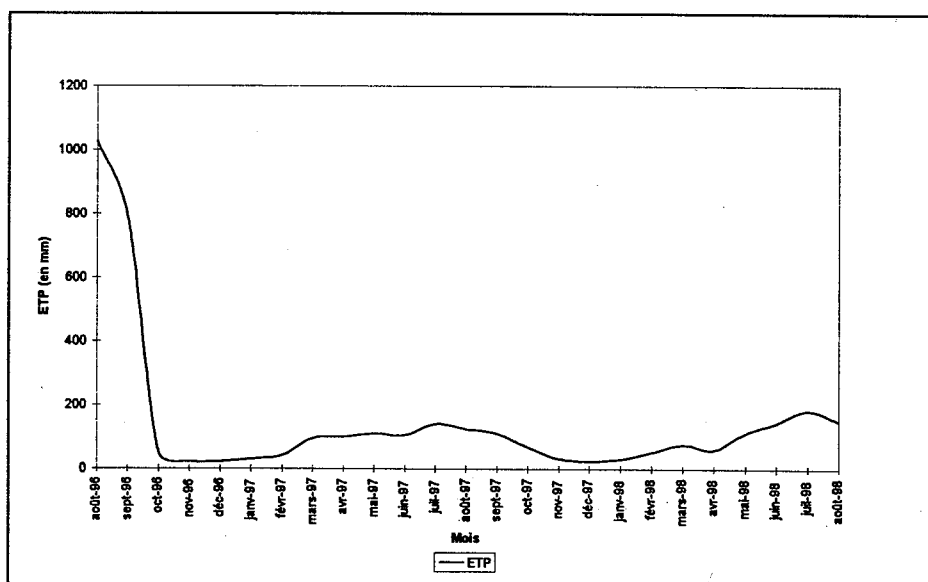


Figure 21 : ETP mensuel à Super Sauze avant correction

A présent, nous nous intéresserons uniquement aux valeurs corrigées.

L'ETP mensuel est plus faible en hiver qu'en été (figure 22). En effet, en Décembre 1996, l'ETP est de 21,6 mm alors qu'en été, les valeurs dépassent 100mm. En Juillet 1998, l'ETP était de 183 mm. Elle était 7 fois plus élevée que l'hiver précédent.

L'ETP évolue donc suivant un cycle. Elle varie de la même manière que le rayonnement. Ce dernier étant plus faible en hiver qu'en été, il est donc normal que l'ETP soit plus élevée en été.

La comparaison des données mensuelles d'une année sur l'autre permet de constater une augmentation de l'ETP au fil des années pour les valeurs extrêmes. Ainsi, les valeurs de l'ETP en Août 1996 sont plus faibles que celles d'Août 1997 qui sont plus faibles que celles d'Août 1998.

Cette évolution de l'ETP est-elle normale ou existe-t-il un problème d'étalonnage de l'appareil ?

8

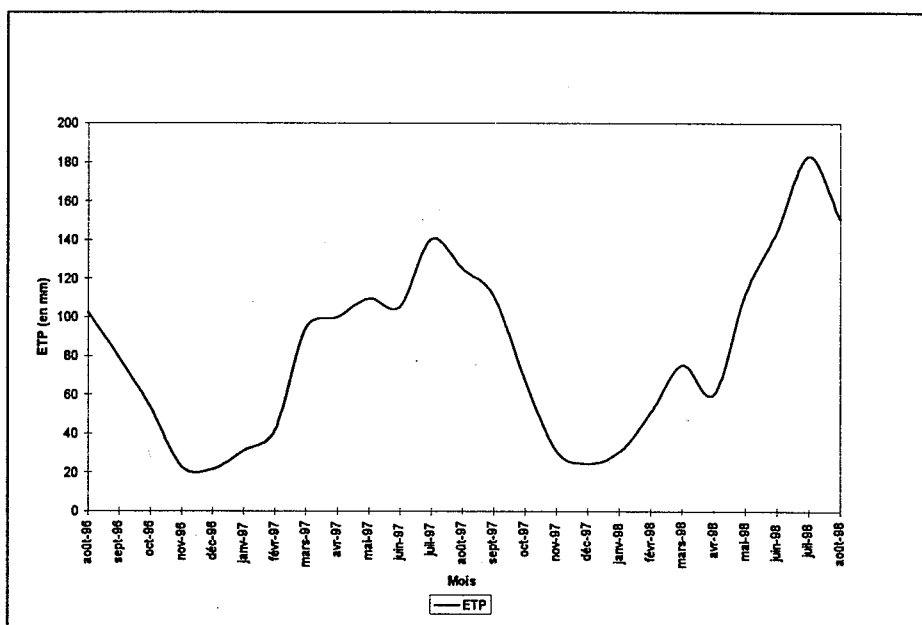


Figure 22 : ETP mensuel à Super Sauze après correction

2.3.4.2. L'ETP journalière

Les variations journalières de l'ETP sont fonction du type de temps et de la saison. En effet, lors d'un fort ensoleillement, l'ETP est très importante. Elle diminue avec la présence de nuages, pour devenir pratiquement nulle lors des précipitations.

Ainsi, la faible valeur du 21 Août 1997 (0,8 mm) peut s'expliquer par la présence de précipitations à Super Sauze. Les valeurs inférieures à 4 mm correspondent à des périodes nuageuses, voir pluvieuses.

Les variations journalières les plus importantes se situent donc durant la saison d'été. De début Novembre à fin Janvier, l'ETP journalière est inférieure à 2 mm.

2.3.4.3. L'ETP horaire

L'ETP horaire varie en fonction de l'heure de la journée (figure 23).

Ainsi, elle est pratiquement nulle la nuit et augmente la journée jusqu'à une valeur maximale située entre 11h00 et 15h00.

Suivant les saisons, la valeur horaire maximale dépassera ou non 0,1 mm. En été, l'ETP horaire maximale est plus élevée qu'en hiver.

Les valeurs horaires minimales sont quant à elles, semblables d'une saison à l'autre.

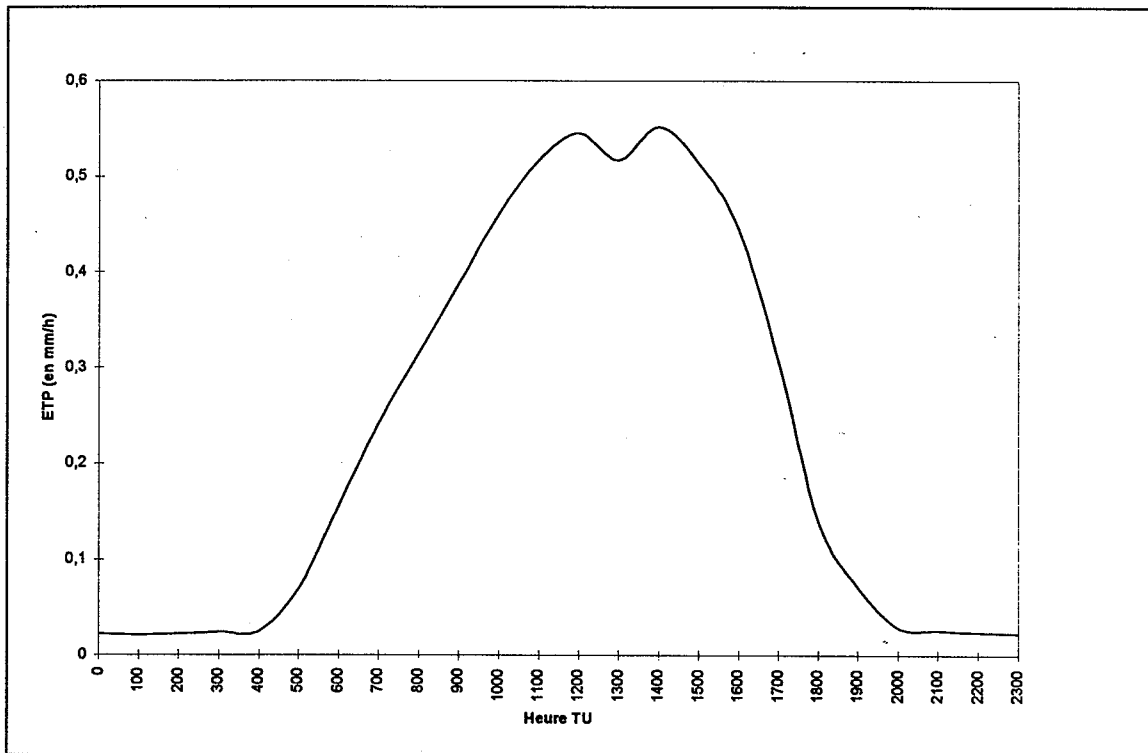


Figure 23 : ETP horaire le 22 Mai 1998.

2.4. LES PRECIPITATIONS EFFICACES

L'eau ayant une influence directe sur la stabilité des terrains et sur le déclenchement des mouvements de terrain, une analyse des relations entre la nappe et la pluviométrie doit être abordé par un bilan hydrologique.

Ainsi pour estimer la part infiltrée et ruisselée, il est possible d'utiliser la pluie efficace.

La pluie efficace correspond à la hauteur d'eau nécessaire à reconstituer la réserve utile. Cette réserve est en moyenne de l'ordre de 10 % du volume du sol. Pour une profondeur de 50 cm, elle serait donc de 50 mm. En fait, on considère comme efficace, toute pluie égale ou supérieure à 10 mm. Une pluie de cet ordre arrive à traverser n'importe quel couvert végétal et atteint le sol (Chamayou H., 1994).

Les précipitations efficaces sont donc fonctions des précipitations reçues diminuées de l'évaporation potentielle climatique qui dépend de la température, de l'humidité de l'air et du pouvoir asséchant du vent.

Cette pluie efficace peut être augmentée d'apports décalés, comme l'eau de fusion nivale.

Le calcul des précipitations efficaces se fait donc de la façon suivante :

$$P_{eff} = P - ETP$$

P_{eff} : précipitations efficaces (en mm)

P : Précipitations en mm

ETP : Evapotranspiration potentielle (en mm)

Comme seule l'ETP est enregistrée à Super Sauze, le calcul des précipitations efficaces ne concerne donc que cette station climatique.

Etant donné que les précipitations ne sont pas enregistrées en hiver à cette station, il n'est donc pas possible de connaître les précipitations efficaces en hiver.

Les précipitations efficaces ne pourront donc être analysées sur une année entière.

Les précipitations sont efficaces lorsqu'elles sont supérieures à l'évapotranspiration potentielle.

Durant les mois d'été, les précipitations étant relativement faibles et l'ETP étant élevée, les précipitations efficaces sont donc négatives.

Par contre, au printemps, les précipitations ont des valeurs élevées. A cette époque, les valeurs de l'ETP étant inférieures à celles des précipitations, il y a donc bien précipitations efficaces.

Les précipitations efficaces sont augmentées au printemps par un apport provenant de l'eau de fusion. Cette apport est difficilement mesurable.

*si c'était le sujet
du mémoire vous pouvez
on pourrait indiquer dans
cette de cela*

2.5. LES DEBITS DE L'UBAYE

Différents facteurs interviennent chacun à leur manière dans le régime hydrologique d'un cours d'eau. Ces facteurs sont très nombreux : facteurs climatiques, lithologiques, orographiques, anthropiques et biogéographiques.

Les **facteurs climatiques** (précipitations et températures) sont presque tout le temps prépondérants. Le rythme d'un cours d'eau dépend donc des facteurs climatiques.

Le **facteur lithologique** est un facteur de retouche. Il va différencier dans l'espace les données climatiques.

Le **facteur biogéographique** correspond au rôle de la végétation. La végétation va dans le sens de la pondération de l'écoulement en facilitant l'infiltration. Cette distribution des végétaux est sous l'influence des climats et des sols.

Le **facteur orographique** : le relief modifie beaucoup les régimes et surtout les stockages. Il a tendance à modifier le débit.

Le **facteur anthropique** : toutes les données peuvent radicalement être modifiées par l'homme (notamment par les barrages).

En tenant compte de ces différents facteurs, nous allons étudier le régime hydrologique de l'Ubaye.

Pour ce faire, une analyse des débits mais également d'autres paramètres hydrologiques (débit spécifique, coefficient mensuel de débit...) est nécessaire.

Cette étude va se faire en deux points différents (à Roche Rouse et à Barcelonnette). Le régime hydrologique est-il le même en ces deux points ? Existe-t-il des variations et lesquelles ?...

2.5.1. Le débit annuel

L'analyse des débits annuels pour les deux stations hydrologiques oblige à travailler sur la même période d'étude.

Rappelons que nous disposons des données de débits à Barcelonnette depuis 1904 et à Roche Rouse depuis 1960. La période d'étude pour une comparaison ne pourra donc pas débuter avant 1960.

Or à Barcelonnette, certaines années sont incomplètes. Ce sont les années 1960 - 1961 - 1963 - 1971.

Donc pour faire une bonne analyse comparée des débits moyens annuels, on ne s'intéressera qu'à la période 1972 - 1997.

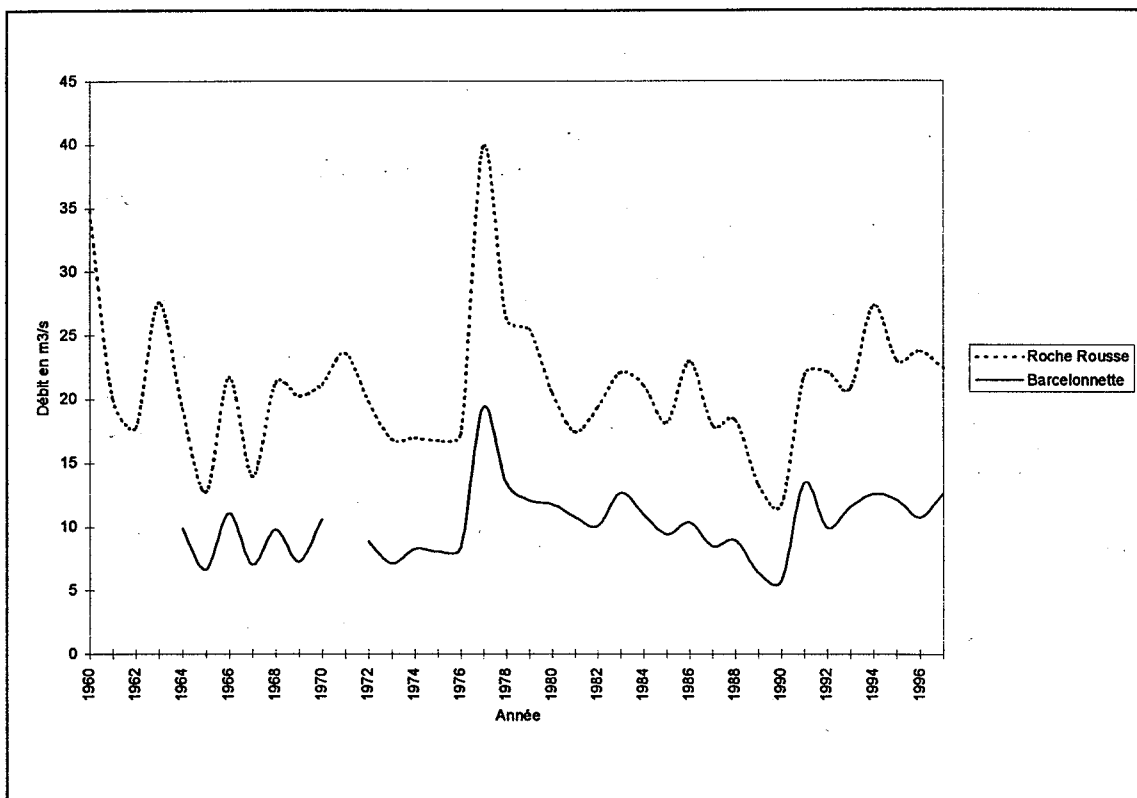


Figure 24 : Débits moyens annuels de l'Ubaye entre 1960 et 1997

Le graphique 24 permet d'apprécier les débits moyens annuels, encore appelés modules. Ainsi, les débits à Roche Rouse sont plus élevés qu'à Barcelonnette.

Malgré quelques légères variations, l'écart entre les modules de Barcelonnette et de Roche Rouse est à peu près toujours le même. Le débit à Roche Rouse est 1,6 à 2,4 fois plus élevé qu'à Barcelonnette. En moyenne, ce coefficient est de 2.

Par exemple, en 1981 comme en 1991, la variation de débit entre ces deux stations est la plus faible. Elle n'est affectée que d'un coefficient 1,6.

En 1973, le coefficient de variation est le plus élevé. Il est de 2,4.

Entre 1972 et 1979, ce coefficient est toujours supérieur ou égal à 2,0. Puis entre 1980 et 1985, il est inférieur à 2,0. Par la suite, ce coefficient s'élève à nouveau sur la période 1986 - 1990. Les variations de débits suivent donc des cycles.

Depuis 1990, on peut observer qu'une année sur deux, le coefficient dépasse 2,0. L'autre année, celui-ci varie autour de 1,8 - 1,9. Serait ce le début d'un nouveau cycle ?

L'allure des deux courbes (figure 24) est donc à peu près semblable.

A présent, analysons chaque courbe de débits moyens annuels séparément.

Les débits moyens annuels à Barcelonnette varient entre 5,75 m³/s en 1990 et 19,4 m³/s en 1977. Il peut donc pleuvoir certaines années jusqu'à trois fois plus que d'autres années.

Sur la période 1972 - 1997, le module interannuel (module sur plusieurs années) est de 10,6 m³/s.

A Roche Rouse, les modules varient entre 11,8 m³/s en 1990 et 39,8 m³/s en 1977. Les dates du maximum et du minimum correspondent avec celles du maximum et du minimum de Barcelonnette. La variation entre ces deux valeurs est également la même.

Ceci peut surprendre. En effet, la surface des bassins hydrologiques n'est pas la même aux deux stations. Le bassin hydrologique de Roche Rouse est bien entendu plus grand. On pourrait donc penser que la variation entre le maximum et le minimum serait plus importante qu'à Barcelonnette.

Sur la période 1960 - 1997, le module interannuel est pour sa part de 20,1 m³/s. Mais attention, il ne peut pas être comparé au module interannuel de Barcelonnette. En effet la période d'étude n'est pas la même. Pour ce faire, il faut calculer le module interannuel sur la période 1972 - 1997 : celui-ci est alors de 20,9 m³/s.

La comparaison des deux modules interannuels à la station de Roche Rouse montre une très faible augmentation de celui-ci. Depuis 1972, les modules annuels sont donc dans l'ensemble plus élevés qu'avant cette date.

2.5.2. Les débits mensuels.

2.5.2.1. La comparaison des débits mensuels année par année

Les courbes des débits moyens mensuels (annexe B) sont des courbes plurimodales, c'est à dire qu'elles présentent plusieurs maxima chaque année.

Ainsi il existe des courbes bimodales, trimodales...

Les années communes où l'hydrogramme de Barcelonnette et celui de Roche Rouse présente deux maxima sont : 1960, 1967, 1974, 1977, 1978, 1980, 1986. Les maxima se situent alors entre Mai-Juin pour le maximum principal et, en Octobre ou entre Décembre et Janvier pour le maximum secondaire.

L'hydrogramme des autres années présente trois maxima (1965, 1997, ...) ou plus. Les maxima se situent en Mai-Juin pour le principal et se répartissent sur les mois de Janvier, Octobre et Novembre.

Certaines années quatre maxima sont également présents : c'est le cas de l'année 1994. Dans ce cas, les maxima sont en Janvier, Septembre et Novembre pour les maxima secondaires et en Juin pour le maximum principal.

Les hydrogrammes des deux stations n'ont pas toujours le même profil.

Par exemple, en 1962, l'hydrogramme de Roche Rouse est trimodal alors que celui de Barcelonnette est bimodal ou encore en 1968, l'hydrogramme de Roche Rouse présente trois maxima et celui de Barcelonnette quatre.

Seuls les hydrogrammes de Barcelonnette en 1974 et 1995 sont unimodals. Le maximum se situe dans ce cas au mois de Juin.

Le maximum principal de Mai - Juin correspond à la fonte de la neige et aux précipitations de printemps. La recrudescence secondaire d'automne est due aux pluies de climat méditerranéen.

Les minima se situent généralement en Août - Septembre et correspondent au phénomène d'évaporation mais également aux pluies efficaces négatives. La rétention nivale affaiblit quant à elle assez nettement les moyennes de plein hiver.

2.5.2.2. Les débits mensuels moyens

Comme pour la comparaison des débits annuels moyens, nous ne pouvons nous intéresser qu'à la période 1972 - 1997 (figure 25).

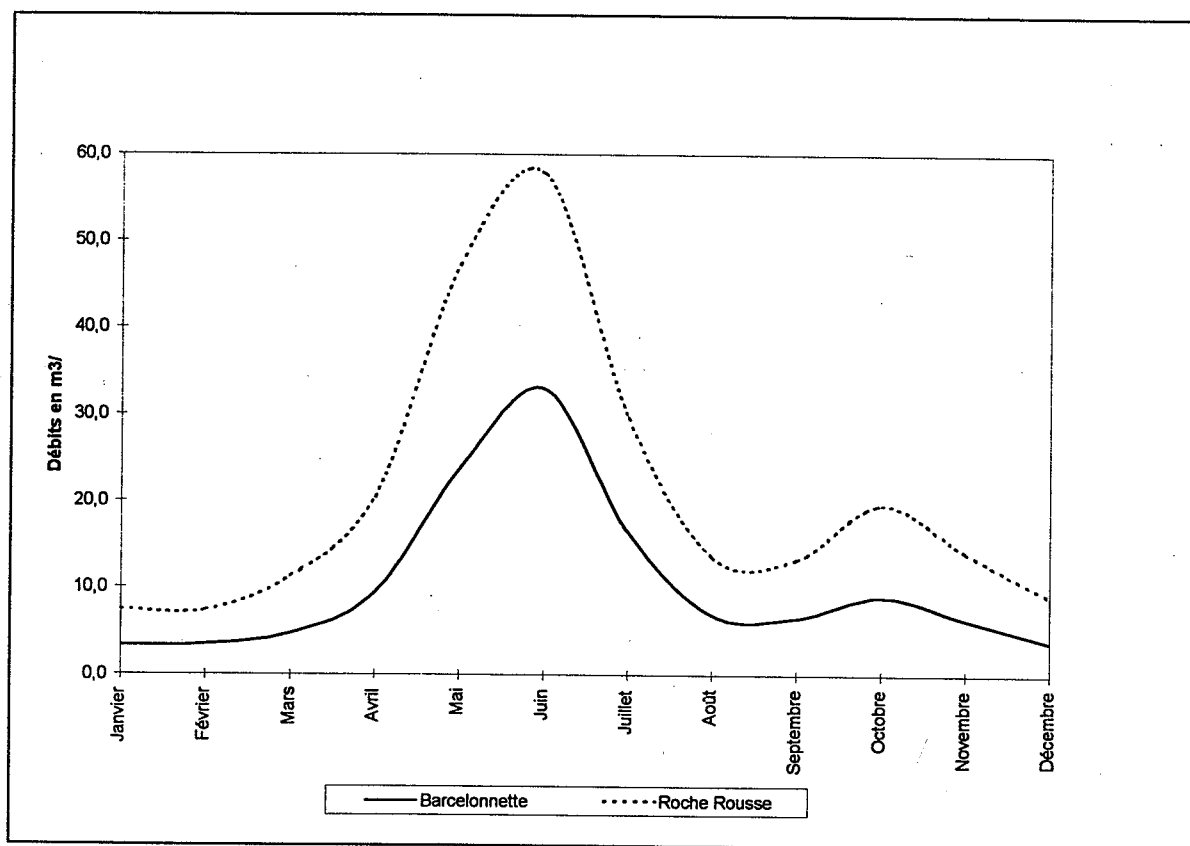


Figure 25 : Débits mensuels moyens de l'Ubaye (1972 - 1997)

Deux maxima sont présents sur cet hydrogramme de l'Ubaye. Le premier se situe au mois de Juin. Il correspond au maximum principal et est dû à la fonte de la neige et à la précipitation de printemps.

Les pluies d'automne engendrent un deuxième maximum en Octobre.

La rétention hivernale détermine un minimum d'hiver. L'évaporation crée un minimum secondaire en Août - Septembre.

Ces différentes observations permettent de nous donner une première idée du régime hydrologique de l'Ubaye.

L'Ubaye appartient au cours d'eau des régions tempérées et froides. Se situant en milieu montagnard, il y a donc un effet de dégradation. A partir des observations précédentes, on peut estimer que ce cours d'eau a un régime nival de transition.

Ceci doit être confirmé par l'analyse des coefficients mensuels de débit.

2.5.2.3. Les coefficients mensuels de débit

Le coefficient mensuel de débit (CMD) correspond au débit moyen d'un mois donné ramené au module de l'année considérée.

C'est une valeur sans unité. Généralement, ce coefficient permet de comparer tous les cours d'eau entre eux quel que soit la surface du bassin versant.

C'est un très bon moyen d'expression de la validité saisonnière.

Ce coefficient permet également de déterminer les périodes de hautes eaux ($CMD > 1$) et les périodes de basses eaux ($CMD < 1$).

A la station de Barcelonnette, les CMD (annexe B) n'ont pas pu être calculés pour toutes les années. En effet, comme certaines années sont incomplètes (débit mensuel manquant), les valeurs de débits annuels ne sont pas connues. Il nous manque donc les CMD des années 1960 à 1963 et de l'année 1971.

A Roche Rouse, aucun problème ne se pose. Disposant de toutes les données mensuelles de débit depuis 1960, tous les CMD ont donc pu être calculés (annexe).

La comparaison des CMD aux stations de Barcelonnette et de Roche Rouse montre quelques variations (figure 26).

Les CMD supérieurs à 1, sur la période 1972 - 1997, se répartissent du mois d'Avril au mois de Juillet à la station de Roche Rouse. A Barcelonnette, la période des hautes eaux ne se situe que de Mai à Juillet.

La station de Barcelonnette se situant à 1132 m d'altitude, la fonte des neiges est plus tardive qu'à la station de Roche Rouse située à 790 m. Au mois d'Avril, les premières fontes de neige commencent à basse altitude alors que les sommets restent généralement encore bien enneigés à cette époque de l'année. Ceci explique l'élévation plus rapide des CMD au mois d'Avril pour la station la plus basse.

Au mois de Mai, la fonte des neiges s'accroît et les précipitations de printemps allant, les CMD augmentent encore plus rapidement pour atteindre leur maximum au mois de Juin.

En Juillet, il serait intéressant de savoir à quoi correspondent les fortes valeurs de CMD ? Serait-ce dû aux précipitations, à la fonte de la neige... ? On peut estimer qu'à cette période de l'année, toute la neige a presque fondu, à moins que le temps et surtout les températures aient été faibles les mois précédents. Dans ce dernier cas, les valeurs des

mois de Mai et Juin ne seraient alors certainement pas si élevées ! Les hautes eaux présentes au mois de Juillet correspondent en partie au reste de la fonte des neige. La comparaison des précipitations au mois de Juillet avec les valeurs des débits et des CMD sera faite quant à elle dans le prochain chapitre.

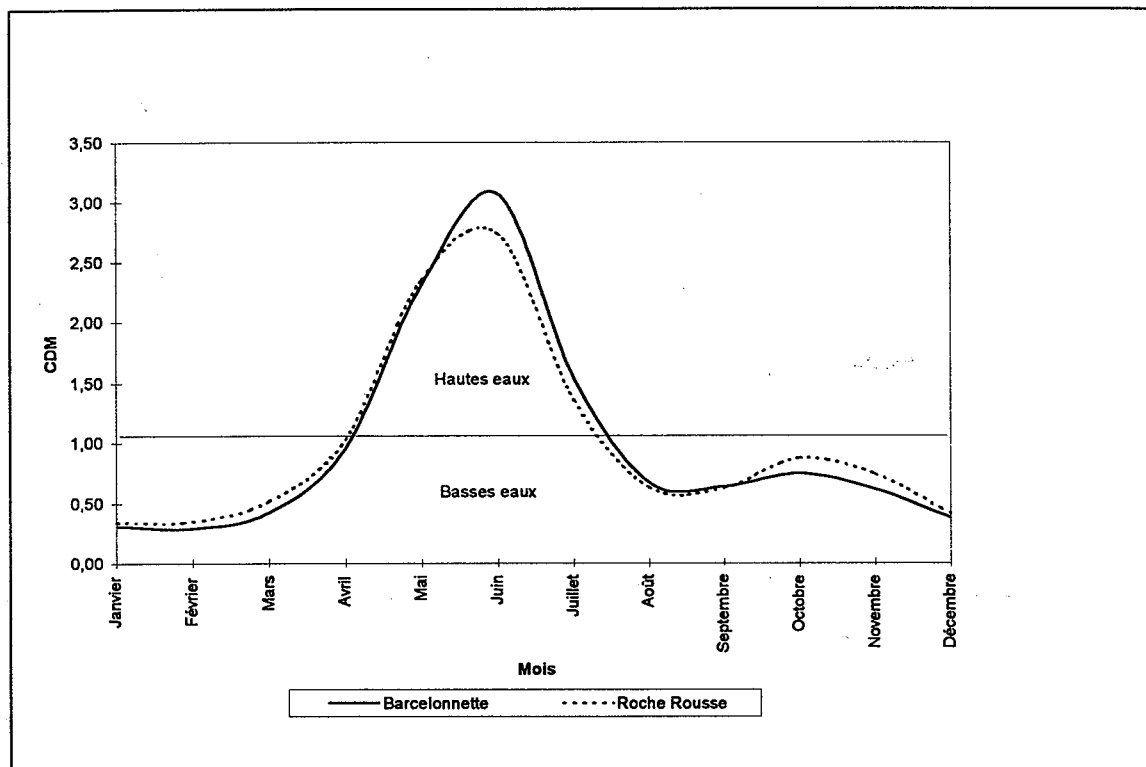


Figure 26 : Les coefficients mensuels moyens de débit de l'Ubaye à Barcelonnette et Roche Rousse (1972- 1997).

Les basses eaux se répartissent tout le reste de l'année.

Sur la période 1972 - 1997, le CMD minimum se situe aux mois de Janvier (CMD = 0.34) pour la station de Roche Rousse et au mois de Février (CMD = 0.29) pour la station de Barcelonnette. Il correspond à la période de rétention nivale. A Roche Rousse, le CMD du mois de Février, est également très faible puisqu'il est de 0.35.

En automne, une petite recrudescence des CMD est visible. Celle ci est à mettre en relation avec les précipitations.

Si l'on fait une comparaison des coefficients mensuels de débit année par année pour les deux stations, on peut noter que certaines années les périodes de hautes eaux et de basses eaux se situent au même moment. Il en est ainsi pour les années 1964, 1967, 1968, 1972, 1973, 1975, 1976, 1979, 1980, 1990, 1994, 1995.

Certaines années, les variations mensuels de CMD sont identiques. Ainsi, pour les années 1964, 1967 et 1995, la période des hautes eaux se situe entre le mois d'Avril et le mois

de Juillet. Pour les années 1972 et 1980, les hautes eaux se situent entre les mois de Mai et Juillet.

Certaines années, il se produit deux périodes de hautes eaux, la deuxième période se situant durant les mois d'automne. Ceci est à mettre en relation avec les précipitations d'automne. C'est le cas à Roche Rousse pour les années 1960, 1965, 1966, 1968, 1973, 1975, 1976, 1979, 1982, 1987, 1988, 1990 à 1994. A Barcelonnette, ce sont pratiquement les mêmes années qui sont caractérisées par ce phénomène.

2.5.2.4. La relation entre le débit et les précipitations

L'étude de la figure 27 permet de constater que les débits n'augmentent pas en même temps que les précipitations. Il y a toujours un décalage.

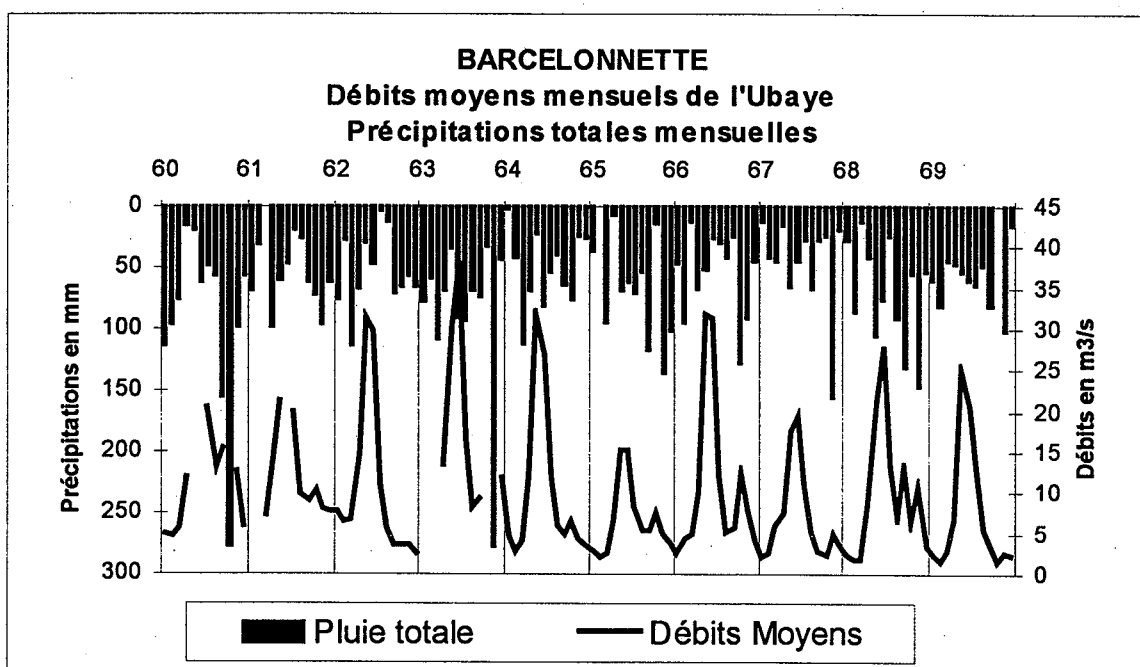


Figure 27 : Comparaison des débits et précipitations à Barcelonnette

En hiver, les précipitations se faisant principalement sous forme neigeuse, le débit de l'Ubaye augmente peu.

Un pic est toujours présent au printemps. Il correspond à la fonte de la neige et aux précipitations de printemps.

Un deuxième pic est généralement présent en automne. Il faut le mettre en relation avec les précipitations importantes de cette saison.

2.5.2.5. Conclusion

A partir de l'analyse des coefficients mensuels moyens de débit, il est donc possible de déterminer à présent le régime hydrologique de l'Ubaye.

Sur la période 1972-1997, nous pouvons estimer que l'Ubaye a un **régime nival de transition**. Ce régime se révèle être un peu moins complexe que le régime nivo-pluvial et le régime pluvio-nival. Il est caractérisé par un maximum en Mai ou en Juin, un minimum principal dû à la rétention, en plein hiver, une recrudescence légère ou un palier des moyennes en automne. Il caractérise le Bréda, le Giffre, la Garonne supérieure... et donc également l'Ubaye.

Certaines années, le régime hydrologique ressemble plus à un régime nivo-pluvial. Le régime nivo-pluvial est généralement caractérisé dans les Alpes du Sud par un étiage d'été accentué. La recrudescence secondaire d'automne, due aux pluies de climat méditerranéen, tend à égaler le maximum semi-nival d'Avril-Mai. Ce régime caractérise également le Verdon.

2.6. CONCLUSION

L'analyse des différentes variables climatiques et hydrologiques nous a donc permis de dégager l'importance de l'altitude sur ces dernières.

L'installation d'une station sur le versant adret permettrait d'affiner cette étude en montrant la relation existante entre l'exposition et les variations climatiques.

Mais avant cela, il serait nécessaire d'installer un pluviomètre chauffant à la station de Super Sauze. Il permettrait :

- une analyse des précipitations hivernales en altitude
- le calcul des précipitations efficaces.

L'étude de données d'enneigement aurait également été intéressante or l'acquisition n'en a pas été possible.

Ces données sont relevées chaque semaine à la station météo de l'Alp (2000 m), située sur la commune de Sauze. Les différentes hauteurs de neiges sont enregistrées sur le serveur « Chorus » de Ski - France.

Cette société enregistre toutes les hauteurs de neige pour toutes les stations françaises. A ce jour, l'organisation de leurs fichiers empêche de récupérer uniquement les hauteurs de neige pour une station donnée.

Ces différentes variables vont à présent nous permettre de cerner le degré de relation entre les aléas et les conditions climatiques.

3. ESSAI DE DETERMINATION
D'INDICES CLIMATIQUES
FAVORABLES AUX MOUVEMENTS
DE TERRAIN

La connaissance des conditions climatiques et hydrologiques affectant l'environnement des mouvements de terrain est primordiale dans la mesure où ces facteurs peuvent jouer un rôle déterminant dans le comportement des masses instables (DUTI, 1985).

C'est dans le but de rechercher s'il existe une relation entre les paramètres climatologiques ou hydrologiques et les mouvements observés que les travaux précédés ont été entrepris (partie 2).

Il est important de relever que le type d'information météorologique disponible oriente le choix des séquences d'observation de mouvements (DUTI, 1985).

Un état des connaissances sur les aléas dans le bassin de Barcelonnette a été réalisé par Amiot et Nexon (1995).

Une base de donnée comprenant près de 1000 références est disponible sur fichier informatique. Pour les différents cas recensés, les dates sont connues au jour près, au mois ou à la saison, ou encore à l'année.

Ainsi, le nombre de mouvements de terrain enregistrés jusqu'en 1995 s'élève à 160. Ces mouvements de terrain se répartissent en glissement (83), en éboulement (50), en coulée (15), en affaissement (1), en chute de blocs (8) et en effondrements (2).

Après avoir défini les différents mouvements de terrain, nous allons donc nous attacher à deux ou trois mouvements dans le but de définir des indices climatiques favorables à ces mouvements.

3.1 LES MOUVEMENTS DE TERRAIN

Il s'agit d'une catégorie qui regroupe toutes les instabilités affectant la surface du sol, les formations superficielles. Elle regroupe aussi bien les glissements que les coulées, les chutes de blocs...

Dans le bassin de Barcelonnette, seul 5 types de mouvements ont été répertoriés : le glissement, la coulée, la chute de bloc, l'affaissement et l'effondrement.

Il convient de distinguer trois périodes dans tous les mouvements :

- Une **phase de préparation** pendant laquelle diverses agents (atmosphériques, lithologiques, géologiques, hydrologiques, anthropiques...) interviennent dans un processus de prédisposition des éléments. Cette période peut être longue et le poids de chaque « agent perturbateur » est difficile à évaluer.
- Une **phase de déclenchement** généralement très brève où l'instabilité se déclare.
- Des **phases de réactivation** à plus ou moins longue échéance. La modification des conditions initiales redistribue la responsabilité des différents facteurs. Il est par exemple admis que les relations en période de réactivation et les conditions climatiques soient plus étroites (EPFL 1985).

L'excès d'eau est un point commun à tout mouvement de terrain. Cette eau peut être présente dans le versant sous la forme d'une nappe phréatique en profondeur ou un cours d'eau en surface, assimilable à un réservoir qui se remplit ou bien se vide au rythme des alimentations (pluie, eau de fonte des neiges,...) ou des prélèvements jusqu'à aboutir à une situation critique d'instabilité.

Toute la question est de connaître les situations climatiques qui permettent le remplissage et le débordement de ce réservoir.

3.1.1. Le glissement

D'après Humbert (1983), il s'agit d'un déplacement plus ou moins continu, lent ou rapide de matériaux meubles ou rocheux suivant une ou plusieurs surfaces de cisaillement définies, visibles ou non (Amiot A. & Nexon C., 1995). Cette surface a des limites latérales et amonts précises.

Les glissements sont donc très variés, ceci en raison de la nature et la taille des matériaux.

Jusqu'en 1995, 83 glissements ont été recensés dans le bassin de Barcelonnette dont le plus connu est certainement celui de la Valette.

3.1.2. La coulée

La coulée est considérée comme un écoulement où les grains ont perdu leur cohésion.

Elle peut être variée selon les éléments qu'elle transporte. En effet, il existe des coulées de blocs, de débris ou encore de sol.

Si plus de 50 % de la fraction solide est petite (< 2 mm), on parle de coulée de terre, si au contraire, cette fraction est grosse (> 2 mm), c'est une coulée de débris.

Les coulées peuvent parcourir de grandes distances sur des versants peu abrupts mais avec une importante vitesse de déplacement.

16 coulées ont été recensées, dont par exemple, dans le Provençal du 28/08/87 la coulée de boue qui a emporté 15 moutons à Jausiers, non loin du col de Restefond. Elles correspondent toutes à des coulées de terre, résultant le plus souvent de glissements (Amiot A. & Nexon C., 1995).

3.1.3. La chute de blocs

La chute de blocs est un mouvement libre de matériaux qui se détachent d'une falaise. L'immobilisation des blocs dépend de la topographie.

Elle se définit par 3 caractéristiques : l'origine des blocs, le mode de déplacement en chute libre ou par rebonds successifs et la rapidité du mouvement.

Les fragments sont de tailles et d'origines diverses : écaillés, débris préexistants dans une formation de type morainique.

En fonction de la taille et du volume des débris, on distingue :

- la chute de débris : volume < 10 m³
- la chute de boules : volume < 10-100 m³
- la chute de blocs : volume > 100 m³
- l'écroulement : volume de 10⁴ - 10⁶ m³
- les bergsturz (chutes avec déplacement très important) : volume > 10⁶ m³

Des chutes de blocs se localisent au Pas de Grégoire à Jausiers, les plus fréquents étant localisés dans la commune d'Uvernet - Fours le long de la RN 202 sur 6 kilomètres.

3.1.4. Les affaissements et les effondrements

Dans le bassin de Barcelonnette, ces deux phénomènes sont très rares puisqu'il n'y a eu qu'un effondrement et un affaissement.

Un affaissement se caractérise par un mouvements lent. Il correspond à un mouvements d'abaissement du sol sous l'effet de mouvements tectoniques ou sous l'influence des forces externes (effondrement de cavités naturelles ou souterraines).

On oppose souvent effondrement à affaissement car à l'inverse de ce dernier, l'effondrement correspond à un affaissement brusque du sol.

3.2. DEFINITION D'INDICES CLIMATIQUES DE PREDISPOSITION AUX MOUVEMENTS DE TERRAIN

A partir de différents exemples, nous essaierons à présent de déterminer des indices climatiques favorables aux mouvements de terrain, ceci dans un but de prévention du bassin de Barcelonnette.

Pour ce faire, nous ne pourrons pas prendre en considération toutes les variables climatiques étudiées précédemment.

En effet, les données ultérieures à 1995 ne seront pas utiles car à ce jour nous ne possédons que les données sur les mouvements de terrain antérieures à 1995.

Les données de Super Sauze ne pourront donc pas être prises en compte.

A ce jour, quatre grands glissements visibles à l'œil, sont présents dans le bassin de Barcelonnette :

- Le glissement de Poche (avant 1924)
- Le glissement de Super Sauze (aux environs de 1940)
- Le glissement de la Valette (Mars 1982)
- Le glissement du Bois Noir (Avril 1993)

3.2.1. Le glissement de la Valette

3.2.1.1. Un petit historique du glissement...

Ce glissement de terrain situé sur le versant de l'Adroit débute en Mars 1982 par une rupture profonde induite par des terres noires saturées en eau au niveau d'une ligne de sources et de sagnes (Article de Presse régionale).

Le poids de ces matériaux a pesé sur les moraines glaciaires très argileuses à l'aval qui ont alors été déstabilisées et ont commencé à glisser sur le socle rocheux.

Au contact entre le flysch très fracturé et les terres noires imperméables, il y a des venues d'eau importantes, qui imprègnent les matériaux du glissement et entretiennent le mouvement.

Ce glissement est régulièrement soumis à des phases de réactivation (1984 - 1985 - 1986 - 1989 - ... - 1996).

Le fonctionnement du glissement est donc a priori connu.

Nous allons pour notre part, essayer de dégager les conditions climatiques qui ont engendré ce glissement.

3.2.1.2. La relation entre les paramètres climatiques et le glissement

- La phase de déclenchement :

Lors du premier glissement en 1982, les précipitations annuelles étaient en-dessous de la moyenne annuelle de la période 1954-1997. Il en est de même pour les deux années précédentes.

L'étude des précipitations annuelles n'est donc pas intéressante pour ce glissement. Il serait préférable de s'intéresser aux précipitations mensuelles, voir journalières.

Le mois de Décembre 1981 présente de fortes précipitations (204,4 mm) ayant pour conséquence un stock de neige considérable.

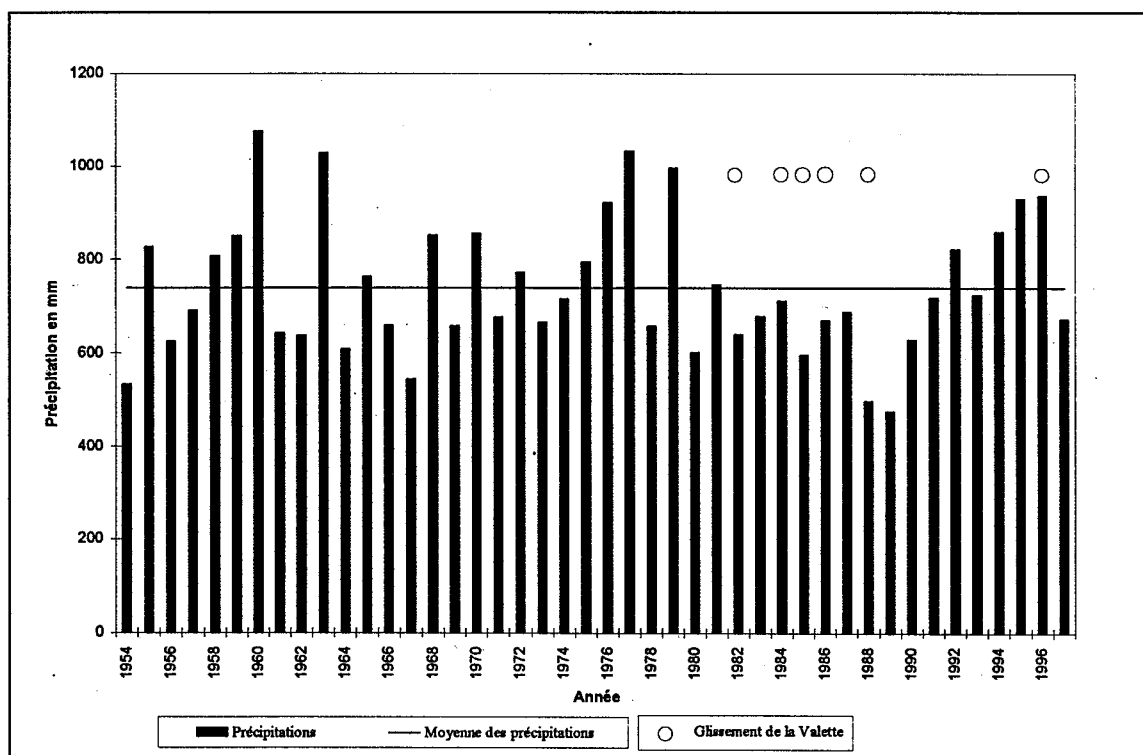


Figure 28 : Comparaison entre les précipitations de Barcelonnette et les dates des glissements de la Valette

En effet, celles-ci sont 4 fois plus élevées que la moyenne des mois de Décembre de la période 1954 - 1997.

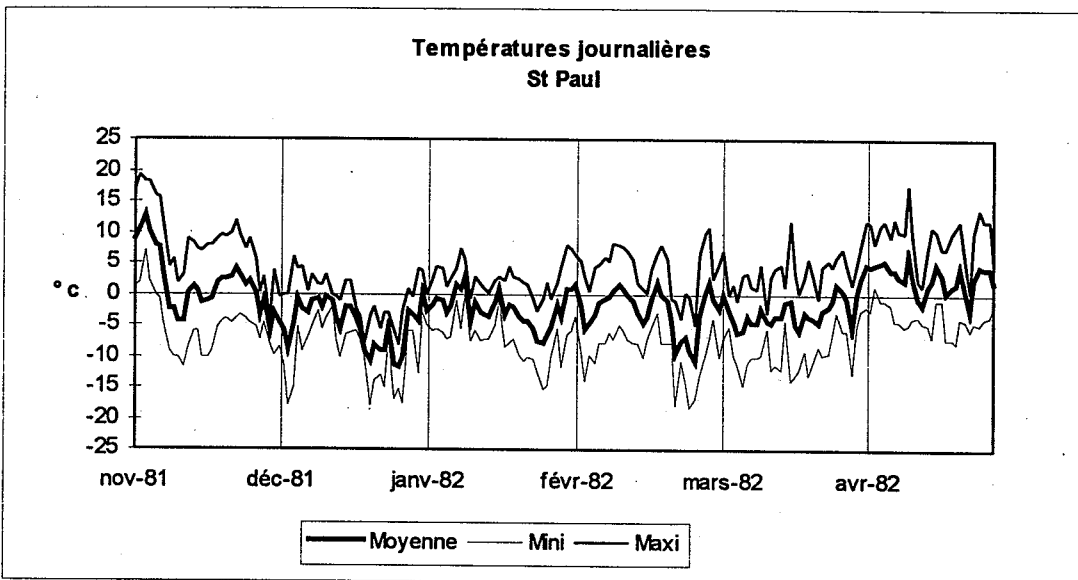
Il est nécessaire de rappeler que les précipitations de Septembre 1981 à Décembre 1982 n'ont pas été enregistrées pour le poste de Barcelonnette. Elles ont été reconstituées par une régression simple (Sommen Y., 1995) à partir de celles de Jausiers Lans le Serret.

Les données reconstituées représentent-elles bien la réalité des choses ? la sous estime - t- elle ? la sur estime - t- elle ?

Les mois de Janvier à Mars ont connu pour leur part des précipitations inférieures à la moyenne de la dite période.

Le glissement de terrain de la Valette pourrait donc être la conséquence d'une importante fusion de la neige au mois de Mars. Pour vérifier ceci, l'étude des températures lors du déclenchement est indispensable.

En l'absence de données de température en 1982 au poste de Barcelonnette, ce sont celles du poste de St Paul dans la vallée de la Haute Ubaye (à 8 kilomètre au Nord-Est et à 1900 m d'altitude) qui ont été utilisées malgré une différence d'exposition et d'altitude (Teslec, 1996).



après

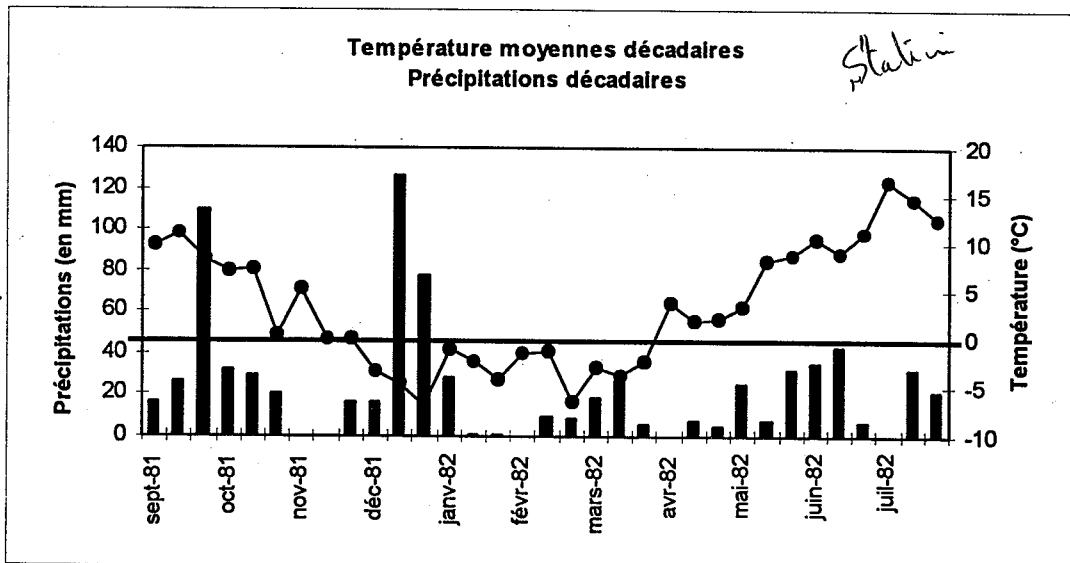


Figure 29 : Les conditions climatiques lors du déclenchement du glissement de terrain de la Valette *après*

Entre Décembre 1981 et Mars 1982, les températures moyennes journalières à St Paul étaient négatives. Certains jours, cette moyenne était juste au-dessus de 0°C. Les températures maximales étaient généralement en dessous de 5°C et plus rarement entre 5 et 10°C. Ces températures ont tendance à augmenter au fur et à mesure de l'année. Elles sont donc supérieures en Mars 1982 qu'en Décembre 1981 ou Janvier 1982. Cependant, certains jours du mois de Mars 1982, les températures sont inférieures à celles de Janvier (figure 29a). Les températures moyennes décadaires ne sont devenues positives qu'en Avril 1982 (figure 29b).

Il est donc peu vraisemblable que le glissement de la Valette soit la conséquence de la fonte de la neige puis que les températures décadaires ne sont positives qu'à partir du mois d'Avril 1982 à St Paul.

Mais existe-t-il une grande variation de température entre St Paul et la Valette ? La pente influe sur les températures ; or à St Paul, les versants sont plus raides qu'à la Valette. Les températures à la Valette sont donc certainement plus élevées.

De plus, les débits de l'Ubaye de Janvier à Mars 1982 correspondent à la moyenne des débits mensuels de 1960 à 1997.

Le mois d'Avril 1982 ne présente pas quant à lui, une élévation du débit considérable. Le débit reste toujours dans la moyenne.

Aucune anomalie est donc à noter quant au débit de l'Ubaye en 1982.

Peut-on toujours penser que le glissement de Mars 1982 correspondrait à une importante fusion nivale ?

Si cela était le cas, pourquoi n'observe-t-on pas une augmentation brutale du débit de l'Ubaye à Barcelonnette dans les mois qui suivent ?

D'autres facteurs ont donc pu intervenir lors de ce glissement.

Ainsi, les secousses sismiques, l'exposition du versant (Sud-Ouest), le rôle du vent ont également pu avoir un rôle dans ce glissement.

En effet, les 8 et 25 Mars 1981, des secousses sismiques avec une magnitude respective de 2,8 et 2,7 se sont produites à quelques kilomètres du bassin. Mais le glissement avait-il déjà eu lieu lors de la première secousse ? S'est-il déroulé entre les 2 secousses ? ou bien encore après les 2 secousses ?

Tant que la date du déclenchement ne sera pas connue plus précisément, il sera donc impossible de le dire.

- Les phases de réactivations :

Le glissement de la Valette est un glissement encore actif à ce jour. En effet, depuis son déclenchement, de nombreuses phases de réactivation se sont produites.

Depuis dix ans, le glissement de la Valette est placé sous haute surveillance par le Service de Restauration des terrains de montagne (RTM) grâce à un suivi et à des mesures des mouvements du glissement.

La première phase de réactivation date de Juin 1983. Elle est suivie par d'autres périodes en 1984, 1985, 1986, 1988, 1989,...

A ces dates, les mouvements de terrain étaient de 45 cm par jour. Depuis Novembre 1992, un net ralentissement du glissement a été enregistré. En effet, à ce jour, les mouvements de terrain ne sont plus que de 1,5 cm par jour (article de Presse Régionale).

Les différentes phases d'évolution et de **réactivation du glissement** correspondent toutes à de **fortes précipitations**.

Les précipitations sont généralement supérieures à 80 voir 100 mm dans les deux ou trois mois qui précèdent. Bien sûr, il existe toujours des cas exceptionnelles mais il est certain que toute **précipitation supérieure à 120 mm** provoque une **réactivation du glissement**.

Ceci se vérifie pour de nombreuses phases de réactivation.

Ainsi en Avril et Mai 1983, les totaux mensuels étaient supérieurs à 120 mm ; ils étaient respectivement de 134,6 mm et 151,8 mm. Ces précipitations accompagnées de la fonte de la neige ont provoqué en Juin 1983 une réactivation du glissement.

En Août 1984, une autre période de réactivation s'est produite. Celle-ci est certainement la cause des fortes précipitations de printemps. Les orages d'été, toujours plus nombreux au mois d'Août, peuvent également avoir provoqués un engorgement très rapide du sol. Pour ce cas, il serait donc intéressant de connaître la date exacte de réactivation pour permettre une comparaison avec les précipitations journalières du mois d'Août.

Mais d'autres périodes de réactivation ne correspondent pas avec une augmentation brutales des précipitations.

En Avril 1985, lors du glissement, les précipitations n'étaient pas trop élevées. Elles n'étaient que de 32,4 mm en Avril et de 48,4 mm en Mars. Ces précipitations étaient même en-dessous de la moyenne réalisée sur la période 1954 - 1997.

A quoi ce glissement est-il donc dû si ce n'est aux précipitations ? Peut-être que l'effet des précipitations a été augmenté par une secousse sismique, comme en Mars 1982 lors du déclenchement ? ...

Le même problème subsiste en Janvier 1988. Les précipitations à Barcelonnette ainsi que le débit de l'Ubaye sont faibles. Seuls les précipitations du mois d'Octobre sont importantes et dépassent 120 mm.

Il me paraît donc peu vraisemblable que ces précipitations soient en cause.

En effet, les mois de Novembre à Janvier ont généralement des températures froides, le sol est donc gelé et recouvert d'un manteau neigeux.

Des investigations plus poussées seraient donc nécessaires pour établir la ou les causes exactes de ces glissements. Ils seraient en effet intéressants de connaître précisément les températures à proximité du glissement. La lecture de certains articles de la Presse Régionale (précédant le déclenchement) pourrait peut-être également apporter des informations intéressantes quant à la météorologie, la sismicité...

3.2.2. Le glissement de Super Sauze

3.2.2.1. L'évolution du glissement

Le glissement de Super Sauze a débuté vers 1940, l'événement majeur étant identifié entre 1978 et 1982.

Il correspond à un glissement coulée dans un secteur initial formé de badland.

Dès 1971, de petits glissements de terrain superficiels mobilisent le matériel morainique au sommet d'une ravine.

Entre 1971 et 1978, un premier escarpement généré par un écroulement rocheux est détecté.

Puis en 1978 et 1982, deux mouvements de masse importants se distinguent nettement au pied de l'escarpement principal. A l'aval, des coulées boueuses sont présentes.

En 1988, le front de la coulée s'est avancé d'environ 180 mètres.

En 1995, la coulée s'est encore allongée d'une dizaine de mètres.

3.2.2.2. Les causes des déplacements de matière de 1978 et 1982

Le problème pour ces deux déplacements est celui de la date.

En effet, il va être difficile de définir des relations entre les variables climatiques et les déplacements.

En 1978, le déplacement important de matériel est certainement la conséquence des fortes précipitations de l'année précédente.

Effectivement, en 1977, les totaux pluviométriques annuels à Barcelonnette sont de 1032,3 mm. Depuis 1963, où les totaux pluviométriques avaient atteint 1027,6 mm, de telles valeurs n'avaient plus jamais été atteintes.

En Janvier 1978, les précipitations mensuelles sont encore très élevées puisqu'elles sont de plus de 173,7 mm.

Mais il ne faut pas oublier que ces mesures proviennent du poste de Barcelonnette situé à 1140 m et que le glissement de Super Sauze se situe pour sa part à plus de 1750 m. Les totaux pluviométriques ne sont donc pas les mêmes.

Dans le chapitre précédent, nous avons pu voir que les précipitations n'augmentent pas toujours avec l'altitude. A Super Sauze, depuis l'installation de la station automatique, la logique est bien respectée. Les précipitations mensuelles sont toujours supérieures à celles de Barcelonnette.

On peut donc estimer qu'il en était de même en 1977 et 1978.

Les débits de l'Ubaye étaient également très élevés à cette époque, conséquences des fortes précipitations mais également de la saturation des sols.

En 1977, le débit moyen était de 19,4 m³/s. Depuis 1960, jamais d'aussi importants débits n'avaient été enregistrés. Il correspond au double du débit d'une année normale.

En 1982, un deuxième déplacement a été observé.

Y aurait-il une **similitude avec le glissement de la Valette et les précipitations de Décembre 1981** ? Ne possédant que les données de Barcelonnette, il est difficile de le confirmer.

Mais les précipitations de Super Sauze ont normalement été plus élevées que celles de la Valette car Super Sauze se situe sur le versant ubac et la Valette se situe sur le versant adret. Par conséquent, la neige était présente plus longtemps et en plus grande quantité à Super Sauze.

Les secousse sismiques enregistrées le 8 et 25 Mars 1982, ont-elles également accentué ce déplacement ?

3.2.3. Le glissement du Bois Noir

Le glissement du Bois Noir a eu lieu en Avril 1993.

Le Bois Noir se situe dans la commune de Jausiers vers 1750 m d'altitude, à l'ouest de Jausiers Lans le Serret.

Pour la recherche d'un indice climatique qui aurait pu être favorable à ce glissement, nous ne tiendrons plus compte des données enregistrées à Barcelonnette mais de celles enregistrées au poste de Jausiers Lans le Serret situé à proximité.

Rappelons que seules les précipitations sont enregistrées au poste de Jausiers Lans le Serret.

Après deux années (1988 et 1989) avec de faibles précipitations annuelles, les pluies ont augmenté brutalement en 1990 pour être supérieures à la moyenne (1961-1997) annuelle. Le sol était donc plus humide que pour une année moyenne.

Les fortes précipitations d'Avril 1993, mêlées à la fonte de la neige, ont encore accentué la saturation du sol et ont donc favorisé le déclenchement du glissement.

Ce glissement est donc la conséquence de **pluies cumulées sur plusieurs années avec en plus une accentuation de celles-ci le mois du déclenchement du glissement.**

3.3. CONCLUSION

Grâce à trois exemples de glissements, nous avons donc essayé de définir des indices de prédisposition aux mouvements de terrain.

Les dates exactes de ces glissements n'étant pas connues au jour près, il s'avère difficile de définir des indices climatiques favorables aux mouvements de terrain. Les différentes relations mises en avant ne sont donc que très sommaires.

Malgré cela, **l'instabilité des versants** semble sujette à des **variations climatiques mensuelles et saisonnières, voire même annuelles.**

Deux tendances ont donc pu être mises en avant lors de cette étude :

- des précipitations cumulées au cours d'années antécédentes de durée variable avec en plus une accentuation de ces pluies le mois du glissement.
- des précipitations cumulées sur plusieurs mois (2 - 3 mois) supérieures à 100 mm, voire 120 mm provoquant un glissement.

En général, la plupart de ces glissements se situent au printemps.

Les variations de débits de l'Ubaye mesurées sont donc durant cette période, indirectement révélatrices du ruissellement lié aux pluies et/ou à la fonte de la neige.

Il aurait également été intéressant pour compléter cette étude d'analyser les **relations entre la pluviométrie, la piézométrie et les déplacements.**

Les valeurs piézométriques auraient permis d'identifier les phases de recharge ou de drainage en sachant bien entendu que des recharges brutales sont consécutives à des périodes fortement pluvieuses.

Ces valeurs auraient encore permis de connaître le temps de réponse entre le début de la pluie et celui de la remontée de la nappe.

CONCLUSION GENERALE

Au terme de cette recherche, faisons le bilan des acquis et progrès accomplis dans la découverte d'un indice climatique favorable aux mouvements de terrain. Le bilan des problèmes rencontrés et des questions encore en suspens n'est pas non plus à négliger.

A l'heure actuelle, les données pluviométriques sont les plus nombreuses.

Grâce à l'implantation de la station automatique de Super Sauze, de nouvelles variables climatiques (ETP, précipitations efficaces) ont pu être analysées.

A ce jour, ces variables n'ont pu être intégrées dans la recherche d'un indice climatique favorable aux mouvements de terrain.

En effet, le fichier comportant tous les aléas dans le bassin de Barcelonnette s'arrête en 1995 et les premières données de la station de Super Sauze datent de Juillet 1996.

Il serait donc intéressant d'élaborer une bibliographie plus sélective et plus précise permettant de compléter ce fichier. Cette recherche consisterait à chercher plus précisément selon les cas, la date ou bien le type et le lieu de l'aléa.

Il serait également nécessaire d'installer un pluviographe chauffant à la station de Super Sauze. Celui-ci permettrait d'éliminer celui de la Ferme de La Rente et en même temps d'acquérir des données pluviométriques tout au long de l'année à 1702 m.

Ainsi, un gradient pluviométrique annuel et mensuel pourrait être défini entre la station de Super Sauze et les autres postes climatiques. Ce gradient serait-il négatif ou positif à l'échelle annuelle ?

Sans l'installation de station météorologique sur les versants adrets du bassin de Barcelonnette, il sera difficile également d'appréhender l'effet de l'exposition sur les variations du climat et donc sur les mouvements de terrain.

L'essai de détermination d'un indice climatique favorable aux mouvements de terrain sur un versant adret (la Valette) est par conséquent à mettre quelque peu sous réserve.

En effet, même si certains caractères sont ressortis de l'analyse des différents facteurs (précipitations, débit) des glissements de la Valette, ceux-ci correspondent aux valeurs enregistrées à 1140 m à Barcelonnette.

L'extrapolation des données n'est donc pas toujours possible ou souhaitable.

Seule l'utilisation de données à proximité d'un glissement est donc recommandée pour établir d'un indice climatique.

C'est ainsi que pour le glissement du Bois Noir, la détermination de l'indice s'est basée sur les données du poste de Jausiers Lans le Serret et non sur celles de Barcelonnette ou de Jausiers bourg.

Malgré ces différentes remarques, il ressort de l'étude que l'instabilité des versants est sujette à des variations climatiques mensuelles et saisonnières, voire même annuelles.

Cette étude aurait également pu permettre de s'intéresser à l'évolution du climat à long terme pour caractériser l'effet ou non d'un réchauffement général de la terre et une perturbation des conditions atmosphériques sur l'occurrence des risques naturels.

Je pense donc qu'il serait intéressant de reconduire cette étude dans quelques années. Cela permettrait d'intégrer de nouveaux paramètres (ETP, précipitations efficaces) qui à ce jour n'ont pu être inclus dans la recherche d'un indice climatique favorable aux mouvements de terrain dans le bassin de Barcelonnette.

Table des matières

Remerciements.....	1
INTRODUCTION	2
1. PRESENTATION GENERALE DU SITE ET DES DONNEES	5
<i>1.1. LE BASSIN DE BARCELONNETTE : CADRE D'ETUDE</i>	6
1.1.1. Localisation générale et topographie.....	6
1.1.2. Le cadre hydrologique.....	10
1.1.3. Barcelonnette et sa végétation.....	11
1.1.4. Le cadre géologique.....	13
1.1.5. Le cadre climatique.....	13
1.1.6. Les différents aléas rencontrés dans le bassin de Barcelonnette.....	15
1.1.6.1. Pourcentage d'aléas dans le bassin de Barcelonnette.....	15
1.1.6.2. La distribution temporelle des aléas.....	16
1.1.7. Le cadre historique et actuel.....	19
<i>1.2. LES STATIONS ET POSTES D'OBSERVATIONS CLIMATIQUES</i>	20
1.2.1. Le poste de Barcelonnette.....	21
1.2.2. Le poste de Jausiers Lans le Serret.....	22
1.2.3. Le poste de Jausiers bourg.....	22
1.2.4. Le pluviographe de la Ferme de la Rente.....	23
1.2.4. La station automatisée de Super-Sauze.....	24
1.2.5. La station automatisée de Faucon.....	24
<i>1.3. LES STATIONS D'OBSERVATIONS HYDROLOGIQUES</i>	26
1.3.1. Le poste de Barcelonnette.....	26
1.3.2. Le poste de Roche Rousse.....	26
<i>1.4. LES DONNEES DISPONIBLES UTILISABLES</i>	28
<i>ET LEUR CRITIQUE</i>	28
1.4.1. Les données de Météo-France.....	28
1.4.1.1 Les précipitations.....	28
1.4.1.2. Les températures.....	31
1.4.2. Les données du CEREG.....	31
1.4.2.1. Le pluviographe de la ferme de La Rente.....	31
1.4.2.2. Les données de la station automatisée de Super-Sauze.....	32
1.4.3. Critique des données.....	39
1.4.3.1. La méthode des doubles cumuls.....	39
1.4.3.2. La méthode des écarts cumulés.....	42
1.4.3.3. Les valeurs mensuelles.....	43
1.5. CONCLUSION.....	45

2. ANALYSE ET INTERPRETATION	46
DES PARAMETRES CLIMATIQUES ET HYDROLOGIQUES	46
2.1. <i>LES PRECIPITATIONS</i>	48
2.1.1. Les valeurs annuelles de la pluviométrie	48
2.1.1.1. Evolution des précipitations	49
2.1.1.2. Le gradient altitudinal annuel	52
2.1.2. Les précipitations mensuelles	54
2.1.2.1. Evolution des précipitations	54
2.1.2.2. Les coefficients pluviométriques	56
2.1.2.3. Le gradient pluviométrique	58
2.1.3. Les précipitations journalières	60
2.1.4. La méthode cartographique des champs pluviométriques	61
2.2. <i>LES TEMPERATURES</i>	63
2.2.1. Les températures mensuelles	63
2.2.2. Les variations de la température diurne	65
2.2.3. Le gel	65
2.2.4. Les phénomènes thermo-pluviométriques	66
2.3. <i>L'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE</i>	67
2.3.1. Le bilan d'énergie de surface	67
2.3.1.1. Le rayonnement net de surface	68
2.3.1.2. Les flux de chaleur sensible et latente	69
2.3.2. Les équations de l'ETP	69
2.3.2.1. La formule de Penman	69
2.3.2.2. La formule Penman - Monteith	70
2.3.3. Formules simplifiées de calcul de l'ETP	71
2.3.3.2. Les formules de Brochet - Gerbier	71
2.3.3.1. L'ETP Turc	72
2.3.4. Analyse de l'ETP	73
2.3.4.1. Les moyennes mensuelles de l'ETP	73
2.3.4.2. L'ETP journalière	74
2.3.4.3. L'ETP horaire	75
2.4. <i>LES PRECIPITATIONS EFFICACES</i>	76
2.5. <i>LES DEBITS DE L'UBAYE</i>	78
2.5.1. Le débit annuel	78
2.5.2. Les débits mensuels	80
2.5.2.1. La comparaison des débits mensuels année par année	80
2.5.2.2. Les débits mensuels moyens	81
2.5.2.3. Les coefficients mensuels de débit	82
2.5.2.4. La relation entre le débit et les précipitations	84
2.5.2.5. Conclusion	85
2.6. <i>CONCLUSION</i>	86
3. ESSAI DE DETERMINATION D'INDICES CLIMATIQUES FAVORABLES AUX MOUVEMENTS DE TERRAIN	87
3.1 <i>LES MOUVEMENTS DE TERRAIN</i>	89
3.1.1. Le glissement	89
3.1.2. La coulée	90

3.1.3. La chute de blocs.....	90
3.1.4. Les affaissements et les effondrements	90
3.2. <i>DEFINITION D'INDICES CLIMATIQUES DE PREDISPOSITION</i>	92
<i>AUX MOUVEMENTS DE TERRAIN</i>	92
3.2.1. Le glissement de la Valette.....	92
3.2.1.1. Un petit historique du glissement.....	92
3.2.1.2. La relation entre les paramètres climatiques et le glissement	93
3.2.2. Le glissement de Super Sauze	97
3.2.2.1. L'évolution du glissement	97
3.2.2.2. Les causes des déplacements de matière de 1978 et 1982	97
3.2.3. Le glissement du Bois Noir	98
3.3. <i>CONCLUSION</i>	99
<u>CONCLUSION GENERALE</u>	100
Table des matières	102
<u>INDEX DES FIGURES</u>	105
<u>INDEX DES TABLEAUX</u>	107
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	108
ANNEXES	111
ANNEXE A	112
ANNEXE B	118

INDEX DES FIGURES

Figure 1 : La situation de l'Ubaye en France	6
Figure 2 : Le bassin de Barcelonnette : Contexte lithostructurale et localisation des coupes étudiées (d'après Miramont C., 1988).	8
Figure 3 : Coupe topographique Nord-Ouest Sud-Est au Pas de Grégoire (échelle 1/25000).	9
Figure 4 : Barcelonnette : coupe topographique Nord-Sud (échelle 1/25000)	9
Figure 5 : Le tracé de l'Ubaye et localisation des stations hydrologiques	10
Figure 6 : L'étagement de la végétation de la Moyenne Ubaye (d'après Chondroyannis P., 1992).	12
Figure 7 : Coupe Sud-Ouest / Nord-Est de l'Ubaye (Evin M., 1997)	13
Figure 8 : Pourcentage d'aléas dans le bassin de Barcelonnette (d'après Amiot A. & Nexon C., 1995)	16
Figure 9 : Occurrence des mouvements de terrain et de l'activité torrentielle : distribution mensuelle et saisonnière (Flageollet & Al, 1996 d'après Nexon & Amiot, 1995).	18
Figure 10 : La localisation des différents postes et stations climatiques (échelle 1/100000).	20
Figure 11 : Les différentes localisations du poste de Barcelonnette au fil du temps (Echelle 1/25000).	21
Figure 12 : Photo du pluviographe de la ferme de la Rente	23
Figure 13 : Photo de la station météorologique de Faucon	25
Figure 14 : Droite des doubles cumuls : Jausiers Lans le Serret et Jausiers bourg (1978 - 1997)	40
Figure 15 : Indices d'homogénéité Ri et P	42
Figure 16 : Les précipitations annuelles à Barcelonnette	50
Figure 17 : Les précipitations en fonction de l'altitude dans le bassin de Barcelonnette (1978 - 1997) - précipitations de la Ferme de La Rente (1996).	53
Figure 18 : Comparaison des précipitations à la Ferme de La Rente et à Super Sauze	55
Figure 19 : Les températures mensuelles à Barcelonnette et Super Sauze en 1997	64
Figure 20 : Bilan thermique de l'atmosphère et de la surface de la terre (d'après P PAUL).	68
Figure 21 : ETP mensuel à Super Sauze avant correction	73
Figure 22 : ETP mensuel à Super Sauze après correction	74

Figure 23 : ETP horaire le 22 Mai 1998.	75
Figure 24 : Débits moyens annuels de l'Ubaye entre 1960 et 1997	79
Figure 25 : Débits mensuels moyens de l'Ubaye (1972 - 1997)	81
Figure 26 : Les coefficients mensuels moyens de débit de l'Ubaye à Barcelonnette et Roche Rousse (1972- 1997).	83
Figure 27 : Comparaison des débits et précipitations à Barcelonnette	84
Figure 28 : Comparaison entre les précipitations de Barcelonnette et les dates des glissements de la Valette	93
Figure 29 : Les conditions climatiques lors du déclenchement du glissement de terrain de la Valette	94

INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1 : Totaux pluviométriques annuels de quelques stations du bassin de Barcelonnette.	14
Tableau 2 : Nombre d'aléas dans le bassin de Barcelonnette (d'après Amiot A. & Nexon C., 1995)	16
Tableau 3 : Relation entre l'heure local et l'heure T.U. pour le pluviographe de la ferme de la Rente	32
Tableau 4 : Organisation des fichiers brutes de la station de Super-Sauze	36
Tableau 5 : Organisation des fichiers « bruts » exploités de la station de Super-Sauze.	37
Tableau 6 : Organisation des fichiers journaliers de la station de Super-Sauze	38
Tableau 7 : Indices d'homogénéité de la station de Jausiers bourg	41
Tableau 8 : Corrélation de la pluviométrie mensuelle des stations de Jausiers bourg et Jausiers Lans le Serret pour la période 1978-1997	44
Tableau 9 : Moyennes annuelles des précipitations à Barcelonnette	49
Tableau 10 : Moyennes annuelles des précipitations à Jausiers (en mm)	51
Tableau 11 : Tableau de la pluviométrie moyenne mensuelle et annuelle, et des coefficients pluviométriques d'Angot entre 1996 et 1997 (P : pluviométrie moyenne mensuelle, C : coefficient pluviométrique mensuel d'Angot)	56
Tableau 12 : Gradients pluviométriques mensuel pour la période 1996 - 1997 (B : Barcelonnette, Jb : Jausiers bourg, Jl : Jausiers Lans le Serret, R : Ferme de La Rente).	58
Tableau 13 : Gradient pluviométrique mensuel en 1997 (B : Barcelonnette, Jb : Jausiers bourg, Jl : Jausiers Lans le Serret, R : Ferme de La Rente, S : Super Sauze).	60
Tableau 14 : Les températures mensuelles de l'année 1997 à Barcelonnette et Super Sauze.	63

BIBLIOGRAPHIE

AMIOT A. & NEXON C. 1995 : *Inventaire des aléas dans le bassin de Barcelonnette depuis 1850*, Mémoire de maîtrise de l'Université Louis Pasteur, Strasbourg, 179 p.

BENEVENT E. 1926 : *Le climat des Alpes françaises*, Thèse de lettres de l'université de Grenoble, 436 p.

BROCHET P. & GERBIER N. 1965 : *L'évaporation : aspect agrométéorologique, évaluation pratique de l'ETP*, Monographie n°65 de la Météorologie Nationale, S.M.M. Climatologie, Paris, 95 p.

Campbell Scientific 1994 : *Pc 208 Datalogger Support Software: User Guide*, pp4_1-4_24

Campbell Scientific 1994 : *Automatic Weather Station with ATW2 or ATW3 Tower - Installation Manual*, 14 p.

CHAMAYOU H. 1994 : *Eléments de bioclimatologie*, Presses universitaires de France, 283 p.

CHOISNEL E. 1988 : *Estimation de l'ETP à partir des données météorologiques*, Revues La Météorologie, n°23, pp. 19-27

CHONDROYANNIS P. 1992 : *Ubaye, la forêt reconstruite. Le sentier de découverte du Riou-Bourdoux*, Imprimerie ESMENJAUD L., 112 p.

CONSEIL REGIONALE DU LIMOUSIN - LA METEOROLOGIE NATIONALE 1989 : *Atlas Agro-climatique du Limousin*, Ministère des Transport et de la Mer - Direction de la Météorologie Nationale, 93 p.

DEBELMAS J. 1970 : *Alpes (Savoie et Dauphiné) - Guides Géologiques régionaux*, coll. Dir. Pomerol, Masson, Paris

DOUGUEDROIT A. 1984 : *Les gradients de températures et de pression en montagne*, Revue de géographie alpine, fascicule 2, 1984, pp. 224-240

EPFL (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne) 1985 : *Détection et utilisation des terrains instables (DUTI)*, rapport final de projet d'école, 229 p.

- ERHARD - CASSEGRAIN A. & MARGAT J.** 1983 : *Introduction à l'économie générale de l'eau*, Masson, 361 p.
- ETIENNE P. & GODARD A.** 1970 : *Climatologie*, édition Armand Colin, collection U, 368 p.
- EVIN M.** 1997 : *Géologie de l'Ubaye*, Association Sabença de la Valeia, Barcelonnette, 32p.
- FLAGEOLLET J.C. & MAQUAIRE O. & WEBER D.** 1996 : *Final National Report*, in The Temporal stability and activity of landslides in Europe with respect to climatic change (Teslec). Final Report :Part II, National Report, pp. 27-86
- GUYOT Y.** 1997 : *Climatologie de l'environnement : De la plante aux écosystèmes*, Masson, 505 p.
- HUFTY A.** 1976 : *Introduction à la climatologie*, Collection Magellan, PUF, 264 p.
- LAFAYASSE C. & LEROY M.** : *Note technique n°31 - Recommandation pour l'implantation et l'aménagement des parcs météorologiques*, Ministère de l'Équipement, des Transports et du Tourisme - Direction de la Météorologie Nationale, 10 p.
- MAQUAIRE O.** 1990 : *Les mouvements de terrain de la côte du Calvados - recherche et prévention*, thèse de doctorat, document du BRGM Orléans n°197, 431 p.
- MATHIES R.** 1990 : *Spatialisation de l'alimentation de la nappe phréatique d'Alsace par les précipitations efficaces*, Rapport de Stage, programme Erasmus, Université Louis Pasteur-Université d'Amsterdam, 67 p.
- MIRAMONT C.** 1998 : *Morphogenèse, activité érosive et détritisme alluvial holocènes dans le bassin de la moyenne Durance (Alpes françaises du Sud)*, thèse de doctorat de Géographie, Université Aix - Marseilles I, 286 p.
- PEGUY CH.P.** 1947 : *Haute Durance et Ubaye*, éd. Arthaud, 314 p.
- SISSASKIAN C. & AI** 1994 : *Etude d'aménagement coordonné de la vallée de l'Ubaye*, in 23^{ème} journées de l'hydraulique, Congrès de la Société Hydrotechnique de France, Nîmes, 14-15-16 Septembre 1994, pp. 441-446
- SOMMEN Y.** 1995 : *Tendance évolutive climatique dans le bassin de Barcelonnette*, Mémoire de Maîtrise de l'Université Louis Pasteur, Strasbourg, 115 p.
- SOMMEN Y.** 1997 : *Analyse des structures climatiques et définition d'indices climatiques favorables au déclenchement des mouvements de terrain*, Mémoire de DEA de l'Université Louis Pasteur, Strasbourg, 54 p.

SUMNER G. 1988 : *Precipitation :process and analysis* , by John Wileys & Sons, 455 p.

VIERS G. 1990 : *Eléments de climatologie*, édition Nathan, collection fac Géographie, 224 p.

ANNEXES

Annexe A : Totaux pluviométriques mensuels à

- Barcelonnette (1954 - 1998)
- Jausiers Lans le Serret (1961 - 1998)
- Jausiers bourg (1978 - 1997)
- la Ferme de La Rente (1994 - 1998)
- Super Sauze (1996 - 1998)

Annexe B :

- Débits moyens mensuels de l'Ubaye à Barcelonnette (1960 - 1997)
- Débit moyens mensuels de l'Ubaye à Roche Rousse (1960 - 1997)
- Graphique des débits moyens mensuels (1960 - 1969)
- Graphique des débits moyens mensuels (1970 - 1979)
- Graphique des débits moyens mensuels (1980 - 1989)
- Graphique des débits moyens mensuels (1990 - 1997)
- Débits mensuels moyens de l'Ubaye (1972 - 1997)
- Les coefficients mensuels de débit de l'Ubaye à Barcelonnette
- Les coefficients mensuels de débit de l'Ubaye à Roche Rousse
- Graphique des coefficients mensuels moyens de débit de l'Ubaye
- Comparaison des débits et précipitations à Barcelonnette (1960 - 1969)
- Comparaison des débits et précipitations à Barcelonnette (1970 - 1979)
- Comparaison des débits et précipitations à Barcelonnette (1980 - 1989)
- Comparaison des débits et précipitations à Barcelonnette (1990 - 1997)

ANNEXE A

Totaux pluviométriques annuels et mensuels à Barcelonnette (en mm)

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Année
1954	23,6	31,8	30,5	31,3	42,9	49,7	28,2	96	47,2	39,6	100,6	11,5	532,9
1955	169,9	131,2	38,7	2,3	48,3	121,5	35,1	58,1	22,7	110,4	33,2	54,7	826,1
1956	55,4	0	21,8	116,3	56,5	46,5	79,1	71	116,1	27,2	25,5	9,6	625,0
1957	29,3	103,9	43,8	27	47,4	105,3	24,8	61,7	3,2	26,6	92,3	125,3	690,6
1958	45,2	40,2	54,7	42	66,1	86	66	64,7	86	95,7	8,2	153	807,8
1959	55,6	0	138,9	96,7	26,8	38,3	72,4	41,3	50,5	140,2	103,2	85,8	849,7
1960	113,2	97,1	76,6	15,3	19	61,4	48,1	26,4	155,8	278	97,6	56,5	1074,8
1961	69,3	31,2	0	97,5	60,3	46,4	19,7	26,4	61,6	71,6	97	61,4	642,4
1962	76,2	28	114,2	67,2	29	47,1	3,4	11,8	71,3	65,5	57,1	65,7	636,5
1963	77	58,8	108,5	69,8	33,7	91,5	93,7	69,4	73,8	31,9	277	42,5	1027,6
1964	1,1	40,9	111,8	68,5	21,9	80,7	52,7	40	63,5	76,4	24,4	26,5	608,4
1965	36,4	0,6	95,4	7,6	68,2	62	69,9	53,6	117,5	13	137	101,8	763,0
1966	46,5	94,1	11,6	67,8	51,8	26,1	30	40,7	25	128,1	91,6	45,5	658,8
1967	12,2	40,7	44,4	15,4	65,8	44	28,4	67,2	28	23,8	154,8	19,8	544,5
1968	28,2	86,9	12,1	40,6	105,4	75,5	24,7	90,7	131,4	54,5	146,9	53,9	850,8
1969	59,7	81,8	45	46,5	54,1	60,6	63,6	47,7	80,6	0	102,5	16,2	658,3
1970	165,2	45,1	58,4	29,1	52,6	86	27,4	32,8	47,9	93,2	185,5	32	855,2
1971	53,9	13,6	140	53,1	73,8	124,5	16,1	31	18,9	9,4	134,2	8	676,5
1972	19,2	99,9	47,8	52,7	45,8	133,2	70,9	40,4	38,6	153,7	32,7	37,3	772,2
1973	38,2	26,8	0	71,5	110,3	38,2	84,4	59,2	62,2	78,8	39,3	58	666,9
1974	51,9	87,2	29,5	52,6	65,8	112,9	22,9	42,5	133,7	55,1	43,6	18,3	716,0
1975	47,2	8,5	68,6	69,1	97,1	39,1	97,2	70,7	134,6	18,4	120,2	23,8	794,5
1976	10	58	53	27,2	19,1	89,7	69,3	103,9	134,8	140,7	104,5	110,7	920,9
1977	126,8	0	58,4	80,5	96,1	81,8	93,4	116,1	18	201,2	49,8	110,2	1032,3
1978	173,7	98,2	51,1	43,3	17,9	83,8	47,6	21,5	6	10,1	1,4	103,3	657,9
1979	174,6	75	114,6	32,8	41	57,6	13,7	44,3	32,8	260	36,6	111,9	994,9
1980	66,4	20,8	53,2	5,5	66	41,7	70,2	37,6	41,4	124,9	69	4,7	601,4
1981	33,3	4	57,4	47,9	82,4	81,6	57,8	40	95,6	41	2,5	204,4	745,9
1982	22,4	24,5	33,1	15,1	41,1	45,6	43,6	37,9	70,8	85,3	145,5	75,8	640,7
1983	3,1	39,7	62	134,6	151,8	43,7	4,4	62,4	31,6	36,4	24,6	84,4	678,7
1984	79	21,7	84,6	18,9	126	96,5	13,5	52,4	67,6	72,1	47,6	30,7	710,6
1985	95,2	43,9	48,4	32,4	77,3	62,9	6,1	92,9	2,1	7,5	74,9	52,7	596,3
1986	93,6	57,5	23,9	159,7	29,6	29	73,1	43,4	93,8	25,2	24,3	17,4	670,5
1987	20,5	36,5	24,3	92,6	32,4	60,7	104,5	54	23,4	179,5	31,7	28,8	688,9
1988	29	29	42,8	38,5	58,5	67,3	10,3	41,8	20,5	125,9	18,3	15,2	497,1
1989	6,8	46,3	32	156,1	28,9	55,1	28,5	9,6	25,5	9,7	25	52,4	475,9
1990	24,1	115	27,9	40,1	26,3	30,6	14,3	39	53,4	184,8	36,4	37	628,9
1991	33,1	42,2	114,3	31,6	28,8	21,3	24,2	33	167,6	120,6	97,4	4,7	718,8
1992	23,9	11,7	40,4	61,3	81,7	137,2	53,5	51,6	76,9	162,2	61,7	59,4	821,5
1993	0,5	0	14,3	82,9	72	71,9	64,6	46,9	123,3	177,3	11,1	59,6	724,4
1994	85,8	55,4	1	63,5	52,6	82,7	37,4	37,3	234,1	62	117	29	857,8
1995	71,3	130,5	44,3	91,2	106,4	15,3	76,8	80	85,8	20,5	58,7	142,8	929,6
1996	95,0	33,2	3,2	54,6	62,9	100,0	78,5	68,0	31,3	56,7	242,0	110,4	935,8
1997	98,5	23,1	3,0	37,2	51,2	85,8	41,7	87,3	8,5	25,2	140,5	76,6	673,6
1998	82,1	15,0	9,4	114,6	64,6	114,6	114,6	114,6	114,6	114,6	114,6	114,6	114,6
moyenne	60,6	47,3	50,9	57,8	59,0	68,6	47,4	54,0	68,5	84,5	80,1	59,8	738,2

Totaux pluviométriques annuels et mensuels à Jausiers Lans le Serret (en mm)

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Année
1961	48,8	18,7	0	93,7	62,3	62,5	18,1	56,2	43,4	83,4	59,4	52,7	599,2
1962	56,8	9,5	95,4	45,8	30,2	38,2	4,6	9,9	31,4	46,1	83,7	50,5	502,1
1963	60,8	53,6	94,2	72,3	29	72	95,4	88,8	67,9	27,5	235,5	32	929
1964	0	25	114,5	91,7	33,4	86,7	50	35,5	52,4	71,1	24	28,8	613,1
1965	30,8	0	65,8	12,3	41,6	45,3	55,7	55,4	99,2	11,3	112,9	108,2	638,5
1966	51,4	73,7	17,1	68,6	54,6	35,7	39,2	58,5	64,1	119,7	77,2	56	715,8
1967	10,4	43,5	26,8	19,9	61,2	36	24,3	44,8	16	20	132,1	19,8	454,8
1968	40,1	83,8	11,7	47,6	117,2	63	29,5	80,3	99,8	46,7	125,5	52,4	797,6
1969	46,3	68,9	52,1	47,5	45,8	54	49,6	42,6	76,7	0	131,7	18	633,2
1970	123,9	68,5	66,1	32	60,2	60,4	52,2	66,6	42,4	91,2	147,8	57,9	869,2
1971	67,7	10,9	121	85,2	83,4	83,7	47,9	38	13,1	9,5	120,1	3,2	683,7
1972	15,2	103,7	44,1	41	45,6	109,8	68,3	34,9	23,5	124,6	41,5	32,5	684,7
1973	27,9	26,8	0,8	104,2	111,1	52,5	84,1	64	65,9	98,4	35,2	62,2	733,1
1974	37,8	69,3	6,4	22,3	62,5	75,6	9,5	27,9	84,2	35,1	48,9	3,9	483,4
1975	27,5	22,2	80,2	43,9	78,3	11,6	23,4	46,8	91,3	14,6	87,1	11,8	538,7
1976	8,2	24,8	37,3	42,8	25,9	63,5	66	71,8	123,5	134,5	93,9	107,8	800
1977	117,7	88,7	56,1	74,8	110,3	86,6	78,2	110,4	10,1	210,6	10,1	73,8	1027,4
1978	144,6	79,7	47,8	42,3	95,3	72,4	55	17,8	7,5	12,3	9,3	97,2	681,2
1979	193,2	70,9	106,8	25,8	57,1	54,2	14,3	34,1	30,1	246,9	29,7	95,9	959
1980	62,4	9,5	51,7	2,6	52,5	41,5	53,8	33,5	46	103,8	74	3,8	535,1
1981	43,2	26,9	96,2	70,4	80,8	76,2	61,2	15,8	83,9	35,8	2	202,4	794,8
1982	16,3	20,7	27,3	5,7	38,1	40	40,7	33,3	62	79,7	130,8	72,5	567,1
1983	1,6	43,8	50,3	102,1	135,2	49	15,8	38,6	37,3	38	20	53,7	585,4
1984	63	30,3	67,4	9,1	119,5	68,2	1,4	64,6	71,6	80,1	42,8	36,6	634,6
1985	57,7	29,9	37,3	29,7	90,9	65,9	5,4	74,5	1,3	2,8	95,8	38,8	530
1986	97,5	50,5	9,2	153,6	38,8	37	74,6	41,4	66,9	2,5	12,3	13,1	597,4
1987	29	37,7	30,1	121,9	26,1	76	85,8	58,3	16,1	143,7	46,4	38,6	709,7
1988	22	29,9	62	32,6	65,2	56,1	17	37,6	20,6	118,6	7,5	3,4	472,5
1989	4,8	51,7	19,9	152,9	18	41	28,1	7,4	13,9	10,5	20	56,3	424,5
1990	27	92,6	23,9	122,3	37,4	38,2	15,3	54,9	40,9	165,7	39,8	44,9	702,9
1991	29,5	45,4	154,8	26,9	24,1	73,8	28,1	20,5	142,4	114,9	85,3	4,8	750,5
1992	23,8	14	31,6	53,4	35,5	129,2	46,6	53,9	109,2	183,3	58,3	53,7	792,5
1993	0,6	1,3	28	117,5	61,6	52,3	63,4	60,6	132,2	195,6	10,5	69,4	757
1994	75,9	56,6	0	54,8	82,2	86,7	39,3	30,4	227,2	44,3	119	29,3	845,7
1995	76,9	101,4	33,7	114,5	103,9	10,5	58,7	73,5	84,5	14,9	48,5	118,9	839,9
1996	83,8	43,6	2,4	44,6	60,3	92,9	70,3	67,9	27,7	89,0	231,3	79,2	893,0
1997	98,3	7,7	0,0	35,6	60,0	89,8	38,3	45,4	6,3	26,3	110,0	64,7	582,4
1998	74,3	25,2	10,0	97,9	72,1								
Moyenne	52,5	43,7	46,8	62,2	63,3	61,8	43,5	48,6	60,3	76,1	74,6	52,7	685,9

Totaux pluviométriques annuels et mensuels à Jausiers bourg (en mm)

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Jun	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Année
1978	114	63,2	38,6	43,3	85,3	78,2	54,9	18	6	8,5	4,1	99,5	613,6
1979	137,2	53,6	89,4	33,1	30	50,6	15,5	33	26,8	193,1	21,9	105,7	789,9
1980	48	32,6	48,1	2,9	59,2	48,9	70,9	32,4	35,8	100,6	46	4,7	530,1
1981	34,3	3,5	42,8	82	125,7	73,7	45,9	17	67,9	41,4	8,1	123,2	665,5
1982	38	19,3	30,6	5,6	43,4	55	35,4	48	67,9	92,5	72,1	66,7	574,5
1983	4,1	39,7	33,6	104,1	146,3	46,8	8,6	48,9	27,5	36,5	28,5	58,5	583,1
1984	82	42,7	61,5	19,7	109,7	74,9	19,4	84,6	75	75,2	28,3	21,6	694,6
1985	79,5	41	54,7	25,4	79,8	60,6	34,6	104,3	4,3	3,3	93,8	32,7	614
1986	84,2	48	26,3	158	46,9	39,4	68,7	56,3	83,8	24,9	17,6	22,2	676,3
1987	21,4	37,1	24	86,6	28,3	83,9	91,4	54,3	31,4	146,8	78,6	16,7	700,5
1988	29,1	31,8	47,3	42,3	49,7	60,5	15,1	57,7	18,6	124,3	12	17,2	505,6
1989	24,6	50,8	24,3	152,1	16,5	38,9	54,7	17,4	18,5	12,7	32,6	46,4	489,5
1990	24,1	95,1	26,1	51,5	40,1	48,7	22,8	48,2	15,9	201,4	41,1	17,3	632,3
1991	31,4	37,3	87,5	22,9	11,7	73,8	47,1	32,5	144,7	119,8	91,8	6	706,5
1992	16,3	21	13,4	66,2	44,1	120,9	46	41,1	86	163,5	60,2	57,7	736,4
1993	0,6	0,5	13,9	84,7	55,5	47	61,1	60,5	118,6	191,1	4,4	79,8	717,7
1994	72,9	46,9	4,6	60,7	74	85,4	36	30,3	204,7	52,5	89,2	28,6	785,8
1995	86,6	124,5	39,9	83,8	101,7	14,2	56,9	83,1	84,2	17,3	50,5	129,6	872,3
1996	68,1	39,5	3,1	33,2	51,3	96,5	77,4	69,7	26,6	61	215,2	75	816,6
1997	65,2	27,3	2,2	38,8	59,3	87,1	37,4	56,9	7,3	32,5	105,7	45,3	565
Moyenne	53,1	42,8	35,6	59,8	62,9	64,3	45,0	49,7	57,6	84,9	55,1	52,7	663,5

Totaux annuels et mensuels à la Ferme de La Rente (en mm)

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Année
1994									296,9	93,0	187,5	13,3	590,7
1995	79,1	111,7	34,9	149,0		34,6	78,0	57,7	108,5	26,2	74,4	142,4	896,5
1996	153,9	36,3	4,2	61,9	58,7	72,4	90,5	80,8	26,2	95,1	222,0	88,9	990,9
1997	106,4	17,8	3,1	39,7	96,1	136,2	49,0	92,1	13,0	41,9	175,1	105,6	876,0
1998	50,2	27,2	9,5	86,3	83,7	70,7	5,4	52,7					
Moyenne	113,1	55,3	14,1	83,5	77,4	81,1	72,5	76,9	111,2	64,1	164,8	87,6	921,1

Italique: Données incomplètes

Totaux pluviométriques mensuels à Super Sauze (en mm)

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mal	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
1996								77,5	35,7	88,5	198	10,2
1997				22,5	79,8	57,5	58,3	87,0	10,7	37,4	140,7	
1998					68,7	56,5	22,3	34,8				

Italique: Données incomplètes

ANNEXE B

Débites moyens mensuels de l'Ubaye à Barcelonnette en m3/s

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
Janvier	4,84		7,78		4,69	2,74	2,66	2,01	2,45	2,33
Février	4,61		6,34		2,79	2,06	4,46	2,62	1,93	1,6
Mars	5,59	7,12	6,81		4,01	2,51	4,85	5,97	1,77	2,81
Avril	11,9	14,1	14,8	13,5	12,1	6,62	10,2	7,55	8,59	6,77
Mai		21,3	31,3	30,5	31,7	15,3	31,8	17,7	21,2	25,2
Juin			29,8	38,3	26,8	15,2	31,3	19,3	27,9	20,5
Juillet	20,4	19,9	11,1	16,6	11,9	8,2	12,1	10,8	13,2	12,8
Août	13,1	9,72	5,57	8,33	5,82	5,54	5,16	5,21	7,07	5,44
Septembre	15,4	9,04	3,64	9,21	5	5,32	5,68	2,86	13,2	3,45
Octobre		10,3	3,63		6,43	7,42	12,5	2,22	6,49	1,45
Novembre	12,6	7,95	3,57		4,45	4,82	7,68	5,02	10,6	2,47
Décembre	6,03	7,66	2,47	11,8	3,63	3,84	4,04	3,28	3,33	2,29
Année			10,6		9,95	6,65	11,1	7,06	9,8	7,3

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Janvier	5,9	3,77	2,12	1,93	2,52	2,31	2,23	4,64	4,72	3,26
Février	4,55	3,89	2,08	2,02	2,61	2,05	2,12	5,96	5,18	3,17
Mars	5,3		3,27	2,04	3,89	2,22	2,71	8,74	7,6	4,29
Avril	10,2		8,05	3,64	6,13	8,53	5,69	16,7	3,79	5,68
Mai	21,6	29	14	22,2	20,6	18,4	17,3	34,9	23,2	28,2
Juin	36,5	31,9	34,3	17,6	31,4	23,4	16,8	57,6	55	45,3
Juillet	14,6	21,8	16,9	11	14,5	14,7	8,19	39,2	35,4	16,4
Août	7,38	7,6	6,04	5,65	4,91	5,8	4,39	16,7	11,5	8,23
Septembre	5,61	4,44	4,74	4,66	4,02	8,14	9,95	10,6	5,15	3,56
Octobre	7,33	3,23	6,19	8,07	3,53	4,9	15,9	19,7	3,82	13,7
Novembre	4,75	3,4	5,45	3,89	2,7	3,7	9,57	10,3	3,14	7,38
Décembre	3,83	2,47	3,34	2,55	2,39	2,92	5,74	6,43	2,99	6,08
Année	10,6		8,86	7,15	8,27	8,1	8,39	19,4	13,5	12,1

Débits moyens mensuels de l'Ubaye à Barcelonnette en m3/s

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Janvier	5,22	3,88	3,25	4,23	2,12	5,43	2,06	2,05	3,58	2,49
Février	5,32	2,43	3,35	3,94	2,06	3,81	1,91	1,76	3,37	1,87
Mars	6,2	4,73	4,4	5,38	2,39	2,16	2,23	1,6	4,28	3,8
Avril	11	20,7	11,6	10,8	12,3	8,68	5,83	9,93	8,9	6,11
Mai	16	16,4	26,7	33	18,4	20,1	47,4	14	23,2	28,9
Juin	37,5	34,6	30,1	52,6	46,4	38,8	36,5	19,3	21,9	14,5
Juillet	27,1	16,6	10	22,3	18,1	14,6	14,1	15	12,8	5,92
Août	9,33	6,99	5,63	7,58	7,57	7,49	4,96	7,01	5,06	3,44
Septembre	5,9	7,91	6,48	5,79	6,32	4,95	3,13	5,19	3,81	2,86
Octobre	8,61	8,24	6,61	3,23	8,12	2,77	2,86	11,9	12,7	2,48
Novembre	6,12	4,02	8,49	1,89	5,41	2,41	1,88	8,91	4,59	2,06
Décembre	3,63	2,8	4,75	1,68	3,35	1,92	1,61	5,15	3,21	2,09
Année	11,8	10,8	10,1	12,7	11	9,43	10,4	8,51	8,97	6,41

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	Moy.60-97	Nb valeurs
Janvier	2,22	3,37	3,19	4,17	3,65	2,62	3,83	5,67	3,34	38
Février	2,23	2,95	2,86	4,84	3,15	3,18	3,05	12,9	3,47	38
Mars	3,71	9,22	3,71	4,04	8,49	5,24	4,18	12,4	4,73	38
Avril	4,36	15,3	8,3	6,26	8,18	14,6	8,6	14,5	9,39	38
Mai	17,9	23,7	16,6	23,1	28,6	32,8	22,6	27,9	23,70	38
Juin	9,74	45	22,9	33,5	27,9	34,4	34,4	35,9	32,97	38
Juillet	4,929	15,4	17,7	13,6	11	17,6	16,5	17,4	16,42	38
Août	2,89	7,55	6,06	5,39	4,2	10,3	6,94	8,6	6,93	38
Septembre	2,3	9,21	6,51	7,49	21,5	9,62	6,38	5,11	6,59	38
Octobre	6,27	15,6	12,7	24,1	12,9	6,76	8,02	3,39	8,96	38
Novembre	7,62	9,85	12,8	8,29	16,9	4,57	9,63	6,19	6,45	38
Décembre	4,6	4,24	6,61	4,24	4,57	4,24	6,12	2,76	3,85	38
Année	5,75	13,5	10	11,6	12,6	12,2	10,8	12,7		38

Débits moyens mensuels de l'Ubaye à Roche Rousse en m³/s

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
Janvier	9,13	8,06	9,24	4,14	7,62	4,84	6,28	5,11	4,73	6,53
Février	13,9	10,7	5,78	3,56	6,64	4,21	12,6	6,39	5,3	6,19
Mars	17,4	13,8	8,37	8,31	12,2	6,44	10,7	13	6,36	10,6
Avril	31	31	26,2	29,6	25,4	12,1	25,1	14,7	19,5	20,6
Mai	77,1	44,2	58,5	60,4	60,1	32,3	62,4	36,8	44	64,7
Juin	79,2	60,8	55,3	63,8	50,8	25,9	58	35,8	56,7	48,8
Juillet	31	27	18,7	32,8	21,3	11,9	22,2	17,7	23,8	31,6
Août	19	12,8	8,04	18,4	10,6	8,38	11,1	9,07	12,9	15,8
Septembre	28,4	8,71	6,23	19,7	9,09	10,1	9,17	6,02	26,9	12,1
Octobre	63,1	9,96	6,35	10,9	14,7	16,5	21,4	4,49	11,6	7,91
Novembre	35,4	5,82	6,07	65	7,43	11,6	13,7	12,9	33,9	11,9
Décembre	12,2	6,77	4,07	15,1	5,08	9,22	7,64	5,32	10,9	6,22
Année	34,8	20	17,8	27,6	19,3	12,8	21,7	14	21,3	20,3

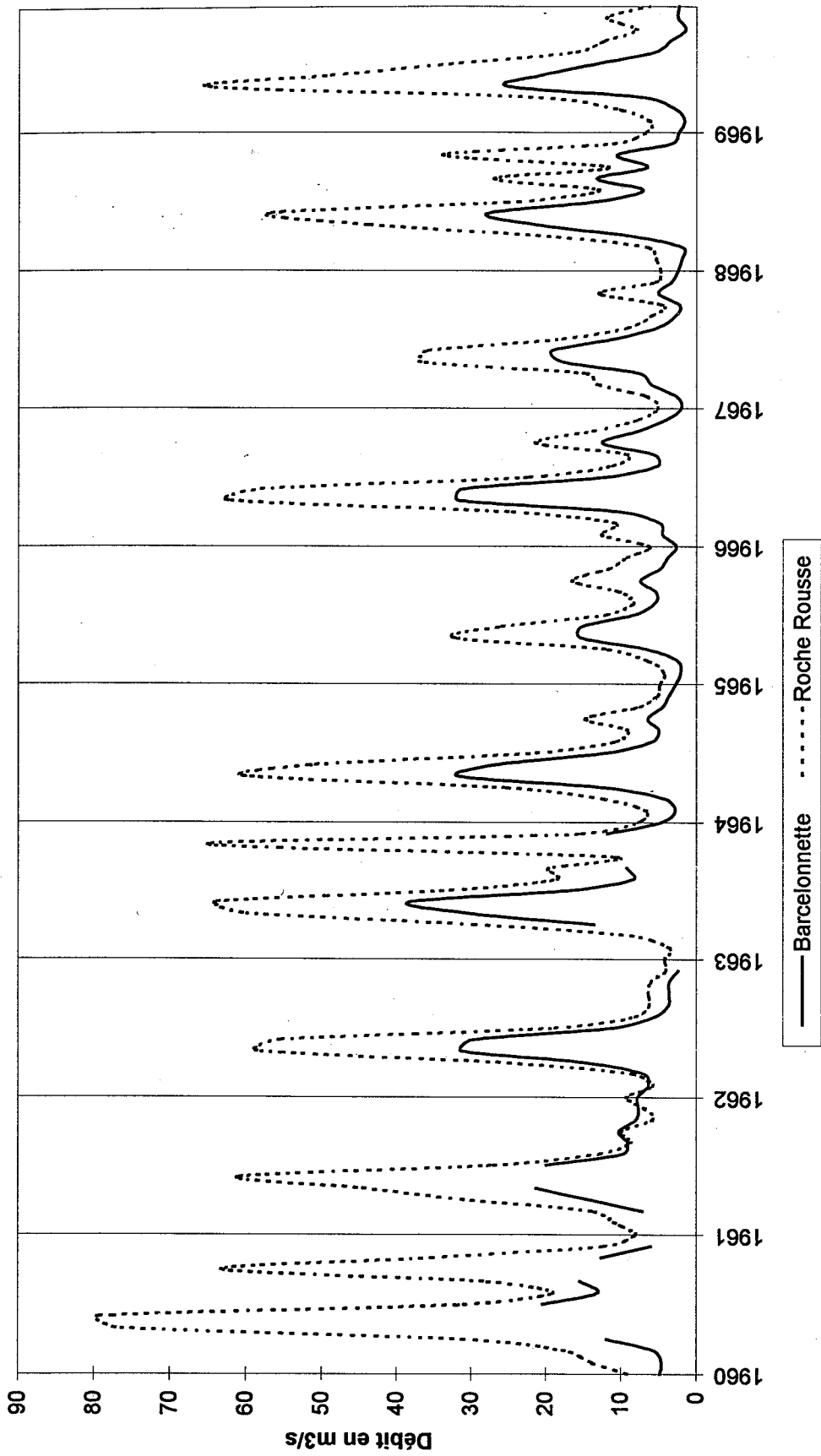
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Janvier	8,95	5,21	3,88	5,57	6,41	4,67	4,97	10,8	8,71	7,45
Février	6,33	5,8	4,23	4,97	7,24	4,48	4,2	15,7	12,1	9,51
Mars	7,09	6,96	8,25	5,4	12,1	4,59	6,05	23,3	18,9	12
Avril	21,2	34,4	19,3	9,1	17,8	19,2	13,8	37,7	17,3	14,1
Mai	48,4	68,3	33,9	56,5	43,6	39,9	37,3	79,5	51,9	59,1
Juin	75,6	76,4	68,9	38,5	54,3	47,9	33	102,95	98,6	92,2
Juillet	25,7	45,7	34,5	22,7	24,8	27,1	16,7	76,9	62,5	30,6
Août	10,7	15,3	13	11,3	8,84	12,3	9	38,3	21,1	11,4
Septembre	9,91	8,33	11,6	11,7	8,96	16,9	20,4	20,6	9,7	6,89
Octobre	15,6	5,66	18,1	19,1	8,13	9,99	32,3	38,8	6,62	38,9
Novembre	16,5	6,04	14,1	9,79	6,39	7,63	18,6	18,4	4,66	13
Décembre	8,48	4,46	8,16	6,38	5,37	5,92	11,3	12,6	4,67	9,6
Année	21,2	23,6	19,8	16,9	17	16,8	17,3	39,8	26,4	25,5

Débits moyens mensuels de l'Ubaye à Roche Rousse en m3/s

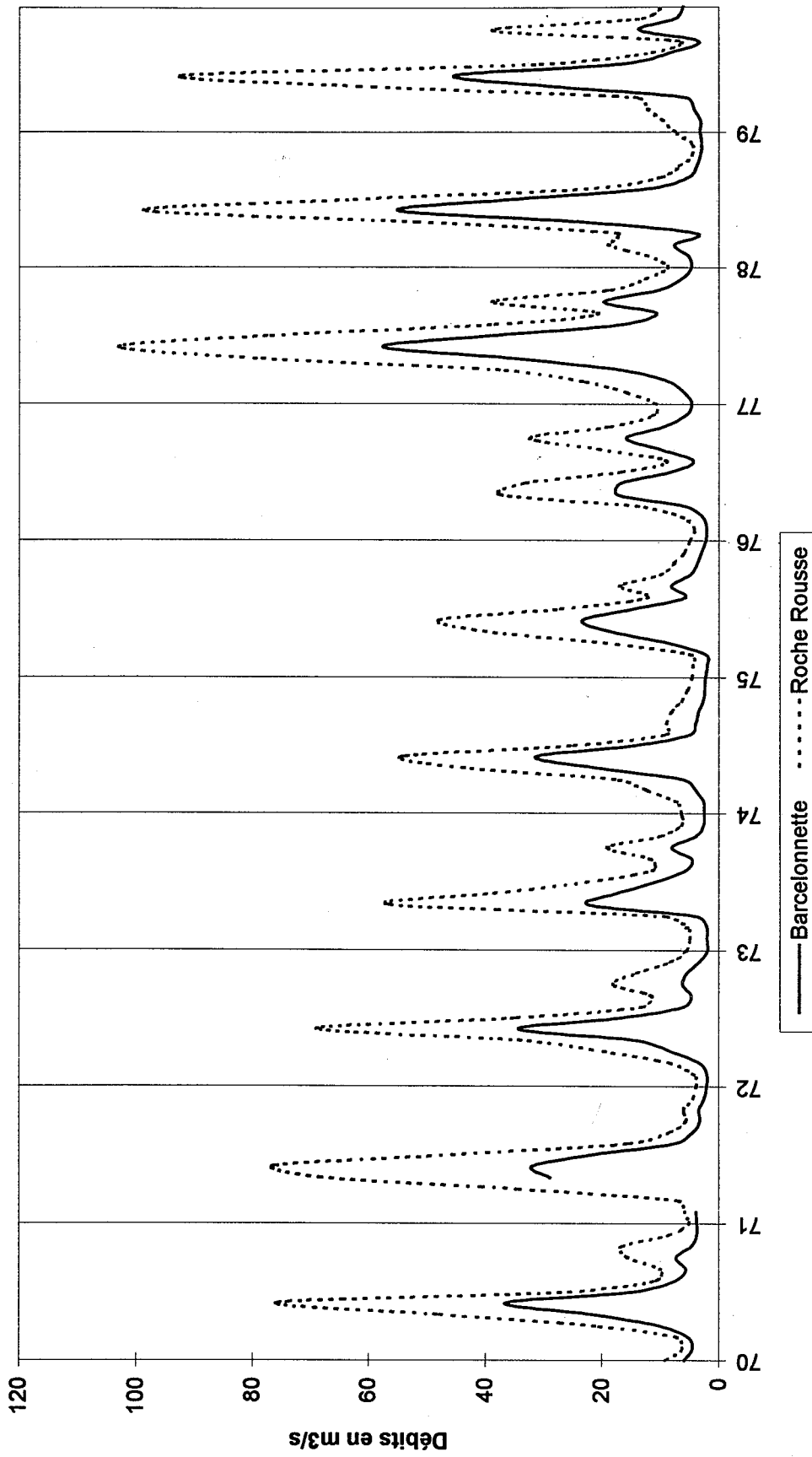
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Janvier	6,95	5,85	9,92	7,62	4,81	8,03	4,96	4,31	7,27	5,23
Février	8,59	5,26	7,55	6,05	4,47	7,92	4,18	4,7	7,02	4,87
Mars	9,03	10,2	6,9	10,1	5,48	7,91	9,05	4,92	8,68	9,25
Avril	16,2	29,2	21,2	22,1	18,1	20,2	25,5	24,2	19,7	18,6
Mai	29,5	31,5	49,2	63,5	31,9	39,3	95,1	29,7	48,2	49,7
Juin	67,9	49	49	78,4	87,6	71,1	63,4	40,8	42,2	26,4
Juillet	45,1	24,9	14,9	33,8	37	24,7	27,8	31,3	26	12,5
Août	17,1	11,7	9,08	13,2	15,8	13,6	11,8	12,7	11	7,54
Septembre	10,8	14,4	11,2	9,51	12,1	7,93	11,1	9,1	8,4	6,28
Octobre	16,1	12,5	18,1	7,34	16,4	5,9	9	28,6	25	5,82
Novembre	12,1	7,48	22,3	6,64	11,5	6,47	6,76	15,4	10,1	5,78
Décembre	7,08	7,35	13,6	5,87	8,61	5,05	5,35	10	7,03	6,58
Année	20,5	17,5	19,4	22,1	21,1	18,2	23	18	18,4	13,3

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	Moy.60-97	Nb valeurs
Janvier	3,41	6,31	9,19	8,44	11,5	10,4	13,56	13,63	7,5	38
Février	4,6	5,58	8,17	7,06	9,69	14	7,44	12,81	7,4	38
Mars	8,27	23,9	9,49	7,38	24,8	13,5	10,83	21,91	11,2	38
Avril	8,11	23,9	21,1	13,5	20	29,7	23,83	28,01	20,4	38
Mai	33	31,9	36,7	42,5	56,7	54,3	52,15	49,73	47,2	38
Juin	22,5	54,1	48	47,7	46,4	52,8	62,21	54,95	57,7	38
Juillet	9,39	22,1	34,1	21,8	19,8	28,2	31,74	30,89	29,7	38
Août	6,38	11,7	14,7	9,82	9,09	20,8	16,79	15,05	13,6	38
Septembre	5,41	18	16	14,4	43,4	18,5	11,88	10,44	13,3	38
Octobre	18,2	34,1	27,8	49,5	28,9	13,3	14,37	7,78	19,6	38
Novembre	15,2	19,6	26,3	16,2	44,2	10,4	22,63	16,61	14,2	38
Décembre	6,61	11,1	14,6	11	13,5	11,1	18,13	7,68	9,0	38
Année	11,8	21,9	22,2	20,9	27,4	23,1	23,82	22,48	20,1	

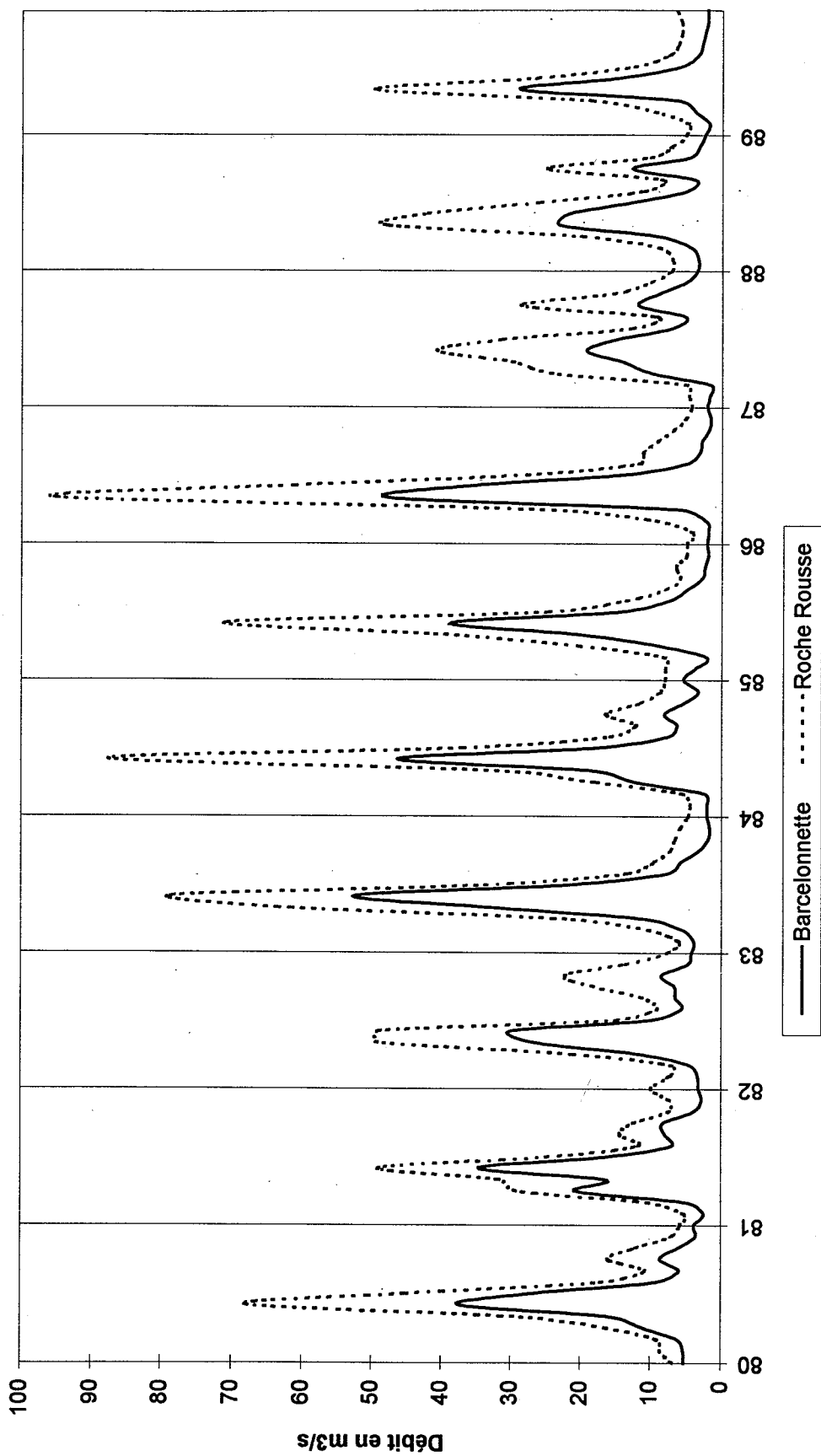
Débits moyens mensuels de l'Ubaye (1960 - 1969)



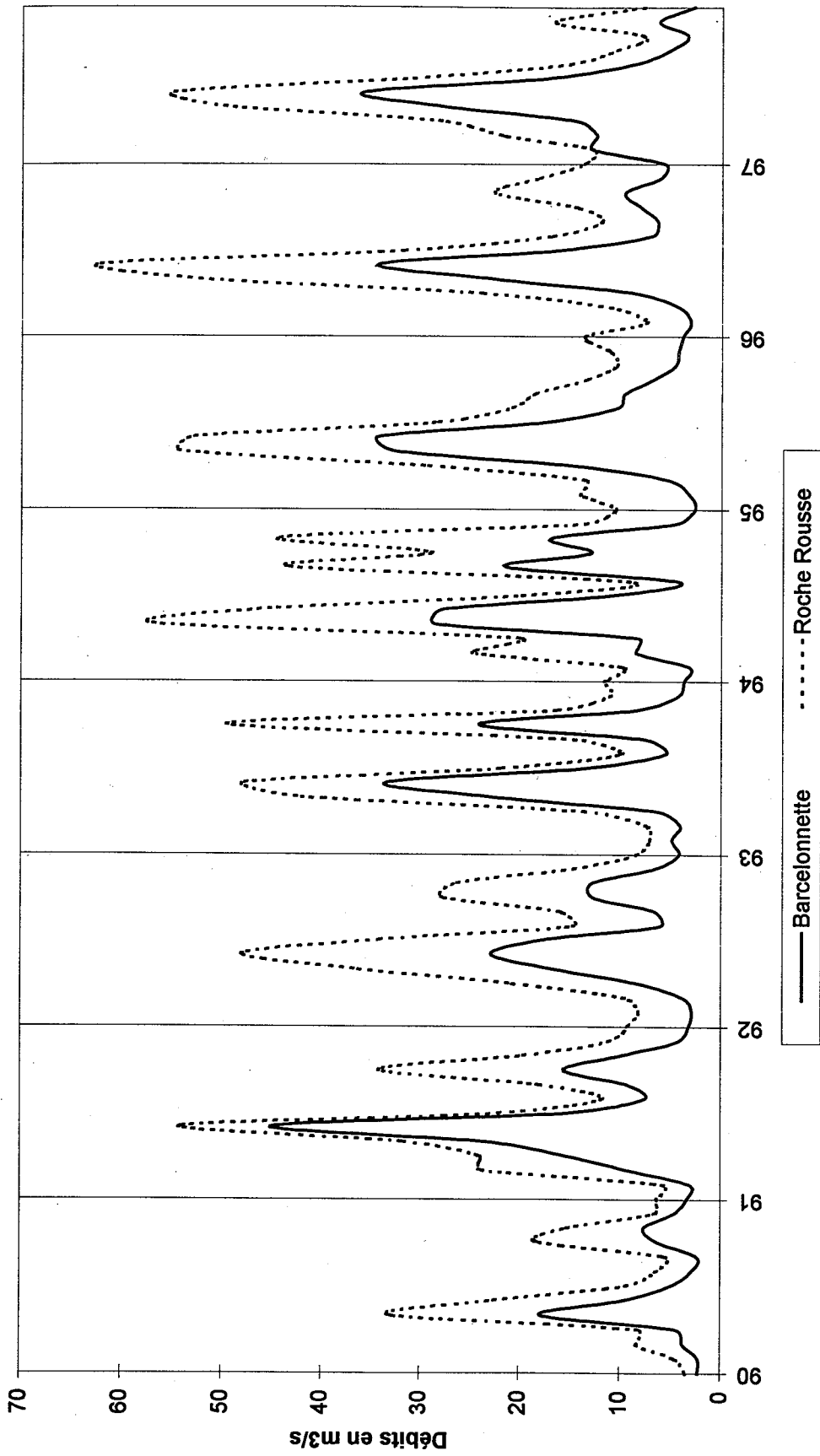
Débîts moyens mensuels de l'Ubaye (1970 - 1979)



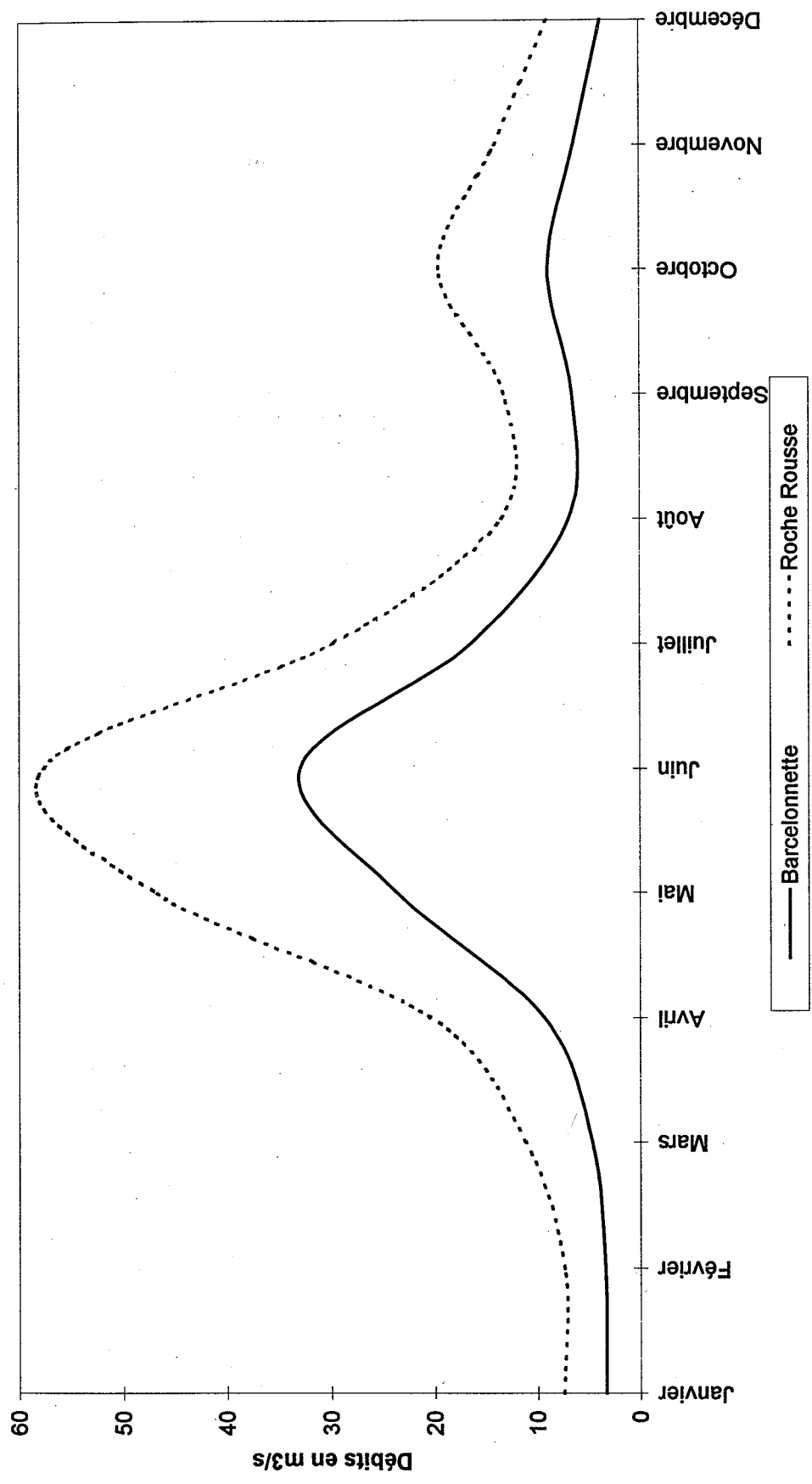
Débits moyens mensuels de l'Ubaye (1980 - 1989)



Débits moyens mensuels de l'Ubaye (1990 - 1997)



Débits mensuels moyens de l'Ubaye (1972 - 1997)



Les coefficients mensuels de débit l'Ubaye à Barcelonnette

	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1972	1973	1974
Janvier	0,47	0,41	0,24	0,28	0,25	0,32	0,56	0,24	0,27	0,30
Février	0,28	0,31	0,40	0,37	0,20	0,22	0,43	0,23	0,28	0,32
Mars	0,40	0,38	0,44	0,85	0,18	0,38	0,50	0,37	0,29	0,47
Avril	1,22	1,00	0,92	1,07	0,88	0,93	0,96	0,91	0,51	0,74
Mai	3,19	2,30	2,86	2,51	2,16	3,45	2,04	1,58	3,10	2,49
Juin	2,69	2,29	2,82	2,73	2,85	2,81	3,44	3,87	2,46	3,80
Juillet	1,20	1,23	1,09	1,53	1,35	1,75	1,38	1,91	1,54	1,75
Août	0,58	0,83	0,46	0,74	0,72	0,75	0,70	0,68	0,79	0,59
Septembre	0,50	0,80	0,51	0,41	0,35	0,47	0,53	0,53	0,65	0,49
Octobre	0,65	1,12	1,16	0,31	0,66	0,20	0,69	0,70	1,13	0,43
Novembre	0,45	0,72	0,69	0,71	1,08	0,34	0,45	0,62	0,54	0,33
Décembre	0,36	0,58	0,36	0,46	0,34	0,31	0,36	0,38	0,36	0,29

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Janvier	0,29	0,27	0,24	0,35	0,27	0,44	0,36	0,32	0,33	0,19
Février	0,25	0,25	0,31	0,38	0,26	0,45	0,23	0,33	0,31	0,19
Mars	0,27	0,32	0,45	0,56	0,35	0,53	0,44	0,44	0,42	0,22
Avril	1,05	0,68	0,86	0,28	0,47	0,93	1,92	1,15	0,85	1,12
Mai	2,27	2,06	1,80	1,72	2,63	1,36	1,52	2,64	2,60	1,67
Juin	2,89	2,00	2,97	4,07	3,74	3,18	3,20	2,98	4,14	4,22
Juillet	1,81	0,98	2,02	2,62	1,66	2,30	1,54	0,99	1,76	1,65
Août	0,72	0,52	0,86	0,85	0,68	0,79	0,65	0,56	0,60	0,69
Septembre	1,00	1,19	0,55	0,38	0,29	0,50	0,73	0,64	0,46	0,57
Octobre	0,60	1,90	1,02	0,28	1,13	0,73	0,76	0,65	0,25	0,74
Novembre	0,46	1,14	0,53	0,23	0,61	0,52	0,37	0,84	0,15	0,49
Décembre	0,36	0,68	0,33	0,22	0,50	0,31	0,26	0,47	0,13	0,30

Les coefficients mensuels de débit l'Ubaye à Barcelonnette

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Janvier	0,58	0,20	0,24	0,40	0,39	0,39	0,25
Février	0,40	0,18	0,21	0,38	0,29	0,39	0,22
Mars	0,23	0,21	0,19	0,48	0,59	0,65	0,68
Avril	0,92	0,56	1,17	0,99	0,95	0,76	1,13
Mai	2,13	4,56	1,65	2,59	4,51	3,11	1,76
Juin	4,11	3,51	2,27	2,44	2,26	1,69	3,33
Juillet	1,55	1,36	1,75	1,43	0,92	0,86	1,14
Août	0,79	0,48	0,82	0,56	0,54	0,50	0,56
Septembre	0,52	0,30	0,61	0,42	0,45	0,40	0,68
Octobre	0,29	0,28	1,40	1,42	0,39	1,09	1,16
Novembre	0,26	0,18	1,05	0,51	0,32	1,33	0,73
Décembre	0,20	0,15	0,61	0,36	0,33	0,80	0,31

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	Moyenne
Janvier	0,32	0,36	0,29	0,21	0,35	0,45	0,31
Février	0,29	0,42	0,25	0,26	0,28	1,02	0,29
Mars	0,37	0,35	0,67	0,43	0,39	0,98	0,42
Avril	0,83	0,54	0,65	1,20	0,80	1,14	0,95
Mai	1,66	1,99	2,27	2,69	2,09	2,20	2,31
Juin	2,29	2,89	2,21	2,82	3,19	2,69	3,07
Juillet	1,77	1,17	0,87	1,44	1,63	1,37	1,54
Août	0,61	0,46	0,33	0,84	0,64	0,68	0,67
Septembre	0,65	0,65	1,71	0,79	0,59	0,40	0,64
Octobre	1,27	2,08	1,02	0,55	0,74	0,27	0,75
Novembre	1,28	0,71	1,34	0,37	0,89	0,49	0,62
Décembre	0,66	0,37	0,36	0,35	0,57	0,22	0,38

Les coefficients mensuels de débit de l'Ubaye à Roche Rousse

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
Janvier	0,26	0,23	0,52	0,15	0,39	0,38	0,49	0,37	0,22	0,32
Février	0,40	0,31	0,32	0,13	0,34	0,33	0,98	0,46	0,25	0,30
Mars	0,50	0,40	0,47	0,30	0,63	0,50	0,84	0,93	0,30	0,52
Avril	0,89	0,89	0,47	0,07	0,32	0,95	0,96	0,05	0,92	0,01
Mai	2,22	1,27	3,29	2,19	3,11	2,52	2,88	2,63	2,07	3,19
Juin	2,28	1,75	3,11	2,31	2,63	2,02	2,53	2,56	2,66	2,40
Juillet	0,89	0,78	1,05	1,19	1,10	0,93	1,73	1,26	1,12	1,56
Août	0,55	0,37	0,45	0,67	0,55	0,65	0,87	0,65	0,61	0,78
Septembre	0,82	0,25	0,35	0,71	0,47	0,79	0,72	0,43	0,26	0,60
Octobre	1,81	0,29	0,36	0,39	0,76	1,29	1,67	0,32	0,54	0,39
Novembre	1,02	0,17	0,34	2,36	0,38	0,91	1,07	0,92	1,59	0,59
Décembre	0,35	0,19	0,23	0,55	0,26	0,72	0,60	0,38	0,51	0,31

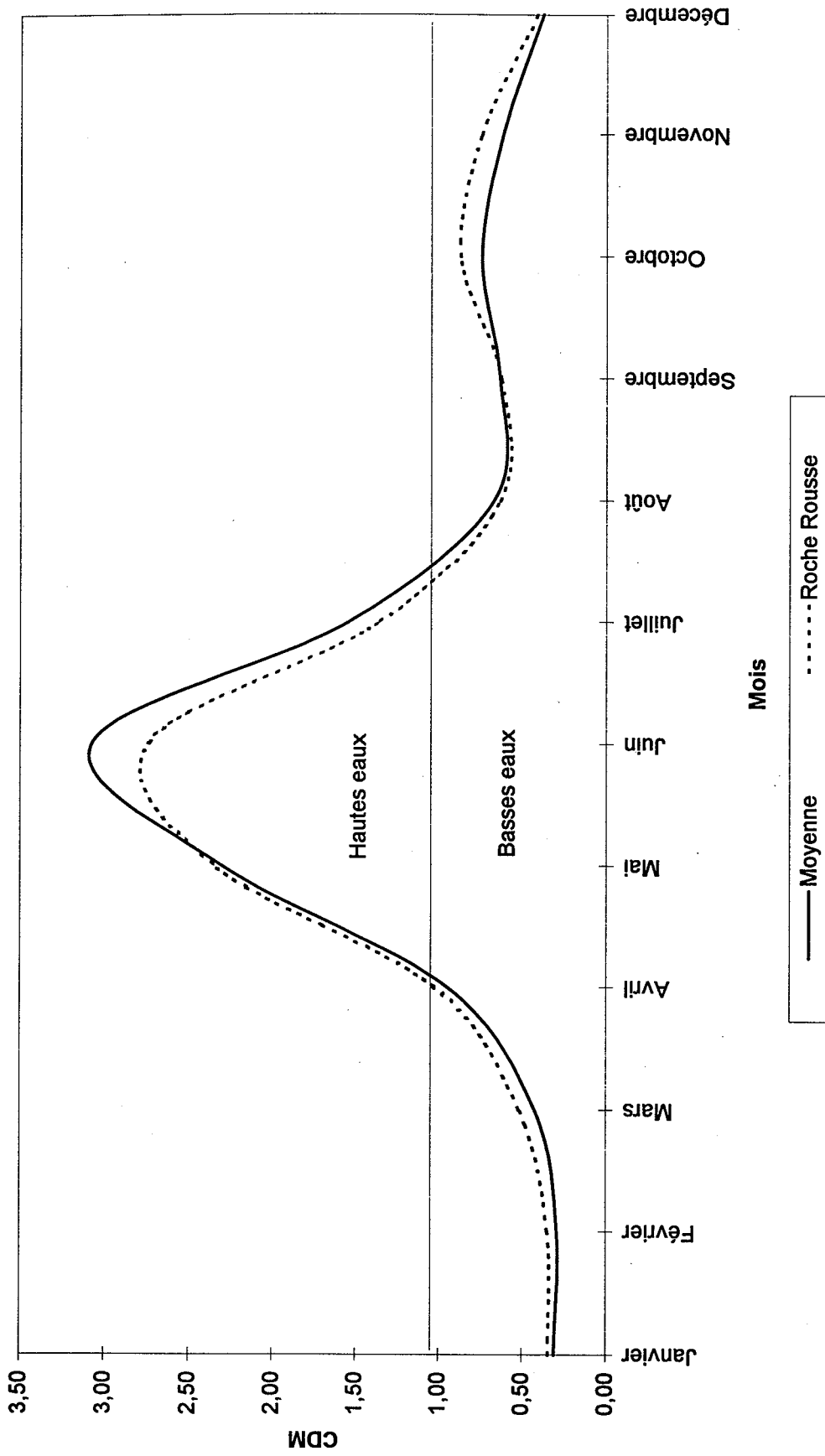
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Janvier	0,42	0,22	0,20	0,33	0,38	0,28	0,29	0,27	0,33	0,29
Février	0,30	0,25	0,21	0,29	0,43	0,27	0,24	0,39	0,46	0,37
Mars	0,33	0,29	0,42	0,32	0,71	0,27	0,35	0,59	0,72	0,47
Avril	1,00	1,46	0,97	0,54	1,05	1,14	0,80	0,95	0,66	0,55
Mai	2,28	2,89	1,71	3,34	2,66	2,38	2,16	2,00	1,97	2,32
Juin	3,57	3,24	3,48	2,28	3,19	2,85	1,91	2,59	3,73	3,62
Juillet	1,21	1,94	1,74	1,34	1,46	1,61	0,97	1,93	2,37	1,20
Août	0,50	0,65	0,66	0,67	0,52	0,73	0,52	0,96	0,80	0,45
Septembre	0,47	0,35	0,59	0,69	0,53	1,01	1,18	0,52	0,37	0,27
Octobre	0,74	0,24	0,91	1,13	0,48	0,59	1,87	0,97	0,25	1,53
Novembre	0,78	0,26	0,71	0,58	0,38	0,45	1,08	0,46	0,18	0,51
Décembre	0,40	0,19	0,41	0,38	0,32	0,35	0,65	0,32	0,18	0,38

Les coefficients mensuels de débit de l'Ubaye à Roche Rousse

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Janvier	0,34	0,33	0,51	0,34	0,23	0,44	0,22	0,24	0,40	0,39
Février	0,42	0,30	0,39	0,27	0,21	0,44	0,18	0,26	0,38	0,37
Mars	0,44	0,58	0,36	0,46	0,26	0,43	0,39	0,27	0,47	0,70
Avril	0,79	1,67	1,09	1,00	0,86	1,41	1,31	1,34	1,07	1,40
Mai	1,44	1,80	2,54	2,87	1,51	2,16	4,93	1,65	2,62	3,74
Juin	3,31	2,80	2,53	3,55	4,15	3,91	2,76	2,27	2,29	1,98
Juillet	2,20	1,42	0,77	1,50	1,75	1,36	1,21	1,74	1,41	0,94
Août	0,83	0,67	0,47	0,60	0,75	0,75	0,51	0,71	0,60	0,57
Septembre	0,53	0,82	0,58	0,43	0,57	0,44	0,48	0,51	0,46	0,47
Octobre	0,79	0,71	0,93	0,33	0,78	0,32	0,39	1,59	1,36	0,44
Novembre	0,59	0,43	1,15	0,30	0,55	0,36	0,29	0,86	0,55	0,43
Décembre	0,35	0,42	0,70	0,27	0,41	0,28	0,23	0,56	0,38	0,49

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	Roche Rousse
Janvier	0,29	0,29	0,41	0,40	0,42	0,45	0,57	0,61	0,34
Février	0,39	0,25	0,37	0,34	0,35	0,61	0,31	0,57	0,35
Mars	0,70	1,09	0,43	0,35	0,91	0,58	0,45	0,97	0,52
Avril	0,69	1,09	0,95	0,65	0,73	1,29	1,00	1,25	1,03
Mai	2,30	1,46	1,65	2,05	2,07	2,35	2,19	2,21	2,36
Juin	1,91	2,47	2,16	2,25	1,69	2,29	2,61	2,44	2,74
Juillet	0,80	1,01	1,54	1,02	0,72	1,22	1,33	1,37	1,35
Août	0,54	0,53	0,66	0,47	0,33	0,90	0,70	0,67	0,63
Septembre	0,46	0,82	0,72	0,69	1,58	0,80	0,50	0,46	0,63
Octobre	1,54	1,56	1,25	2,37	1,05	0,58	0,60	0,35	0,87
Novembre	1,29	0,89	1,18	0,78	1,61	0,45	0,95	0,74	0,74
Décembre	0,56	0,51	0,66	0,53	0,49	0,48	0,76	0,34	0,41

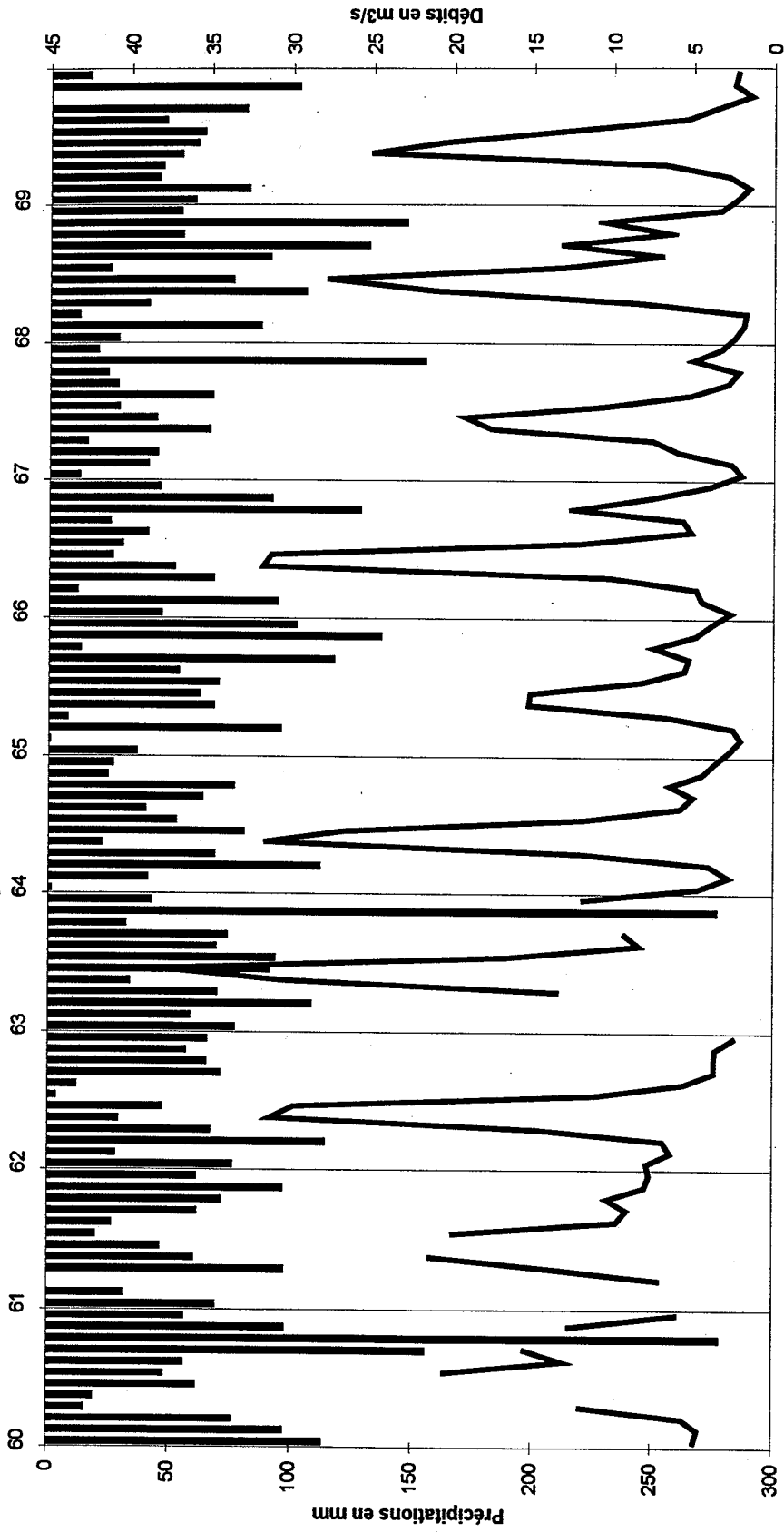
Les coefficients mensuels moyens de débit de l'Ubaye à Barcelonnette et Roche Rousse



BARCELONNETTE

Débits moyens mensuels de l'Ubaye

Précipitations totales mensuelles

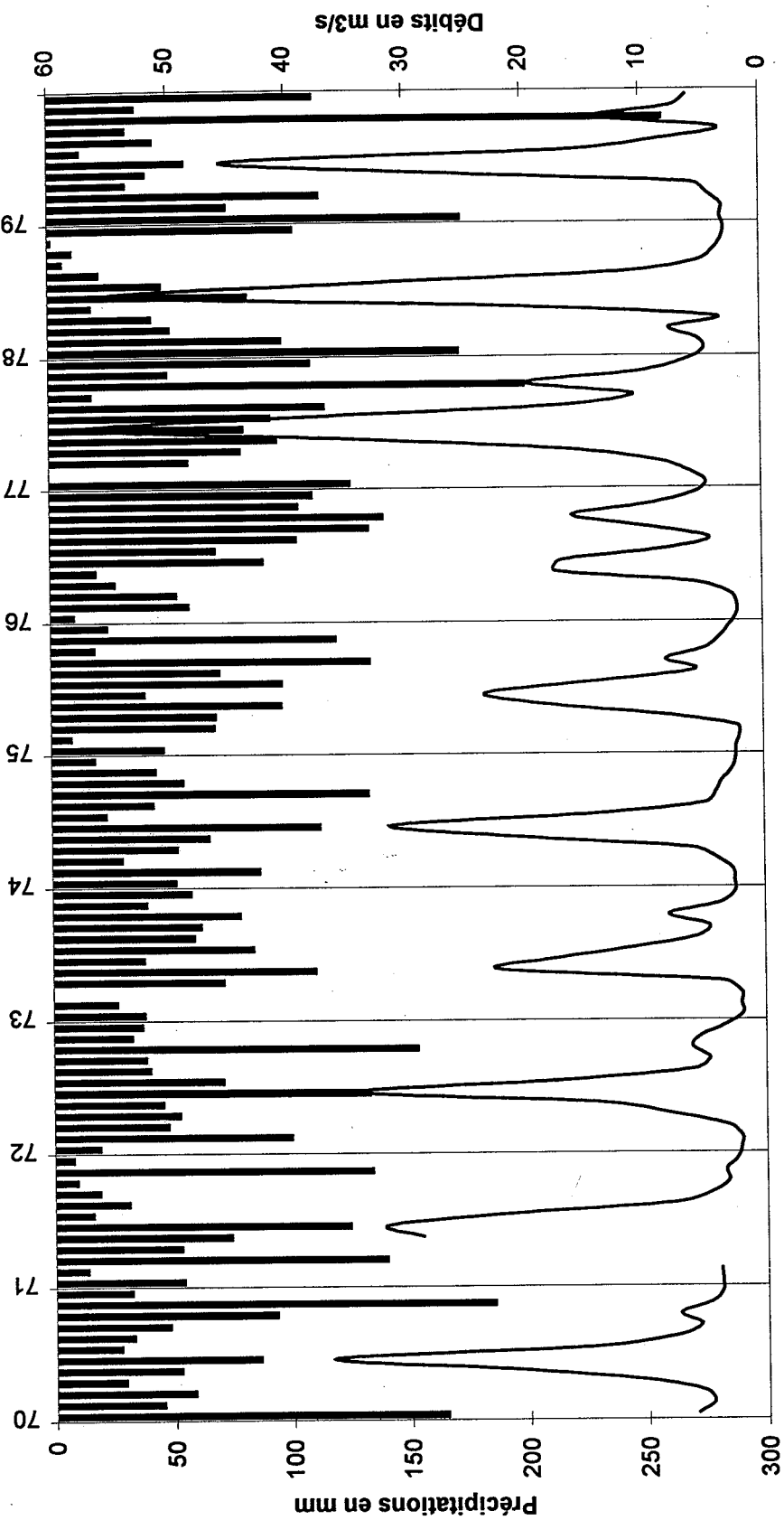


■ Pluie totale — Débits Moyens

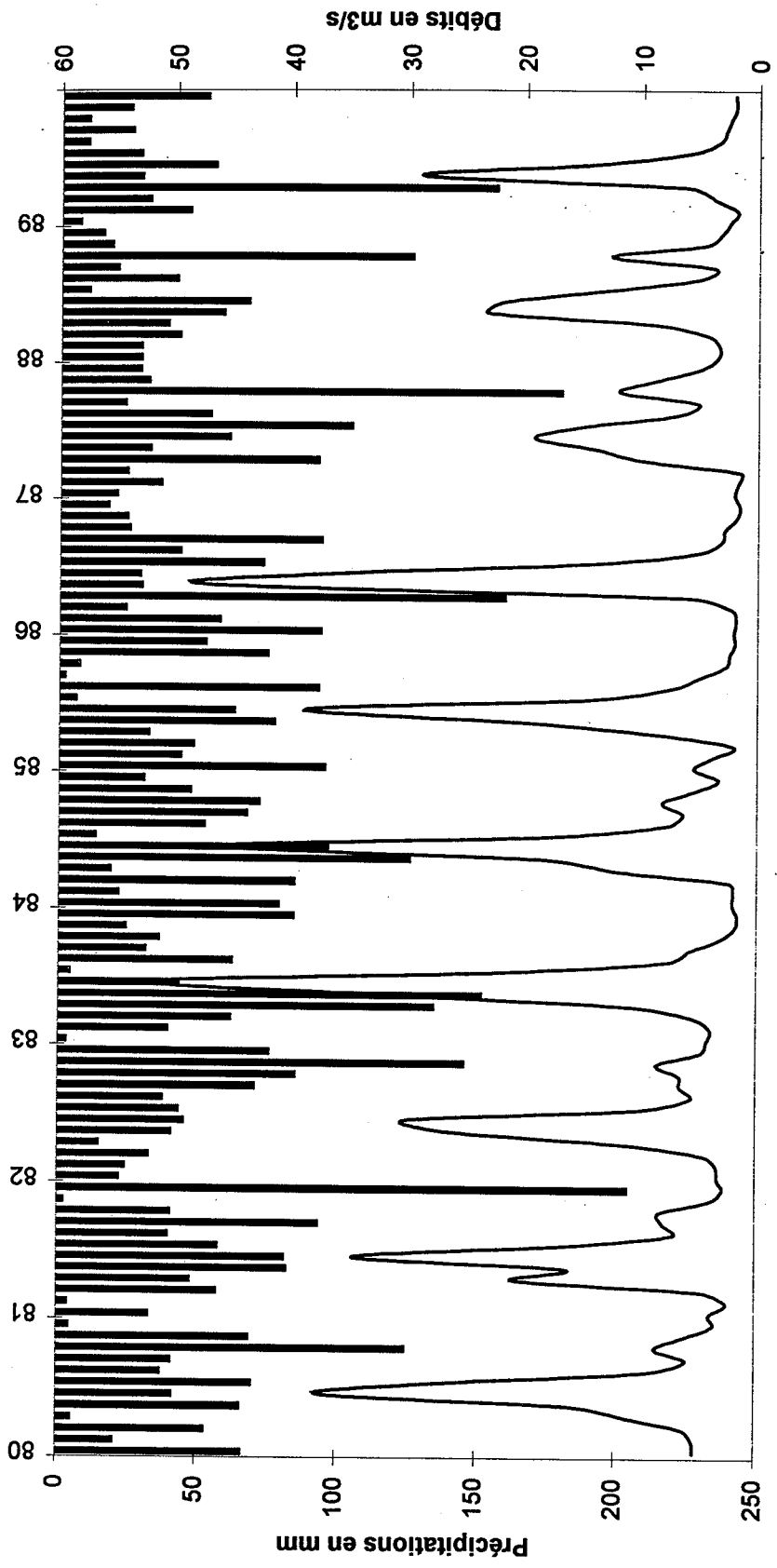
BARCELONNETTE

Débits moyens mensuels de l'Ubaye

Précipitations totales mensuelles



BARCELONNETTE
Débits moyens mensuels de l'Ubaye
Précipitations totales mensuelles

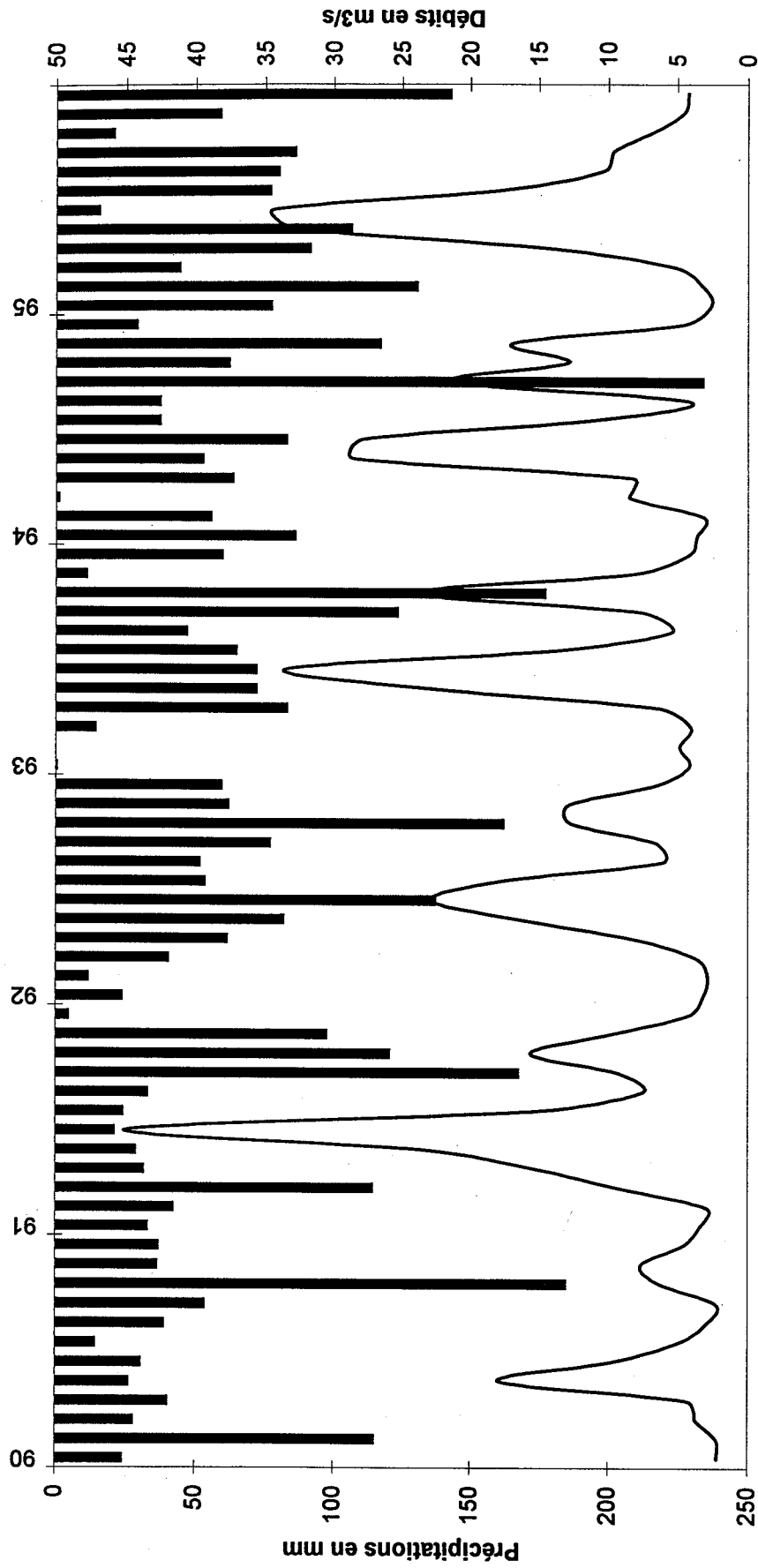


■ Pluie totale — Débits Moyens

BARCELONNETTE

Débits moyens mensuels de l'Ubaye

Précipitations totales mensuelles



■ Pluie totale — Débits Moyens