

## 5.4. Autres facteurs météorologiques

Parmi les facteurs régissant le climat d'une région, le vent, l'humidité relative de l'air, la durée d'ensoleillement et l'évaporation sont souvent appréciés. Au niveau du Nord-est algérien, les vents dominants sont de direction Nord-ouest et Sud-est. Les vents venant de la mer Méditerranée, plus fréquents en saison froide, sont des vents humides. Dans la région d'étude, la vitesse moyenne annuelle varie grossièrement de 2 m/s à Guelma à 3,5 m/s à Souk Ahras (Tableau 6).

**Tableau 6. Autres caractéristiques météorologiques du Nord-est algérien**

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jun	Jul	Aoû	Année
<b>Skikda : 1992-2012 (Source : ONM)</b>													
Humidité (%)	69,4	72,3	72,6	73,1	75,2	73,9	72,9	72,9	72,7	73,4	71,8	71,7	72,7
Ensoleillement (h)	244,6	214,4	151,8	133,5	145,4	161,8	217,0	234,1	282,4	307,0	349,0	315,6	2756,4
Vent moyen (m/s) <sup>5</sup>	2,7	2,9	3,5	3,7	3,4	3,2	3,1	3,0	2,6	2,7	2,7	2,7	3,0
Vent max (m/s)	15,8	16,1	19,6	21,9	18,7	20,2	20,5	19,4	16,3	15,7	14,3	16,8	17,9
Evaporation (mm)	101,5	125,1	112,1	73,9	70,6	85,5	100,6	82,8	88,3	104,6	110,4	114,1	1169,2
<b>Guelma : 1990-2003 (Source : Ladhani, 2007)</b>													
Humidité (%)	62,1	66,8	71,6	74,4	75	74,5	70,5	70,3	65,4	56,5	50,4	50,7	65,7
Ensoleillement (h)	243	204,6	162	145,7	161,2	173,6	198,4	216	266,6	303	331,7	297,6	2703,4
Vent moyen (m/s)	1,8	2	1,8	1,9	1,8	1,6	1,7	1,7	2	1,8	2	1,9	1,8
Evaporation (mm)	106,1	68,2	36,3	22,5	23,5	32,6	59,8	78,7	120,9	141	168,3	154,8	1012,7
<b>Constantine : 1990-2003 (Source : Ladhani, 2007)</b>													
Humidité (%)	59,1	66,1	71,9	77,5	78,1	74,5	71,9	70,9	64,1	55,8	48,8	49,6	65,7
Ensoleillement (h)	243	210,8	177	158,1	155,0	176,4	207,7	228,0	297,6	312,0	356,5	381,3	2903,4
Vent moyen (m/s)	2,3	2,1	2,5	2,7	2,2	2,4	2,5	2,7	2,2	2,4	2,2	2	2,4
Evaporation (mm)	106,4	63,8	35,3	20,2	19,9	32,5	60,9	83,2	121,7	150,5	169	151,8	1015,2
<b>Souk Ahras : 1990-2003 (Source : Ladhani, 2007)</b>													
Humidité (%)	59,8	66,9	72,9	76,6	78,4	74,1	73,1	72,6	65,4	57,4	48,4	50,8	66,4
Ensoleillement (h)	240	210,8	171	151,9	148,8	165,2	198,4	219	285,2	297	350,3	325,5	2763,1
Vent moyen (m/s)	3,0	2,9	3,3	3,7	3,5	3,8	3,8	3,9	3,1	3,4	3,5	3,0	3,4
Evaporation (mm)	111,9	68,8	40,6	25,7	25,4	39,5	65	83,8	124,8	153,6	181,2	160,7	1081,0
<b>Tebessa : 1990-2003 (Source : Ladhani, 2007)</b>													
Humidité (%)	53,6	59,3	65,1	70,6	70,6	64,4	59,1	56,2	47,9	42,2	40,9	43,9	56,2
Ensoleillement (h)	246	229,4	183	164,3	158,1	176,4	219	246	288,3	291	347,2	313,1	2861,8
Vent moyen (m/s)	2,7	2,4	2,9	3,1	2,8	3,3	3,4	3,8	3,5	3,1	3,1	2,5	3,1
Evaporation (mm)	114,2	74,2	48,5	28,2	26,9	44,2	74,7	95,2	141	168,5	197,9	162,5	1176,0

A l'échelle annuelle, l'humidité relative de l'air s'échelonne entre 56 % en milieu semi-aride (Tebessa) et 73 % à Skikda. Selon les données collectées au niveau des services de l'ONM, le Nord-est algérien est une région à la fois humide et ensoleillée. Le nombre d'heures

<sup>5</sup> Moyenne de la série : 1976-2006.

d'ensoleillement, variable avec la latitude, est compris entre 2700 et 2900 h/an; la moyenne étant de l'ordre de 2800 h/an. A titre d'exemple, Skikda reçoit plus de 10 heures de soleil par jour en été. L'action combinée de la vitesse du vent, de l'ensoleillement et de l'humidité confère à la zone d'étude un taux d'évaporation relativement élevé (1013 mm/an à Guelma et 1176 mm/an à Tébessa).

## 6. Le couvert végétal

Au Nord-est de l'Algérie, les facteurs climatiques (conditions d'aridité et de stress hydrique), topographiques (relief) et pédologiques (types de sol) imposent un certain nombre de limitations quant à la diversité et la densité de la flore. Grossièrement, la forêt algérienne est irrégulière, avec des peuplements feuillus ou résineux le plus souvent ouverts formés d'arbres de toutes tailles et de tous âges en mélange parfois désordonné.

Dans la zone tellienne, notamment le tell maritime plus humide, les résineux (pin d'Alep, pin maritime, cèdre) et les feuillus (chêne liège, chêne zen, chêne afarès, chêne kermès, chêne vert) constituent les principales essences forestières. Ce domaine humide et subhumide renferme des forêts denses constituées, d'Ouest en Est, par les subéraies des massifs de Bejaia, de la petite Kabylie, des massifs de Collo et de l'Edough et des confins Algéro-tunisiens où on rencontre le pin d'Alep sur le flanc sud des Monts de la Medjerda (Fig. 10).

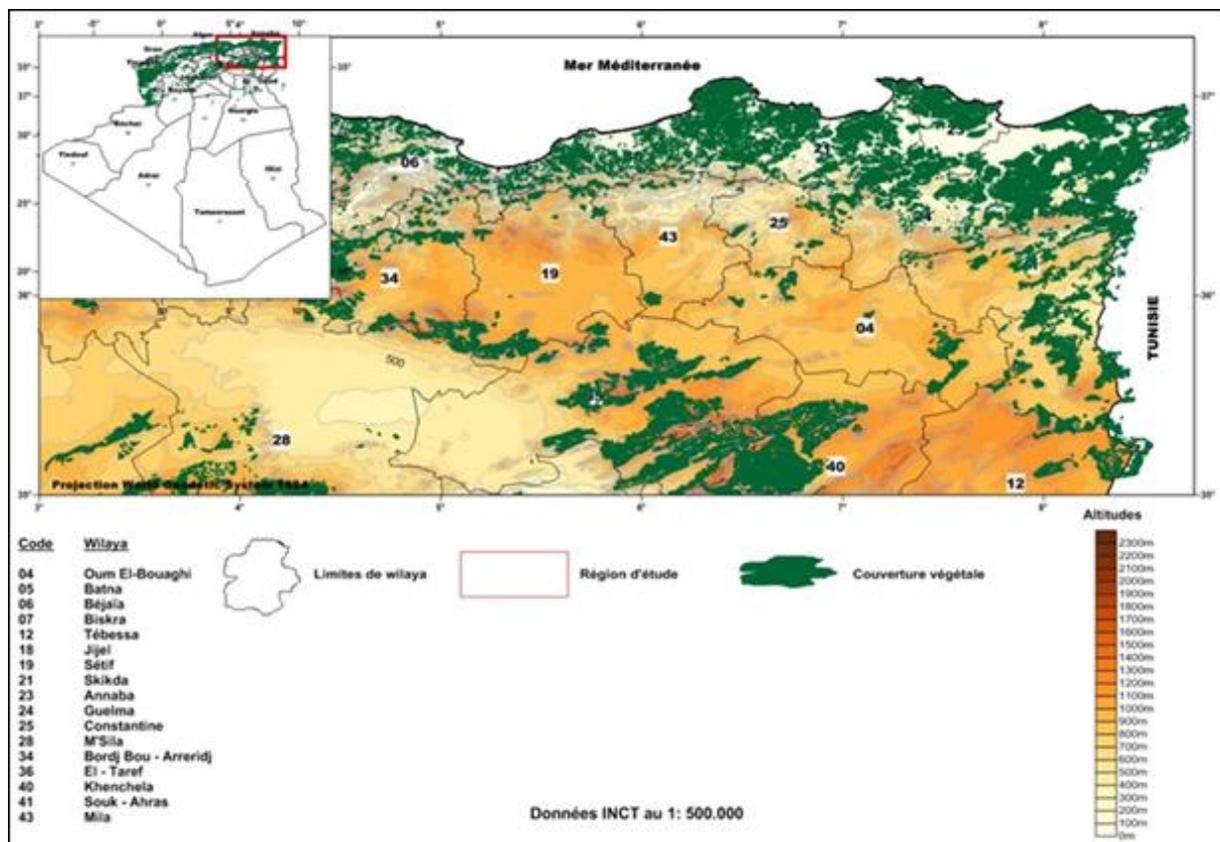
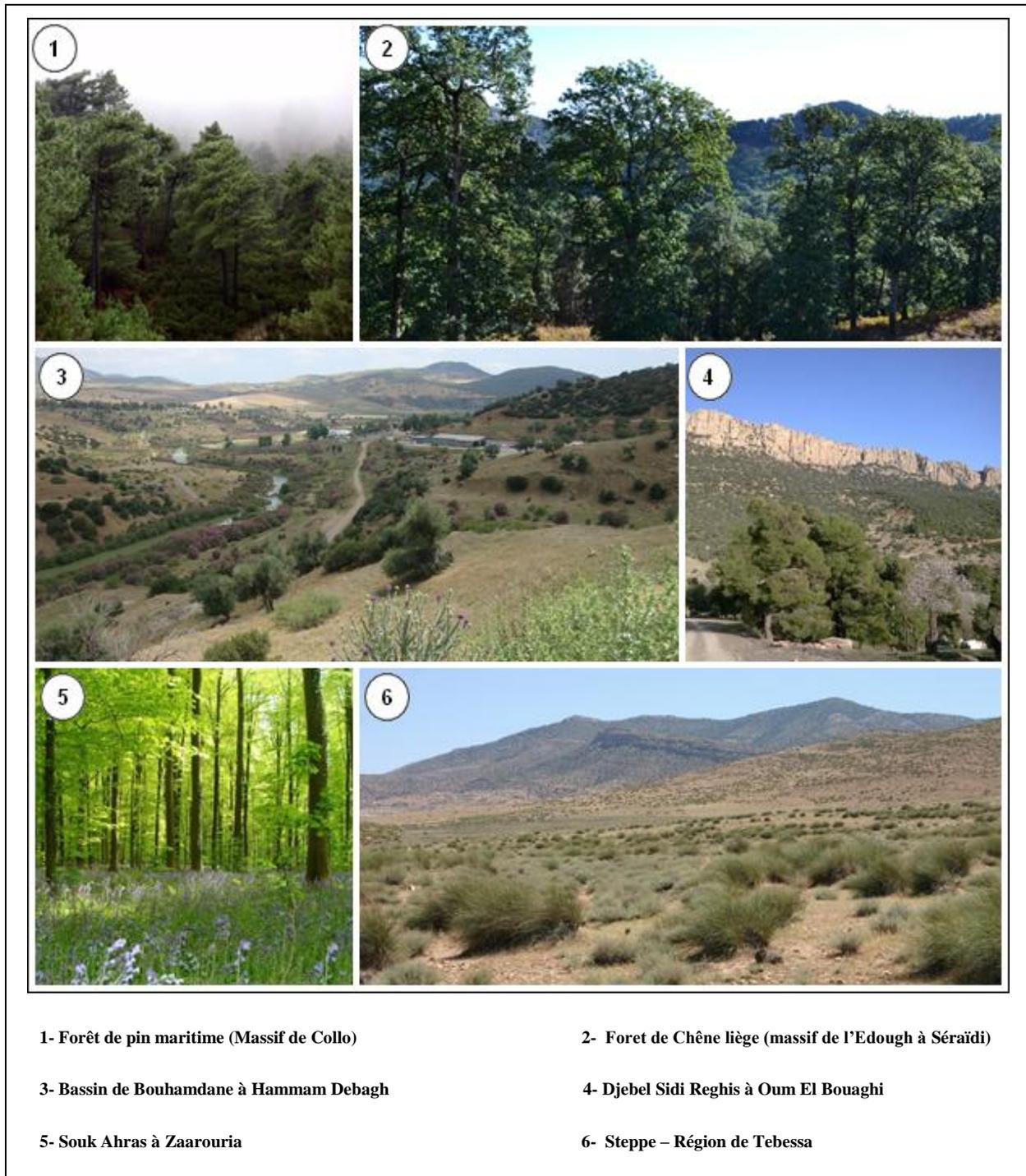


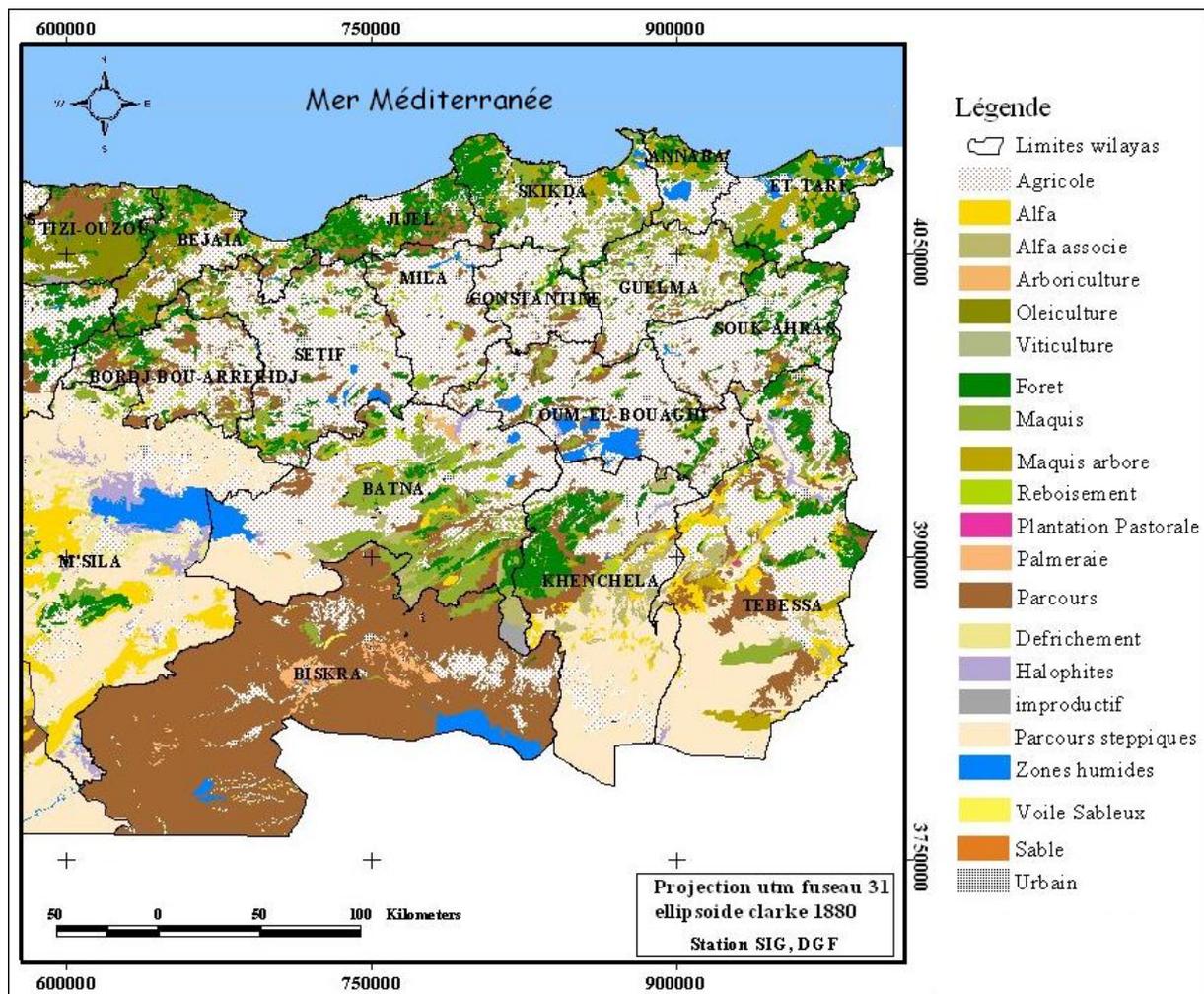
Fig. 10. Couverture végétale dans la partie Nord-est de l'Algérie

La zone intermédiaire est caractérisée une couverture végétale moins développée. Il s'agit de forêts, maquis et matorrals plus ou moins dégradés, terrains agricoles et broussailles. Enfin, la zone semi-aride ou sub-steppique est marquée par la disparition des forêts et l'apparition des espèces steppiques (alpha, pâturage) avec, par endroit, quelques lambeaux de broussailles de chêne vert (Photo 6).



**Photo 6. Diversité du couvert végétal du Nord vers le Sud dans le Nord-est algérien**

Les terres cultivées au niveau des plaines littorales : plaines de Jijel, de Skikda (périmètre irrigué du Saf Saf) et Annaba (Périmètre de Bounamoussa) et les plaines sub-littorales sont caractérisées par les cultures délicates (agrumes et primeurs). Le domaine semi-aride est marqué par la présence de céréaliculture. La carte de l'occupation du sol suivante (Fig. 11), établies par la Direction Générale des Forêts (DGF) fournit plus de détails sur la répartition du couvert végétal au niveau du Nord-est algérien.



**Fig. 11. Distribution des principales espèces végétales au niveau du Nord-est**  
(DGF in Nedjraoui, 2009, modifiée)

## 7. Aperçu géologique

L'Algérie du Nord ou le domaine septentrional fait partie de la chaîne alpine. C'est une zone instable par opposition à l'Algérie saharienne qui est un domaine plus stable. Il s'agit de la chaîne des Maghrébides d'âge Tertiaire (Delga et Fontboté, 1980). Du Nord au Sud, la zone

est constituée d'un empilement de nappes au cours de phases tectoniques successives (Vila, 1980). Ces nappes sont formées de matériaux très diversifiés. On distingue :

**a- Les zones internes :** sont caractérisées par la présence d'un certain nombre de noyaux métamorphiques anciens le long du littoral qui sont, d'Est en Ouest, le massif de l'Edough et l'ensemble Kabyle. Le domaine interne regroupe les massifs kabyles et leur couvert Paléozoïque et une bande étroite de terrains carbonatés, située plus au Sud que les massifs kabyles, datée du Trias à l'Eocène. C'est la dorsale kabyle (ou chaîne calcaire) qui est vivement plissée et écaillée par une tectonique tangentielle fini-Eocène. De point de vue structural, les zones internes sont constituées par plusieurs nappes charriées sur la plate forme saharienne. Cet ensemble de nappes est recouvert par des formations détritiques (conglomérats grésomiacés) de l'Oligo-Miocène kabyle ou OMK (Bouillin et Raoult, 1971).

**b- Le domaine des flyschs** occupe essentiellement une position allochtone par rapport aux zones externes. Deux grands types de séries ont été distingués, au Nord les flyschs mauritaniens décrits par Gelard (1979) et au Sud les flyschs du type Massylien décrits par Raoult (1969).

**c- Le domaine externe (les séries telliennes)**

En Algérie orientale, les séries telliennes comportent trois grandes unités découpées par des phases tectoniques tertiaires à prédominance marneuse (Vila, 1970 ; Wildi, 1983). Ce sont du Nord vers le Sud :

- **les séries ultra-telliennes** représentées par les formations typiques du Crétacé inférieur. Elles sont constituées par des formations marno-calcaires de couleur claire renfermant de riches microfaunes.

- **les séries telliennes** sont constituées par des sédiments vaseux de teinte sombre du Crétacé inférieur et sont plus ou moins riches en dépôts terrigènes. Les faciès néritiques sont modérés et sont datés du Crétacé supérieur à l'Eocène.

- **les séries péni-telliennes** montrent une sédimentation à faciès néritique prépondérante du Crétacé supérieur à l'Eocène. Cette sédimentation carbonatée est proche de celle qui se dépose sur la plate forme néritique. Elle présente des caractères proches de ceux du Néritique constantinois et des unités sud sétifiennes (Fig. 12).

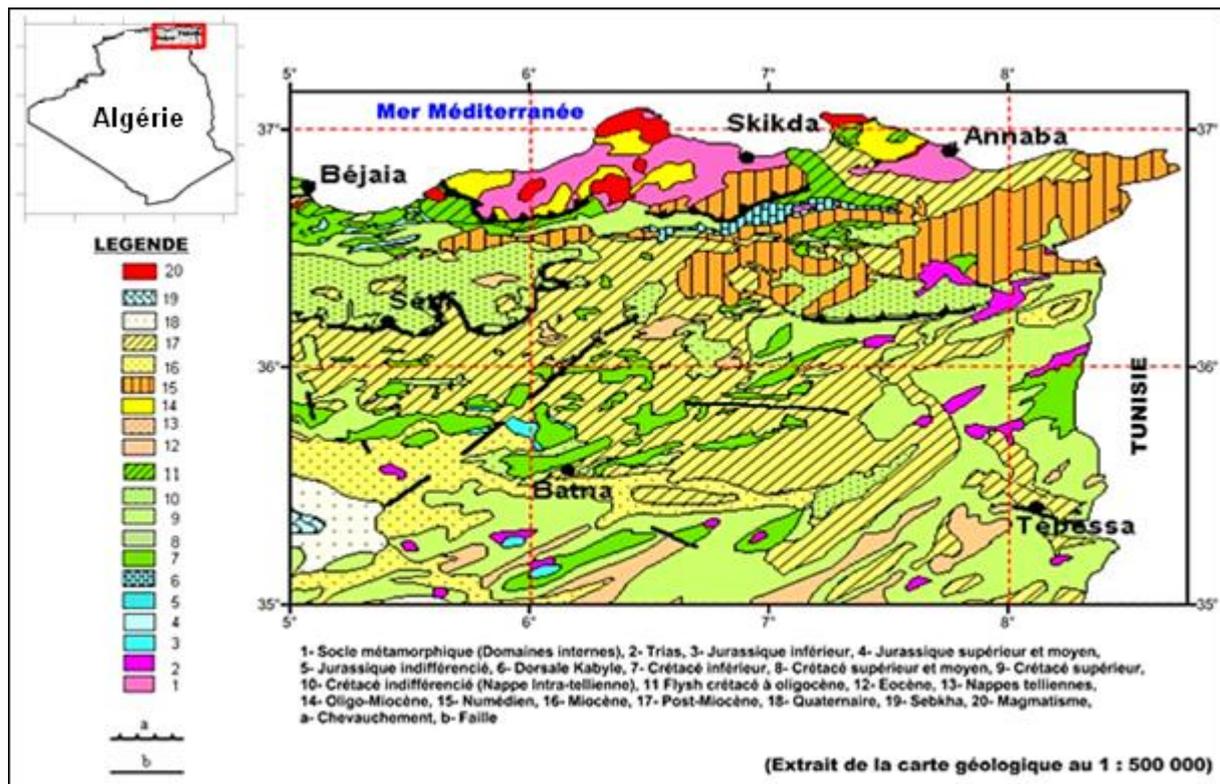


Fig. 12. Esquisse géologique de la région d'étude

## 8. Notion sur le régime hydrologique des cours d'eau

Dans le Nord-est algérien, les cours d'eau exoréiques s'écoulent vers la mer Méditerranée à des débits variables dont l'indigence en période d'étiage s'oppose nettement à l'importance des apports en période des crues. Le régime hydrologique des cours d'eau résume l'ensemble des variations saisonnières des débits entre les hautes et les basses eaux en fonction des principaux facteurs régissant l'écoulement de surface (situation géographique, précipitations, caractéristiques physiographiques du bassin versant, type de sol, etc.). Autrement dit, il se définit par la variabilité spatiale et temporelle des débits. Dans le Nord-est algérien, les cours d'eau, à alimentation essentiellement pluviale, se caractérisent par des apports très variables dans le temps et dans l'espace. L'apport annuel moyen à l'exutoire des bassins est estimé à  $3250 \text{ Hm}^3$  ( $103 \text{ m}^3/\text{s}$ ) pour les côtiers constantinois, à  $910 \text{ Hm}^3$  ( $29 \text{ m}^3/\text{s}$ ) pour Kébir-Rhumel et à  $450 \text{ Hm}^3$  ( $14 \text{ m}^3/\text{s}$ ) pour la Seybouse (Mébarki, 1999). L'oued Medjerda et son affluent Mellegue, dont la source est située en Algérie et dont les lits sont principalement sur le territoire tunisien, se caractérisent par des écoulements permanents sur l'ensemble de leurs cours ; les apports moyen annuels sont de l'ordre de  $40 \text{ Hm}^3$  pour la Medjerda à Souk Ahras (série : 1968-1984) et  $90 \text{ Hm}^3$  pour le Mellegue à Ouenza (série : 1970-1992). En effet, les écoulements connaissent des contrastes très marqués dans le temps et dans l'espace ; les

coefficients de variation (Cv) sont élevés aussi bien à l'échelle mensuelle qu'annuelle (tableau 7).

**Tableau 7. Variabilité spatiale et temporelle des débits des principaux cours d'eau dans la zone d'étude (Source de données : ANRH)**

Statistique	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aoû	Année	Qmax et date
Medjerda à Souk Ahras (série: 1968-1985)														
Min	0,02	0,03	0,04	0,1	0,16	0,31	0,38	0,53	0,17	0,06	0,02	0	0,43	
Max	0,2	1,4	5,5	9,4	10,5	7,4	23,3	7	2,2	0,3	0,1	0,1	3,6	
Moy	0,06	0,24	0,53	1,55	2,52	2,62	3,54	2,38	0,69	0,17	0,06	0,04	1,27	345 mars-73
S	0,05	0,43	1,31	2,66	3,26	2,33	5,22	1,82	0,55	0,09	0,03	0,02	0,87	
Cv (%)	80	175	245	171	129	89	148	76	80	56	42	46	68	
Mellegue à Ouenza (1971-1992)														
Min	0,05	0	0,04	0,01	0,02	0,01	0,01	0,04	0,02	0,02	0	0	0,88	
Max	27,3	19,3	14	8,5	19,3	12,8	29	13,9	17,2	15,4	11,7	36,7	6,5	
Moy	3,69	3,78	2,79	1,55	1,55	1,97	2,92	2,66	3,75	3,21	1,29	4,02	2,76	1560 oct-88
S	6,55	5,16	4,58	2,99	4,46	3,59	6,66	3,87	4,98	3,92	2,79	9,5	1,56	
Cv (%)	178	137	164	193	288	182	228	145	133	122	217	236	57	
Kébir-Est à Ain Assel (1960-2003)														
Min	0	0	0	0,02	0,07	0,66	0,5	0,11	0,05	0	0	0	0,48	
Max	4,7	11	26,4	58,5	102,4	53,5	70,3	38,1	28,4	2,5	3,1	1	21,3	
Moy	0,3	1	5	11,5	17	17,4	10,7	9	3,3	0,4	0,2	0,1	6,3	585 nov-76
S	0,73	1,94	7,16	15,54	17,67	14,63	12,42	10,32	5,22	0,49	0,5	0,22	4,12	
Cv (%)	270	192	143	135	104	84	116	114	160	117	262	233	65	
Bounamoussa à Chaffia (1977-2000)														
Min	0,02	0,05	0,06	0,54	1,72	1,05	1,3	0,42	0,42	0	0,21	0,23	2,74	
Max	5,6	3	28,9	86,5	89,1	112,6	45,2	56	47	4,6	5,2	5,3	28,2	
Moy	1,9	1,5	6,9	17	22,1	25,3	15,5	13,2	7,5	2,1	2,6	2,2	9,84	
S	1,36	1,06	8,97	22,85	24,95	31,8	13,07	17,24	11	1,25	1,55	1,46	6,49	
Cv (%)	72	72	131	134	113	125	84	130	147	61	60	68	66	
Seybouse à Mirbek (série: 1968-1994)														
Min	0	0,33	0,48	0,57	0,29	0,34	2,36	1,29	0,46	0,07	0	0	1,19	
Max	19,5	18,1	65	81,1	114,1	99,9	190,1	65,7	26,3	19	14,2	11	33,6	
Moy	3,1	3,6	7	14,3	24,7	19,7	24,7	19	7	3	1,8	2	10,9	677 mars-91
S	4,58	3,85	13,17	21,22	31,6	21,42	38,57	19,04	6,46	3,92	2,85	2,96	8,55	
Cv (%)	148	107	187	149	128	109	156	100	93	132	160	145	79	
Kébir-Ouest à Ain Charchar (1968-1997)														
Min	0	0	0,02	0,2	0,22	0,38	0,37	0,13	0,03	0	0	0	0,3	
Max	1,4	8,8	30,3	40,7	55,6	81,2	46,5	27,9	7,3	1,1	0,9	0,1	15,4	
Moy	0,15	1,03	2,32	6,68	12,17	12,78	9,37	5,69	1,16	0,26	0,07	0,02	4,4	547 mars-84
S	0,3	2,1	6	11,3	15,5	20,1	11,7	7,7	1,4	0,3	0,2	0	4,3	
Cv (%)	206	207	260	169	128	158	124	135	124	110	251	142	98	
Saf Saf à Khemakhem (1968-2002)														
Min	0	0	0	0	0,03	0,06	0,04	0,03	0,01	0	0	0	0,04	
Max	0,65	1,38	3,74	19,18	11,72	14,11	14,67	6,18	7,58	4,84	0,33	0,17	4,1	
Moy	0,05	0,15	0,43	1,91	2,38	2,94	2,45	1,37	0,66	0,21	0,03	0,02	1,06	745 févr-84
S	0,12	0,27	0,93	3,74	3,24	3,59	3,11	1,69	1,33	0,82	0,06	0,03	0,88	
Cv (%)	262	180	219	196	136	122	127	123	203	389	181	180	83	
Kébir-Rhumel à El Ancer (1972-1984)														
Min	0,85	2,22	3,12	2,44	4,05	7,25	3,11	6,28	1,59	1,89	1,05	0,59	9,14	
Max	22,5	59	74,7	331,9	195,3	249,6	261,2	160,9	30,6	19,5	10,4	10,1	70,4	
Moy	3,8	14,2	16,4	56,8	58,5	64,4	66,5	37	13,4	6,5	3,2	2,6	28,6	6360 déc-84
S	5,5	17,2	17,9	81,6	51,6	60,9	66	39,2	8,8	4,5	2,4	2,5	16,4	
Cv (%)	147	122	109	144	88	94	99	106	65	69	75	93	57	

L'évolution des débits au niveau des différents oueds dépend essentiellement du régime pluviométrique; les maxima sont enregistrés, dans la plus part des cas, durant la période humide ou pluvieuse (Décembre-Avril) pendant laquelle plus de 80 % de l'apport annuel moyen transitent par les stations de contrôle. Pendant les étiages, certains oueds affichent moins de 1 Hm<sup>3</sup>/mois. Le débit annuel moyen varie de 0,2 à 6 m<sup>3</sup>/s dans les côtiers constantinois et de 0,4 à 26 m<sup>3</sup>/s dans le Kébir-Rhumel. Grossièrement les apports annuels, très variables, s'échelonnent entre 30 et 900 Hm<sup>3</sup>/an. Les bassins les plus ruisselants sont ceux des côtiers constantinois Est et Ouest (Mebarki, 2010). Faut-il noter, encore une fois que ces valeurs cachent des réalités importantes sur les magnitudes des crues de ces cours d'eau. En effet, les débits maxima absolus enregistrés sont beaucoup plus grands. A titre d'exemple, les débits de pointe des crues affichés dans les chroniques étudiées est de 745, 1560 et 6360 m<sup>3</sup>/s dans les bassins versants des oueds Saf Saf, Mellegue et Kébir-Rhumel, respectivement.

## **9. Conclusion**

Faisant partie du Nord-est algérien, la région étudiée représente une zone intermédiaire entre le domaine tellien à très forte influence méditerranéenne au Nord et le domaine des hautes plaines à forte influence continentale au sud. L'action conjuguée de la topographie, de la géologie et du climat confère au Nord-est algérien des possibilités hydriques très importantes dont le renouvellement est, en grande partie, assuré par les pluies. Si les hauteurs de pluies annuelles et saisonnières assurent la pérennité des écoulements souterrains et superficiels, elles ne peuvent expliquer à elles seules le caractère imprévisible des pluies les plus intenses car elles ont tendance à lisser les variabilités dans le temps de la pluviosité, et à masquer de ce fait les caractéristiques énergétiques des averses.

Les pluies, plus clémentes au nord qu'au Sud de l'aire d'étude, tombent sous forme d'averses de courte durée, parfois violentes, dues à des perturbations météorologiques locales ou généralisées. La brutalité des pluies extrêmes provoquent parfois des inondations dont les dégâts matériels et humains ne cessent de s'accroître aussi bien en Algérie qu'ailleurs. Ainsi, le traitement des données relatives aux pluies quotidiennes extrêmes dans la zone d'étude fait l'objet du chapitre suivant.

# **CHAPITRE II**

## **PLUIES JOURNALIERES MAXIMALES - ANALYSE EXPLORATOIRE DES DONNEES**

### **1. Introduction**

Dans toute étude hydrologique, la collecte et la critique des données constituent une phase capitale. De ce fait, il est accordé un investissement assez conséquent à l'analyse et à la critique des données pluviométriques enregistrées au niveau du Nord-est de l'Algérie. Dans ce chapitre on présente le réseau de mesure, les données pluviométriques brutes et la vérification de la qualité des données collectées afin de créer une base de données fiable et prête aux diverses analyses, notamment l'Analyse Exploratoire des Données (AED) et l'Analyse Fréquentielle (AF). Si ces deux dernières ont pour but d'aboutir à des résultats fiables ou dignes de confiance, elles doivent être basées sur des séries des données pertinentes, acceptables et précises. *La pertinence* implique que la série des données est bien appropriée à la nature du problème à résoudre. A titre d'exemple, l'étude des pluies extrêmes exige l'utilisation d'une série de données des pluies maximales enregistrées pendant une durée donnée et non pas une série de données mensuelles ou annuelles des pluies.

*L'acceptabilité* réfère essentiellement à la taille de l'échantillon qui doit être suffisante. En effet, les probabilités calculées à la base de séries très courtes ne peuvent donner des résultats plus ou moins sûrs et dignes de confiance.

*La précision* réfère aux problèmes d'homogénéité des mesures. Bien que les données pluviométriques, par exemple, soient plus ou moins précises, elles peuvent ne pas convenir à une analyse probabiliste si des changements importants dans la position de la station (distance horizontale et/ou altitude), dans l'environnement du site de mesure (obstructions dues à la construction d'immeubles ou la plantation d'arbres) ont eu lieu. Ceux-ci peuvent altérer les modalités de réception de la pluie et, par conséquent, entraîner une hétérogénéité dans la série des données.

### **2. Acquisition des données : le réseau pluviométrique**

Le Nord-est de l'Algérie est recouvert d'un réseau de stations de mesure assez conséquent comportant cent quarante-quatre (144) stations équipées d'un pluviomètre et 24 stations équipées d'un pluviographe (Fig. 13). Les données pluviométriques de base nécessaires à cette étude sont collectées auprès du Service Hydrologique de l'ANRH (antennes d'Annaba, Constantine, Jijel et Bir Mourad Raïs) et des services de l'ONM d'Alger et d'Annaba (Annexe 2).

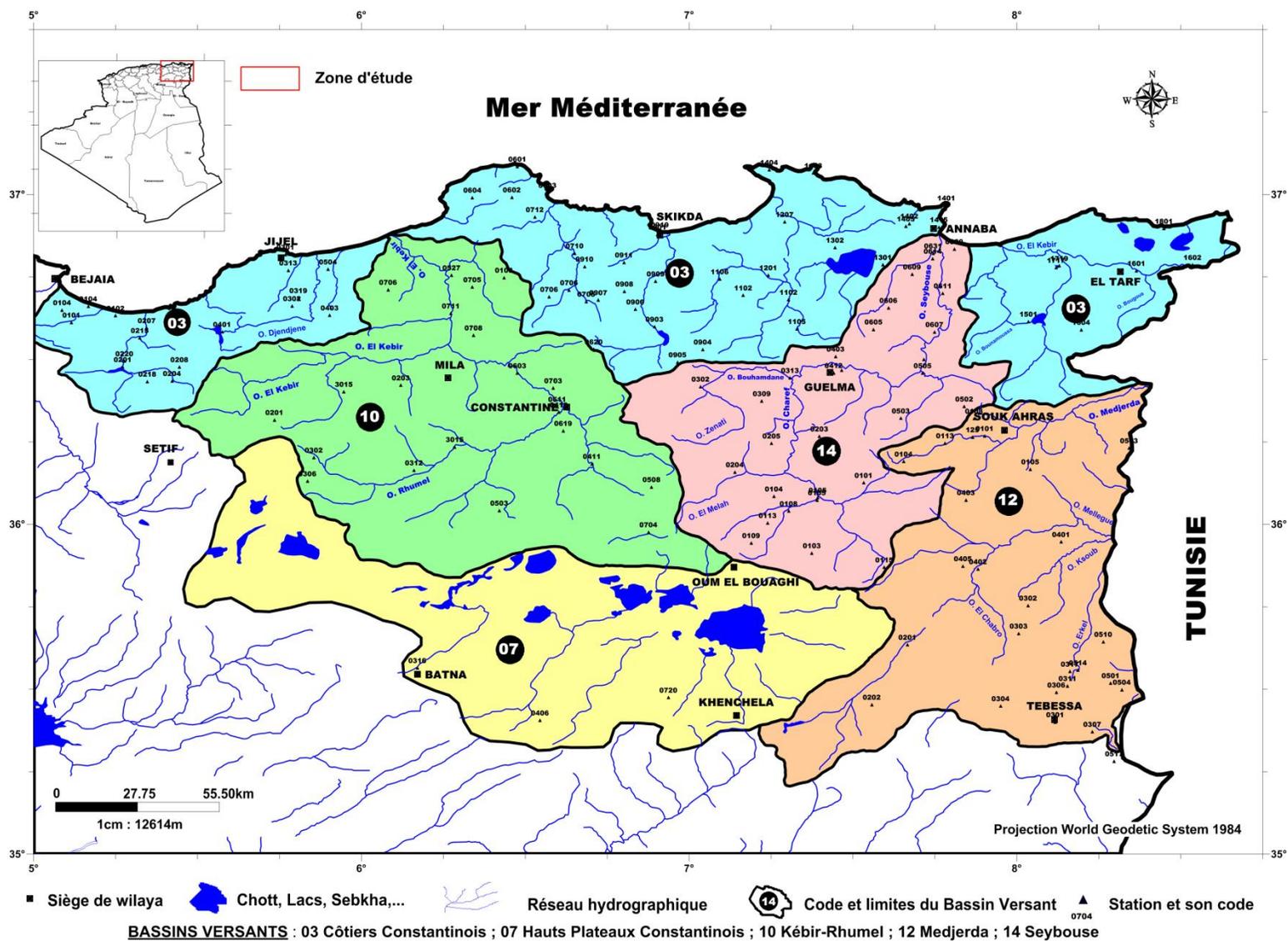


Fig. 13. Répartition des postes pluviométriques dans la zone d'étude.

Pour chaque station, les données sont organisées sous forme de fichiers opérationnels où on trouve les valeurs mesurées des pluies quotidiennes dont celles des pluies journalières maximales ( $P_{jmax}$ ) pour chaque mois de l'année et ceci sur de longues périodes d'enregistrement (plusieurs années). Une pluie journalière maximale est définie comme étant la plus grande quantité d'eau enregistrée en 24 Heures entre 8 : 00 du jour J et 8 :00 du jour J+1. Compte tenu de la disponibilité de l'information recherchée dans ces divers fichiers et des objectifs, un premier tri a permis de retenir les données de dix-neuf (19) stations pluviométriques dans le bassin des côtières constantinois, vingt et un (21) stations au niveau de la Seybouse, quatorze (14) stations dans le bassin du Kébir-Rhumel et dix-neuf (19) stations dans le bassin de la Medjerda. Les postes pluviométriques dans le bassin des Hauts Plateaux Constantinois, où l'écoulement est essentiellement endoréique, sortent du cadre de cette étude. Seule la station pluviométrique de Batna est considérée pour des fins d'extrapolation spatiale. Ainsi, le nombre total de postes pluviométriques jugés représentatifs de la région d'étude s'élève à 74. Les coordonnées des diverses stations sont données en annexe 2. Cette nouvelle base de données contient des stations qui présentent des lacunes au niveau des observations qu'il faut combler. Selon le cas, quatre méthodes de reconstitution des données sont utilisées : la moyenne arithmétique, la méthode des distances inverse (version US National Weather Service), la méthode du rapport normal et celle des doubles cumuls.

### **3. Reconstitution des données manquantes**

Elle constitue une phase importante avant toute analyse statistique de données afin d'obtenir des séries plus au moins complètes et longues assurant des résultats plus précis sur l'événement étudié.

#### **3.1. La moyenne arithmétique simple**

Cette méthode consiste à remplacer la valeur manquante par la moyenne de la série. Elle est appliquée pour les séries présentant une ou deux lacunes seulement.

#### **3.2. La méthode des distances inverses**

Appelée également la méthode du cadran par l'US-National Weather Service, cette technique consiste à estimer les valeurs des pluies manquantes en traçant sur une carte topographique à une échelle appropriée deux axes de coordonnées orthogonaux ayant pour origine les coordonnées du point représentatif de la station lacunaire (X). Chacun des quatre cadrans

obtenus (d'est en ouest : I, II, III et IV) peut contenir une ou plusieurs stations avoisinantes distantes de  $d_i$  de la station à corriger (X). La valeur à estimer  $P_x$  est déterminée à l'aide de la moyenne pondérée des valeurs des stations les plus proches de la station considérée. Le coefficient de pondération ( $f_i$ ) est déterminé par l'inverse de la racine carrée de la distance ( $d_i$ ) mesurée entre la station lacunaire et la station de référence la plus proche dans le cadran i.

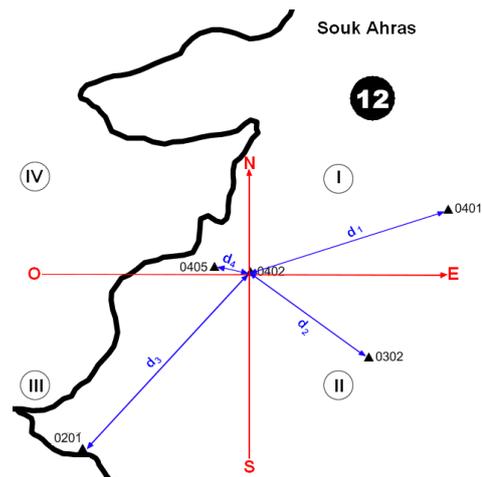
Ainsi, la valeur à estimer ( $P_x$ ) est obtenue par la relation suivante :

$$P_x = \frac{\sum(f_i \times P_i)}{\sum f_i} \quad (1)$$

où la sommation se fait de  $i=1$  jusqu'à 4. Les tableaux 8 à 10 et les schémas explicatifs correspondants illustrent le calcul de la pluie manquante par la méthode du cadran pour différentes situations.

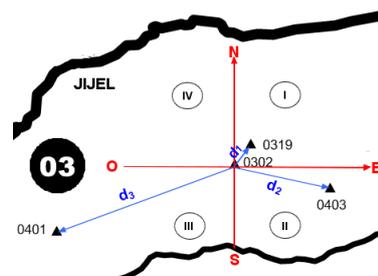
**Tableau 8. Station El Aouinet- Calcul de la pluie manquante de l'année 1998 (méthode du cadran : 4 stations de référence)**

Code et nom de la station	Cadran N°	$P_i$ (mm)	$d_i$ (cm)	$f_i = \frac{1}{\sqrt{d_i}}$	$P_i \times f_i$
120401 Ouneza	I	47,5	3,8	0,513	24,367
120302 Boukhadra	II	55	2,6	0,620	34,110
120201 Meskiana	III	25,2	4,5	0,471	11,879
120405 Messloula	IV	26,9	0,6	0,471	11,879
Somme				2,9	105,1
120402 El Aouinet		<b>36,3 mm</b>			



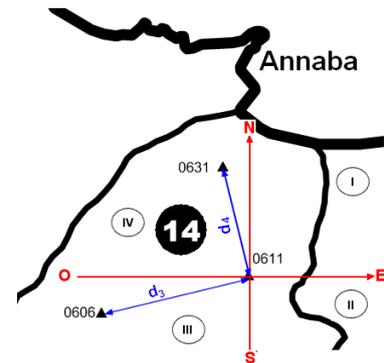
**Tableau 9. Station de Texanna- Calcul de la pluie manquante de l'année 1991 (méthode du cadran : 3 stations de référence)**

Code et nom de la station	Cadran N°	$P_i$ (mm)	$d_i$ (cm)	$f_i = \frac{1}{\sqrt{d_i}}$	$P_i \times f_i$
30319 Harma	I	60,8	0,7	1,195	72,670
30403 Fedouls	II	65	1,5	0,816	53,072
30401 Erraguène	III	126,2	3	0,577	72,862
-	IV	Pas de station dans le cadran			
Somme				2,6	198,6
30302 Texanna		<b>76,7 mm</b>			



**Tableau 10. Station de Kef Mourad- Calcul de la pluie manquante de l'année 1977  
(méthode du cadran : 2 stations de référence)**

Code et nom de la station	Cadran N°	P <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (cm)	$f_i = \frac{1}{\sqrt{d_i}}$	P <sub>i</sub> × f <sub>i</sub>
-	I	Pas de station dans le cadran-			
-	II	Pas de station dans le cadran-			
140606	Ain Berda	27	2,2	0,674	18,203
140631	Pont Bouchet	48,9	2,1	0,690	33,744
Somme				1,364	51,948
140611	Kef Mourad	<b>38,1 mm</b>			



### 3.3. La méthode du rapport normal

Cette méthode, appliquée par l'US-Environnemental Service, est fondée sur les notions de la régression linéaire multiple. La pluie manquante (P<sub>x</sub>) à la station lacunaire X peut être approximée à partir des pluies enregistrées aux trois stations de références les plus proches par la formule suivante :

$$P_x = \frac{N_x}{3} \left[ \frac{P_a}{N_a} + \frac{P_b}{N_b} + \frac{P_c}{N_c} \right] \quad (2)$$

où P<sub>a</sub>, P<sub>b</sub> et P<sub>c</sub> sont respectivement les pluies aux stations avoisinantes (ou stations de référence) pour la période considérée. Les quantités N<sub>x</sub>, N<sub>a</sub>, N<sub>b</sub> et N<sub>c</sub> sont les pluies normales (ou modules pluviométriques moyens) calculées sur une période assez longue.

Faut-il ajouter que cette méthode est applicable si l'écart relatif absolu entre la normale de la station de référence et celle de la station lacunaire, calculé par la relation :

$$E_a = 100 \times \left| \frac{N_i - N_x}{N_i} \right| \quad (3)$$

est supérieur à 10 % ; l'indice *i* pouvant être remplacé par les lettres a, b et c (tableau 11).

**Tableau 11. Station de Meskiana- Calcul de la pluie manquante de l'année 1989  
(méthode du Rapport Normal : cas où E<sub>a</sub> > 10 %)**

Code	Station	P <sub>i</sub> (mm)	N <sub>i</sub> (mm)	N <sub>x</sub> (mm)	N <sub>i</sub> -N <sub>x</sub>	N <sub>i</sub> -N <sub>x</sub>  /N <sub>i</sub> en%	
120202	Ain Dhalaa	28	36	34	2	5,6	
120402	EL Aouinet	44,2	39	34	5	12,8	
120301	Tébessa APC	67,3	40	34	6	15,0	
120201	Meskiana	<b>40,7 mm</b>					

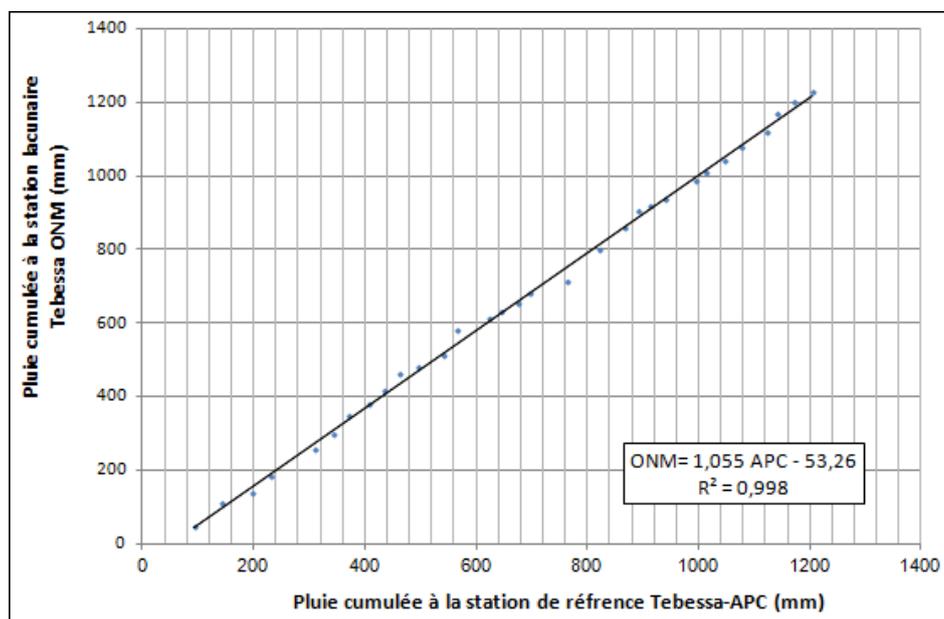
Au cas où cet écart est inférieur à 10 % pour toutes les stations de référence, la moyenne arithmétique des trois stations est attribuée à  $P_x$  (tableau 12).

**Tableau 12. Station de Berriche- Calcul de la pluie manquante de l'année 1976 (méthode du Rapport Normal : cas où  $E_a < 10\%$ )**

Code	Station	Pi (mm)	Ni (mm)	Nx (mm)	Ni-Nx	Ni-Nx /Ni en%
140104	Ksar Sbahi	38.7	36.9	36.6	0.3	0.8
140109	Ain Babouche	18,5	39	36.6	2.4	6.2
140115	Terraguelt	35	36,8	36.6	0.2	0.5
140103	Berriche	30.2 mm (moyenne arithmétique des stations de référence)				

### 3.4. Méthode des doubles cumuls

Cette méthode consiste à tracer le cumul des pluies observées pendant une période assez longue à la station lacunaire (Y) en fonction du cumul des pluies enregistrées durant la même période de la station de référence (X). Une fois le diagramme de dispersion montre qu'une relation linéaire existe entre les cumuls des deux stations, les constantes de la droite de régression sont obtenues par la méthode des moindres (Fig. 14).



**Fig. 14. Diagramme de dispersion et droite de régression des pluies cumulées à la station de Tébessa-ONM vs les pluies cumulées à la station de Tébessa-APC**

Si la qualité de l'ajustement est satisfaisante (coefficient de détermination  $R^2$  proche de 1), les pluies manquantes à la station lacunaire (Tébessa-ONM) peuvent être estimées à partir des pluies de la station de référence (Tébessa-APC) en utilisant l'équation de régression obtenue entre les deux variables. Les valeurs prévues par la régression correspondent aux valeurs

cumulées. Par un processus récursif, on obtient les valeurs prévues des pluies journalières maximales de l'année sans observation. Le tableau ci-dessous montre les différentes étapes de calcul.

**Tableau 13. Reconstitution des pluies journalières maximales à la station de Tébessa-ONM (méthode des doubles cumuls : valeurs reconstituées pour 2003 et 2004)**

Année	P <sub>jmax</sub> -Tébessa APC (mm)	P <sub>jmax</sub> -Tébessa ONM (mm)	Cumul P <sub>jmax</sub> -Tébessa APC (mm)	Cumul P <sub>jmax</sub> -Tébessa ONM (mm)	P <sub>jmax</sub> reconstituées Tébessa-ONM (mm)
1972	94,0	46,7	94,0	46,7	46,7
1973	50,2	62,0	144,2	108,7	62,0
1974	53,4	29,1	197,6	137,8	29,1
1975	35,3	47,5	232,9	185,3	47,5
1976	78,4	72,7	311,3	258,0	72,7
1977	34,0	39,6	345,3	297,6	39,6
1978	27,6	51,9	372,9	349,5	51,9
1979	35,1	28,0	408,0	377,5	28,0
1980	27,0	40,4	435,0	417,9	40,4
1981	29,1	41,8	464,1	459,7	41,8
1982	32,2	22,0	496,3	481,7	22,0
1983	46,8	32,1	543,1	513,8	32,1
1984	22,0	65,8	565,1	579,6	65,8
1985	58,0	33,0	623,1	612,6	33,0
1986	21,5	19,4	644,6	632,0	19,4
1987	30,0	23,1	674,6	655,1	23,1
1988	22,4	25,2	697,0	680,3	25,2
1989	67,3	33,1	764,3	713,4	33,1
1990	59,2	87,3	823,5	800,7	87,3
1991	43,8	59,2	867,3	859,9	59,2
1992	25,3	43,1	892,6	903,0	43,1
1993	21,8	13,5	914,4	916,5	13,5
1994	27,0	21,5	941,4	938,0	21,5
1995	53,0	47,8	994,4	985,8	47,8
1996	19,8	23,5	1014,2	1009,3	23,5
1997	31,8	29,7	1046,0	1039,0	29,7
1998	33,2	36,8	1079,2	1075,8	36,8
1999	45,3	44,7	1124,5	1120,5	44,7
2000	17,5	48,7	1142,0	1169,2	48,7
2001	29,0	30,4	1171,0	1199,6	30,4
2002	34,0	30,8	1205,0	1230,4	30,8
2003	74,1	-	1279,1	<b>1296,2</b>	<b>65,8</b>
2004	33,2	-	1312,3	<b>1331,2</b>	<b>35,0</b>
2005	49,2	50,6	1361,5	-	50,6
2006	36,0	24,9	1397,5	-	24,9
2007	24,0	29,6	1421,5	-	29,6
2008	63,0	40,1	1484,5	-	40,1

Ainsi, la combinaison des résultats des différentes méthodes sus citées a permis d'apporter des corrections et des extensions de certaines séries dont les résultats statistiques sont récapitulés au tableau ci-dessous.

**Tableau 14. Tableau récapitulatif des résultats du comblement des lacunes**

Bassin versant	Code ANRH	Nombre de stations	Nombres de lacunes comblées	Nombre total d'années	Pourcentage corrigé
Côtiers constantinois	03	19	204	718	28
Kébir-Rhumel	10	14	121	483	25
Medjerda-Mellegue	12	19	168	685	24.5
Seybouse	14	21	174	739	23.5
<b>Moyenne</b>	-	-			<b>25</b>

A la lumière des statistiques reportées au tableau 14, il ressort que le nombre de corrections apportées aux séries pluviométriques journalières est important (25 % en moyenne) traduisant la défaillance du système de mesure pluviométrique dans la zone d'étude.

#### **4. Analyse exploratoire des données**

D'une manière générale, les données collectées présentent probablement des anomalies dues essentiellement aux erreurs expérimentales et de lecture. Par conséquent, elles doivent faire l'objet d'une analyse critique afin de réduire les erreurs probables. En effet, toute série étudiée doit être sujette à une série de tests visant à vérifier le caractère aléatoire, homogène et représentatif des données observées, un pré requis pour l'analyse fréquentielle (St-Hilaire, 2005). Ces tests sont brièvement décrits ci-dessous.

##### **4.1. Test d'indépendance de Wald-Wolfowitz**

Il existe dans la littérature plusieurs tests d'indépendance : test du signe, Lag-1 auto corrélation, test du  $\chi^2$ , Rapport de Vraisemblance Maximum, etc.). Dans la présente étude on a utilisé le test de Wald-Wolfowitz (1943). Ce test, appelé également le test du signe (en anglais, *the run test*), a pour objet de vérifier le caractère aléatoire de la variable étudiée pour s'assurer que les éléments de la série des données sont vraiment indépendants les uns des autres et sont donc le résultat du hasard.

Le test du signe consiste à calculer la médiane (Me) de la série de données observées et à remplacer chaque valeur  $x_i$  par un signe plus (+) si  $x_i > Me$  et un signe moins (-) si  $x_i < Me$ . On obtient ainsi une alternance de groupes de signes positifs et négatifs (ou séquence). Dans

cette séquence, chaque groupe de signes définit une suite. Si on désigne par  $R_{obs}$  le nombre de "suites" dans la séquence étudiée et par  $N_1$  et  $N_2$  le nombre de signes de part et d'autre de la médiane, le test cherche à comparer la valeur de  $R_{obs}$  à une valeur critique ( $R_{N_1=N_2, \alpha}$ ) correspondant à une probabilité donnée  $\alpha$  appelée seuil de signification (table en annexe 3).

La règle de décision est la suivante:

- si  $R_{obs} \in ]R_1, R_2[$  : accepter l'hypothèse d'indépendance au seuil de signification  $\alpha$
- si  $R_{obs} \leq R_1$  ou  $R_{obs} \geq R_2$ : rejeter cette hypothèse au seuil de signification  $\alpha$ .

Le tableau 15 présente une application numérique du test d'indépendance des pluies journalières maximales observées à la station de Pont Bouchet.

**Tableau 15. Exemple de calcul du test d'indépendance de Wald-Wolfowitz (Application à la série des pluies journalières maximales à Pont Bouchet)**

Année	P <sub>jmax</sub> (mm)	Signe	Séquence	Année	P <sub>jmax</sub> (mm)	Signe	Séquence		
1976	62,8	+	1	1993	32,8	-	5		
1977	48,9	-	1	1994	32,8	-			
1978	57,7	+	1	1995	43,0	-			
1979	34,0	-	3	1996	34,4	-			
1980	36,0	-		1997	47,2	-			
1981	38,4	-		1998	60,0	+	2		
1982	114,6	+	3	1999	82,8	+			
1983	114,6	+		3	2000	28,7	-	2	
1984	83,7	+	4		2001	39,0	-		
1985	28,8	-		4	2002	101,0	+	6	
1986	23,6	-			4	2003	58,5		+
1987	26,2	-				4	2004		56,7
1988	47,4	-	4				2005		54,7
1989	54,0	+		1			2006		62,1
1990	45,0	-		1	2007		53,7		+
1991	58,0	+		2					
1992	71,0	+	2						
Me	51,3			$R_{N_1/N_2, 0.05} : 11 - 23$					
R <sub>obs</sub>	13			Décision : Puisque R <sub>obs</sub> appartient à l'intervalle des valeurs critiques, on accepte l'hypothèse d'indépendance des données.					
N <sub>1</sub>	16								
N <sub>2</sub>	16								

Lorsque  $N_1$  et  $N_2$  sont grands (supérieures aux valeurs tabulées), la distribution du nombre de suites  $R$  devient gaussienne de paramètres :

$$E(R) = \bar{R} = \frac{2 \times N_1 \times N_2}{N_1 + N_2} ; \tag{4}$$

$$s_R = \left[ \frac{2 \times N_1 \times N_2 \times (2 \times N_1 \times N_2 - N_1 - N_2)}{(N_1 + N_2)^2 \times (N_1 + N_2 - 1)} \right]^{1/2} \quad (5)$$

et de variable réduite :  $z_{obs} = \frac{R_{obs} - \bar{R}}{s_R}$ , où  $\bar{R}$  est l'espérance mathématique de R et  $s_R$  est son écart type.

Dans ce cas la décision est d'accepter l'hypothèse d'indépendance des données au seuil  $\alpha = 0.05$  si  $z_{obs} \in ]-1.96, +1.96[$ .

#### 4.2. Le test d'homogénéité des observations ou test "U" de Mann-Whitney (1945)

Le test "U" de Mann-Whitney, appelé également test de Wilcoxon, est utilisé pour vérifier l'hypothèse d'uniformité ou d'homogénéité de deux groupes d'observations. En d'autres termes, on adopte ce test pour vérifier, avec un risque d'erreur connu, si deux échantillons de tailles  $N_1$  et  $N_2$  proviennent de la même population. Dans ce cas, on dit que les données observées sont homogènes avec un risque  $\alpha$  de commettre une erreur dans la décision adoptée.

Le principe de ce test repose sur le fait que les données des deux groupes seraient d'autant plus différentes que les observations de l'un des groupes seraient classées suffisamment en avant par rapport à celles de l'autre. Ainsi, la première étape du test consiste à fusionner les données des deux échantillons pour former une série de taille  $N = N_1 + N_2$ . Après avoir classé, par ordre croissant, les diverses valeurs de la série obtenue, on calcule la somme des rangs ( $R_1$ ) occupés par les observations de l'échantillon de taille  $N_1$ ;  $N_1$  dénotant toujours la taille du plus petit échantillon. La valeur observée du paramètre U, soit  $U_{obs}$ , est donnée par la relation:

$$U_{obs} = N_1 \times N_2 + \frac{N_1(N_1+1)}{2} - R_1 \quad (6)$$

Lorsque  $N_1 \leq 20$  et  $N_2 \leq 40$ , (cas de la taille des échantillons collectés) la valeur de  $U_{obs}$  ainsi calculée sera confrontée à une valeur théorique ou critique  $U_{N_1, N_2, \alpha}$  qu'on trouve dans les tables de Mann-Whitney (tableau 16 et Annexe 3).

*La règle de décision est la suivante:*

- si  $U_{obs} > U_{N_1, N_2; \alpha}$  : accepter l'hypothèse d'homogénéité des données au seuil de signification  $\alpha$  choisi à priori.
- si  $U_{obs} \leq U_{N_1, N_2; \alpha}$  : rejeter l'hypothèse d'homogénéité au seuil de signification  $\alpha$ ; l'hétérogénéité est d'autant plus marquée que  $U_{obs}$  est plus petit que  $U$  critique.

**Tableau 16. Exemple de calcul du test d'homogénéité de Mann-Whitney (Application à la série des pluies journalières maximales à Souk Ahras)**

Série brute		Série classée			Série brute		Série classée		
Identifiant	P <sub>jmax</sub> (mm)	Identifiant	P <sub>jmax</sub> (mm)	Rang	Identifiant	P <sub>jmax</sub> (mm)	Identifiant	P <sub>jmax</sub> (mm)	rang
1970	<b>55,9</b>	1987	<b>17,9</b>	<b>1</b>	1990	51,5	1973	<b>50,6</b>	<b>21</b>
1971	<b>41,4</b>	1994	18,4	2	1991	72,0	1990	51,5	22
1972	<b>35,4</b>	1993	20,5	3	1992	39,9	1979	<b>52,4</b>	<b>23</b>
1973	<b>50,6</b>	2007	29,4	4	1993	20,5	1980	<b>52,4</b>	<b>24</b>
1974	<b>32,7</b>	1977	<b>32,4</b>	<b>5</b>	1994	18,4	1982	<b>52,4</b>	<b>25</b>
1975	<b>66,5</b>	1974	<b>32,7</b>	<b>6</b>	1995	44,0	2008	53,4	26
1976	<b>64,5</b>	1988	<b>35,3</b>	<b>7</b>	1996	38,1	2002	53,6	27
1977	<b>32,4</b>	1972	<b>35,4</b>	<b>8</b>	1997	42,5	1970	<b>55,9</b>	<b>28</b>
1978	<b>45,1</b>	1989	36,3	9	1998	45,5	2004	56,0	29
1979	<b>52,4</b>	1981	<b>37,7</b>	<b>10</b>	1999	65,3	2000	57,2	30
1980	<b>52,4</b>	1996	38,1	11	2000	57,2	2005	60,8	31
1981	<b>37,7</b>	1992	39,9	12	2001	48,7	1976	<b>64,5</b>	<b>32</b>
1982	<b>52,4</b>	1971	<b>41,4</b>	<b>13</b>	2002	53,6	1999	65,3	33
1983	<b>89,4</b>	2006	42,0	14	2003	90,5	1975	<b>66,5</b>	<b>34</b>
1984	<b>74,4</b>	1997	42,5	15	2004	56,0	1991	72,0	35
1985	<b>72,4</b>	1986	<b>43,0</b>	<b>16</b>	2005	60,8	1985	<b>72,4</b>	<b>36</b>
1986	<b>43,0</b>	1995	44,0	17	2006	42,0	1984	<b>74,4</b>	<b>37</b>
1987	<b>17,9</b>	1978	<b>45,1</b>	<b>18</b>	2007	29,4	1983	<b>89,4</b>	<b>38</b>
1988	<b>35,3</b>	1998	45,5	19	2008	53,4	2003	90,5	39
1989	36,3	2001	48,7	20					

**Résultats de la statistique du test**

**N<sub>1</sub> : 19      N<sub>2</sub> : 20       $\sum R_1$  : 382       $\sum R_2$  : 398      U<sub>obs</sub> : 188      U<sub>N<sub>1</sub>/N<sub>2</sub>,0.05</sub> : 119**

Décision : Puisque le U<sub>obs</sub> est supérieur à U<sub>N<sub>1</sub>/N<sub>2</sub>,0.05</sub>, on accepte l'hypothèse d'homogénéité des données observées.

Lorsque N<sub>1</sub> et N<sub>2</sub> sont supérieurs à 20, ou bien si l'une des tailles N<sub>1</sub> ou N<sub>2</sub> dépasse 40, les tables de Mann-Whitney ne peuvent plus être sollicitées. Dans ce cas, la distribution de la variable U devient approximativement gaussienne. Au cas où les observations dans les deux groupes seraient homogènes, la valeur espérée de U, c'est à dire E(U) ou U<sub>moy</sub>, et l'écart type de U, soit s<sub>U</sub>, seront calculées par:

$$E(U) = \bar{U} = \frac{N_1 N_2}{2} \quad (7)$$

$$s_U = \sqrt{\frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12}} \quad (8)$$

Pour une valeur observée de U, soit ( $U_{obs}$ ), calculée à l'aide de la formule ci-dessus, on déterminera la variable réduite de Gauss ( $Z_{obs}$ ) telle que:

$$Z_{obs} = \frac{U_{obs} - \bar{U}}{s_U} \quad (9)$$

Dans ce cas la règle de décision devient:

- si  $Z_{obs} \in [-Z_{\alpha/2}, +Z_{1-(\alpha/2)}]$ : accepter l'hypothèse d'homogénéité des deux groupes de données au risque  $\alpha$  défini a priori.
- si  $Z_{obs} \notin [-Z_{\alpha/2}, +Z_{1-(\alpha/2)}]$ : rejeter l'hypothèse d'homogénéité au seuil  $\alpha$ . Dans ce cas les deux groupes de données proviennent de deux populations différentes.

$Z_{\alpha/2}$  et  $Z_{1-(\alpha/2)}$  sont les fractiles d'ordre  $\alpha/2$  et  $1 - (\alpha/2)$  qu'on lit dans la table de l'intégrale de Laplace ou table de la loi normale.

### 4.3. Test de représentativité des données

Dans tout travail de mesure d'une grandeur, on se confronte parfois à une ou des valeurs suspecte (s) parce qu'elle (s) semblait (aient) s'éloigner beaucoup trop des autres mesures, ce qui incitait à penser qu'une erreur était survenue lors de l'expérience ou le report des résultats de mesure. Ces dernières, appelées aussi les horsains, les atypiques, les inclassables, en anglais '*outliers*', sont des valeurs observées de la variable aléatoire étudiée pouvant avoir lieu aux extrémités de la courbe analytique de la distribution des fréquences. Il est toutefois délicat d'éliminer une valeur puisque les probabilités nous enseignent que toute valeur est possible. Ainsi le fait de retirer une valeur au motif qu'elle semble trop s'éloigner des autres pourrait alors être perçu comme une forme de malhonnêteté scientifique, une volonté de « trafiquer » des résultats (en particulier pour améliorer l'incertitude).

Par intuition on se rend compte qu'il s'agit d'évènements rares survenus durant la période d'observations mais si cette dernière serait plus longue, ces évènements s'ajusteraient mieux à la courbe en question. En conséquence, plusieurs hydrologues, basés sur des jugements simples, font extrapoler ces points sur la courbe ou bien ils les ignorent complètement.

Dans la pratique, il existe plusieurs techniques (graphiques et statistiques) qui apportent une réponse à ce problème. Toutefois, il importe de garder à l'esprit que la décision finale de conserver ou supprimer une mesure est de la responsabilité de l'opérateur.

#### 4.3.1. Techniques graphiques

Parmi les techniques graphiques permettant de localiser une donnée atypique on cite le diagramme de dispersion, l'histogramme des fréquences, le *box-plot* (ou boîte à moustaches) et le *stem plot* (ou diagramme tige-feuille). Les figures 15 à 19 illustrent l'existence ou non de données douteuses. Faut-il toutefois noter que ces méthodes exploratoires sont peu précises et la décision quant à la présence ou non de données atypiques reste subjective. D'où la nécessité d'opter, à chaque fois qu'il est possible, pour les techniques quantitatives.

#### 4.3.2. Techniques quantitatives ou tests statistiques

Il existe plusieurs tests statistiques pour vérifier la représentativité des données d'une série d'observation. On cite, à titre d'exemple, les tests de Dixon, Grubbs, Chauvenet, Hampel, Tukey et Grubbs et Beck. Les trois derniers tests sont passés en revue dans ce qui suit.

##### a- Test de Hampel (in Chrominski et Tkacz, 2010)

Pour calculer le test de Hampel, les tableaux statistiques ne sont pas nécessaires. Théoriquement, cette méthode est robuste car elle n'est pas sensible aux valeurs aberrantes ; c'est-à-dire, le nombre de valeurs aberrantes ne devraient pas affecter l'efficacité du test. De plus il n'y a pas de restrictions quant à la taille de l'échantillon étudié. Pour effectuer le test de Hampel sur un ensemble de données, les étapes sont les suivantes:

- Calculer la médiane de la série observée:  $Me$
- Calculer l'écart absolu à la médiane pour toute observation  $x_i$  :  $|d_i| = |x_i - Me|$
- Calculer la médiane des écarts absolus  $Me_{|d_i|}$

La règle de décision est :

- Si  $|d_i| \geq 4,5 \times Me_{|d_i|}$  ,  $x_i$  peut être considéré comme atypique.

Les résultats du calcul du test de Hampel pour le poste d'El Milia sont reportés au tableau 17.