

**ANNEXE 3 : ANNEXE RELATIVE A L'ANALYSE DE LA SECHERESSE ET
DES EVENEMENTS CLIMATIQUES EXTREMES DANS LE CADRE DU
CHANGEMENT GLOBAL. LE CAS DE L'ILE DE FRANCE**

Rapport final Fondation MAIF
ALEA ET RISQUE SECHERESSE
Armines – Centre de Géosciences,
coordonnateur
Janvier 2009



Annexe n°1

Données historiques des grands étés en France

Nota : Ces données sont extraites intégralement de "*Climatologie de la France, Sélection de données statistiques*" par M. Garnier 1967.

- 1135. - "Il fit si chaud que la terre brûlait en divers endroit de la France."
- 1137. - Dans les régions septentrionales et centrales de la France, sécheresse d'une durée de sept mois (mars à septembre), accompagnée en juillet et août de chaleurs terribles.
- 1176. - La sécheresse provoque une disette générale dans tout le Centre.
- 1179. - La sécheresse est si forte dans le Quercy que le lin n'y donne aucun produit : "le prix d'une chemise s'éleva alors de 9 à 24 deniers".
- 1183. - Par suite des chaleurs torrides, les vendanges commencent dans l'Est dès la fin juillet.
- 1187. - La chaleur et la sécheresse extraordinaires de cet été provoquent "un embrasement général de la ville de Chartres".
- 1225. - La sécheresse extrême qui sévit dans le Centre provoque une récolte des blés presque nulle et occasionne la chute avant maturité de la plupart des fruits.
- 1228. - En Alsace, la moisson est terminée au début de juillet grâce au temps très chaud des semaines précédentes.
- 1232. - La chaleur est si forte dans l'Est que "dans les mois de juillet et d'août les oeufs y cuisaient dans le sable".
- 1268. - Dans les environs de Colmar, on note des températures très élevées avec une absence totale de pluie pendant douze semaines. Ces conditions atmosphériques furent cause d'une telle abondance de fruits que de nombreux arbres s'en trouvèrent brisés.
- 1277. - Sécheresse excessive dans le Nord et le Centre : les puits et fontaines tarissent tandis que les ruisseaux cessent de couler.
- 1282. - "En Alsace, les pauvres mangeaient du blé nouveau le 10 juin et des potirons le 20 juillet. La vendange eu lieu avant le 14 septembre.
- 1293. - Par suite de l'été chaud et sec, le vin dans l'Est est remarquablement bon et abondant.
- 1297. - A Colmar, les raisins sont mûrs à la St-Dominique (4 août).
- 1303. - Année exceptionnellement chaude et pluvieuse. La Seine, l'Oise et la Loire sont à sec. "En Alsace, on voyait des raisins mûrs à la St-Jean. Les cours d'eau étaient tellement desséchés que ceux qui faisaient tourner deux roues de moulins pouvaient à peine en mouvoir une, ce qui fit que malgré l'abondance du blé, le pain se vendait cher. Par suite des chaleurs excessives, le Rhin était assez bas entre Strasbourg et Bâle pour qu'en beaucoup d'endroits on pût le traverser à pied.
- 1305. - Très grande sécheresse pendant l'été.
- 1314. - Été très sec avec treize semaines sans pluie dans l'Est. Les céréales se dessèchent. Il en résulte une grande disette et la peste.
- 1338. - Sécheresse intense et de longue durée dans le Centre.
- 1343. - Chaleur si forte dans l'Est que les grains sont grillés dans les vignes.

- 1420. - Année très chaude en Lorraine où les fraises sont mûres dès le 19 avril, les cerises le 9 mai et les raisins le 18 juin; le 22 juillet on boit du vin nouveau.
- 1422. - Dans la région parisienne et en Champagne, on vendange à la fin d'août.
- 1442. - On vendange dans l'Est le 7 septembre.
- 1458. - Il ne tombe aucune pluie dans l'Est, d'avril jusqu'à la mi-octobre.
- 1463. - Sécheresse remarquable dans le Nord : aussi dès la fin de juin fait-on dans cette région de nombreuses processions pour demander la pluie.
- 1467. - Été très sec dans l'Est où le vin est abondant et très bon.
- 1473, 1476 et 1479. - En chacune de ces années, les chaleurs de l'été sont mentionnées comme "extraordinaires, terribles et intolérables". La sécheresse de 1473 dura plusieurs mois et, au dire des historiens, "s'étendit à presque toute la terre"; en cette année à Dijon on vendangea le 20 août.
- 1483. - Dans l'Est, l'été est tellement chaud qu'on y fait deux vendanges.
- 1493. - Les chaleurs excessives de juillet et d'août réduisent la Moselle à Metz à n'être plus qu'un ruisseau.
- 1504. - Dans l'Est et le Sud-Est, chaleur et sécheresse remarquables : "ciel de cuivre et terre de feu". De toutes les montagnes voisines du Rhône, le bétail est obligé de descendre boire au fleuve. Dans le Lyonnais, on organise des processions blanches, ainsi appelés parce que les pèlerins qui y prenaient part étaient affublés d'un linceul blanc.
- 1513. - "L'été fut si sec qu'il fut trois mois sans pleuvoir."
- 1516. - "Les chaleurs de l'été assèchent presque complètement les rivières de l'Est.
- 1518. - "Le pays chartain fut menacé de stérilité par une sécheresse et une chaleur extraordinaires.
- 1534. - "La sécheresse contraint les moulins du Sud-Ouest à s'arrêter. En juin et en Juillet, la plupart des herbages et des vignes de cette région se trouvent grillés.
- 1536. - Sécheresse et grandes chaleurs en Bretagne durant tout le printemps et l'été : "la plupart des fontaines tarissent et les grosses rivières deviennent de faibles ruisseaux".
- 1540. - Par suite de sa chaleur remarquable dans toute la France, 1540 a été appelée par de nombreux chroniqueurs, soit la chaude année, soit l'année de la soilié (sécheresse). On moissonne en juin aussi bien en Bretagne que dans la Somme et en Lorraine; dans l'Est, les vendanges se font en août. On passe à pied sec toutes les rivières de l'Est, notamment le Doubs, et les moulins de la Garonne doivent s'arrêter, faute d'eau.
- 1545. - "Véhémentes chaleurs dans le Midi". Grande sécheresse dans le Vendômois où pendant sept mois il n'y eut aucune pluie.
- 1547. - Dans le Vendômois, chaleur comme on n'en avait encore jamais vu. "L'année susdite fut chaude à merveille à Bourges, tellement que depuis le mois de juillet jusqu'à la fin août on disait la grand-messe aux églises collégiales tout aussitôt après les matines, à cause des chaleurs, ce que je n'avais jamais vu faire."
- 1554. - "Dans le Berry furent faites plusieurs processions à cause de la grande sécheresse qu'il faisait, car il fut bien l'espace de sept mois sans pleuvoir." Pas de foin.
- 1556. - Grandes sécheresse et fortes chaleurs à peu près générales. Dans le Vendômois "la terre ne fut point trempée de Pâques jusqu'à la Toussaint; elle brûlait les pieds de ceux qui marchaient pieds nus." Aucune pluie ne tombe de mars à novembre dans la

Loire et d'avril à octobre dans le Cher. Dans le Berry, on commence à moissonner les blés dès la fin de mai et à vendanger au début d'août.

- 1559. - On vendange en Lorraine dès la fin juillet.
- 1575. - Grande sécheresse dans le bassin de la Saône. Dans le vendômois "il ne plut point de la St-Jean jusqu'à la Toussaint et il fit toujours chaud".
- 1580. - Dans les régions méridionales, été chaud et sec auquel on attribua une maladie appelée "miquelle" (fièvre pendant plusieurs jours).
- 1599. - De fortes chaleurs survenues en Saintonge du 20 juin au 10 août permettent d'y terminer les vendanges à la mi-septembre. A Paris, le 5 août fut faite une procession générale à cause de la sécheresse.
- 1604. - Eté et automne chauds et très secs dans l'Ouest.
- 1605. - La sécheresse est telle d'avril à septembre que "la plupart des rivières de France devinrent guéables.
- 1612. - "L'été fut si chaud, écrit un chroniqueur de la Saintonge, que la peau de mes bras et de ma poitrine a été toute brussolée." Ce même caractère de chaleur sèche est signalé dans le Nord comme ayant marqué les mois d'avril à juillet 1612.
- 1615. - Il n'y a eu dans l'Est aucune pluie importante, depuis Pâques jusqu'à la mi-septembre.
- 1619. - Il fit dans le Sud-Ouest "de si terribles chaleurs aux mois de juillet, août, et septembre 1619 que l'on ne pouvait demeurer ni dedans ni dehors et que les vignes et raisins se séchèrent.
- 1622. - Grande chaleur dans le Centre et l'Est. Des processions pour demander la pluie ont lieu durant le mois d'août.
- 1623. - Cinq semaines consécutives de fortes chaleurs dans l'Est et le Sud-Est. A Feurs, dans les derniers jours d'août, "la Loire n'avait plus que 33 pieds de large".
- 1636. - De Pâques à la fin de juin on ne compte dans la région parisienne que deux jours de pluie seulement.
- 1637. - Grande sécheresse d'avril à octobre dans le Centre et le Massif Central. On vendange dès le mois d'août à Bourges et à Orléans.
- 1652. - Sécheresse extrême dans le Nord et l'Est. Une procession générale a lieu à Amiens le 9 juin pour obtenir la fin de cette calamité.
- 1662. - Sécheresse très marquée dans tout le Nord. En de nombreuses localités de cette région, des prières publiques sont dites dans le courant de juin pour demander la pluie.
- 1666. - De la mi-juillet à la mi-août sévissent dans l'Est de fortes chaleurs "rôtissant et séchant les raisins".
- 1669. - Après un mois de juin extrêmement froid, juillet et août sont marqués par des chaleurs remarquables.
- 1676. - Aucune pluie ne tombe dans la Haute-Marne entre le 15 février et le début de novembre, sauf pendant une journée en juillet et une demi-journée en août. Cette sécheresse exceptionnelle tarit toutes les rivières et provoque la destruction d'un grand nombre de poissons.
- 1681. - "La sécheresse fut si grande et si générale dans toute la France qu'il n'y eut point de diocèse où les évêques et chapitres n'ordonnassent des prières publiques et des processions générales pour la conservation des biens de la terre."

- 1684 et 1685. - Forte sécheresse et grandes chaleurs dans le Centre et l'Est. "Pendant l'été de 1684, il a fait une si grande sécheresse que l'on n'a recueilli que fort peu de blé et grain de carême et quasi point de foin : jamais on n'a vu pareille sécheresse."
- 1691. - Année très sèche : à Paris il ne tombe que 391 millimètres d'eau. Dans le Nord, l'été est remarquablement chaud.
- 1698. - Sécheresse extraordinaire en Bourgogne; vin néanmoins assez abondant.
- 1704. - Sécheresse et chaleurs remarquables dans le Midi et dans l'Ouest. Dans la Beauce, de nombreux moissonneurs meurent frappés d'insolation.
- 1705. - L'été est si chaud que le 6 août les thermomètres de Cassini et de la Hire sont brisés par la dilatation du liquide. Dans le Midi, "chaleur intolérable" : à Montpellier, la chaleur égalait celle qui sort du four d'une verrerie et on y faisait cuire des oeufs au soleil.
- 1706. - Eté très chaud et très sec dans le Nord.
- 1707. - Les chaleurs sont si fortes dans l'Ouest "au temps des faucherries de foin que non seulement des personnes en meurent mais même des bêtes". Le 19 juillet ceux qui étaient dans le coche comptèrent 14 chevaux morts de chaleur sur le pavé entre Etampes et Orléans.
- 1712. - Eté très chaud à Paris. Chaleur et grande sécheresse dans le Midi.
- 1717 et 1718. - Années chaudes et très sèches. En 1718, dans l'Est, le chasselas était déjà mûr le 24 juillet.
- 1719. - Une des années les plus sèches et les plus chaudes qu'on ait encore vu en France. De nombreux puits sont taris. Les récoltes sont très faibles, sauf pour la vigne. Dans l'Est, "la terre desséchée est comme de la cendre et les grains brûlent sur pied". Dans le Centre, "pas de pluie du 25 mars au 1^{er} novembre, sauf un orage le 24 juillet : les chaleurs excessives provoquent de nombreuses morts par flux de sang". La Seine atteint un niveau extrêmement bas, puisque dans tout le cours du XVIII^{ème} siècle elle n'a présenté un niveau plus bas qu'en 1731, 1767 et 1778.
- 1723. - Sécheresse générale d'une durée de trois mois, qui provoque une grave disette de fourrage.
- 1726, 1729 et 1731. - Années généralement sèche dans toute la France, y compris le Midi. En 1731, il ne tombe à Paris que 1 millimètre d'eau en Mars et 6 millimètres en avril et pour obtenir la pluie nécessaire on découvre au début de mai la châsse de St-Geneviève; au mois de novembre de cette année le niveau de la Seine est de 13 cm plus bas qu'il ne l'était en 1719.
- 1736. - Grande sécheresse en Normandie : elle dure jusqu'à la Toussaint et rend impossible pendant tout le mois d'octobre les semailles de blé.
- 1741. - L'Archevêque de Paris prescrit des prières publiques et des processions pour obtenir la fin de la sécheresse qui sévit sur la région parisienne et dans le Centre.
- 1742 et 1743. - Sécheresse en Bretagne et dans le bassin de la Seine : en 1743 cette sécheresse s'étend à une grande partie de l'Europe occidentale.
- 1751. - Dans le Sud-Ouest "après un printemps dérangé et pluvieux il vint une sécheresse extraordinaire avec grandes chaleurs qui firent périr la récolte. Les herbages manquèrent. Ce fut une année des plus critiques et des plus disetteuses."
- 1757 et 1759. - Étés chauds et secs dans le Nord et l'Est. En Normandie, les mois de juin et juillet 1757 et ceux de juillet et d'août 1759 sont particulièrement chauds et secs. A Paris, on note des températures de 37,5°C les 14 et 20 juillet 1757.

- 1760. - La chaleur et la sécheresse de l'été fournissent en abondance blés, raisins et fruits.
- 1761, 1765, 1767, 1772, 1773 et 1783. - Sécheresse et chaleurs estivales dans l'Est et le Sud-Est. En 1767, les eaux de la Seine sont de 27 cm plus basses qu'en 1719. En 1772, dans le midi, "les maïs furent semés et récoltés sans pluie, ce qui donne à la sécheresse une durée d'environ six mois". A Paris, la température atteint 36°C dès le mois de juin. Le début de l'été 1783 est caractérisé par "des brouillards secs qui n'occasionnent pas de pluie" et que certains considèrent comme une suite de tremblement de terre de la Sicile et de la Calabre. Ces brouillards secs disparaissent vers la fin de juillet : dans les jours qui suivent leur disparition, la récolte de blé est très réduite par un échaudage général. Le temps sec se prolonge jusque vers la fin de l'année et "en décembre on nettoyait plus facilement les mares qu'on ne le fait ordinairement dans les plus longs jours".
- 1762, 1764, 1766, 1771, 1778 et 1784. - Étés secs dans le Centre et toutes les régions avoisinantes. On n'y observe, en général, aucune pluie de mars à août 1762, de la mi-mai au 10 août 1764, du 20 juillet au début de novembre 1766, de la fin de juin au commencement de septembre 1771, de la mi-juillet à la mi-septembre 1778.
- En Bretagne, les chaleurs et la sécheresse de 1762 détruisent entièrement la récolte de blé noir. Dans le Midi, c'est en 1762 et 1771 que le manque d'eau se fait particulièrement sentir. En 1778, les chaleurs de l'été occasionnent dans l'Yonne de nombreuses maladies, et à Paris, la Seine est de 8 cm plus basse qu'elle ne l'était en 1719. En 1784 dans le Bourbonnais "sécheresse continuelle en sorte que tous les étangs, les sources et la plupart des puits étaient tarées et que l'on ne pouvait moudre qu'à bras".
- 1785. - Grande sécheresse dans toute la France. A Paris, le total de l'eau tombée du 1^{er} mars au 31 mai n'atteint que 21 millimètres. En Bretagne, aucune pluie notable n'est enregistrée "entre la Toussaint 1784 et la Madeleine 1785". Dans la Sarthe "les bestiaux se donnent; à peine peut-on se défaire des chevaux, car on les refuse à qui les donne pour rien. On ne parle que de chiens enragés; il en est tué une quantité prodigieuse". Il en est de même dans le Limousin où par suite du manque de foin, les paysans abandonnent tous leurs animaux. Dans l'Ain, la disette de fourrage oblige à nourrir les ânes avec des sarments coupés dans les vignes. Au mois de mai de cette année, "la livre de beurre vaut 20 sols dans la Sarthe, 36 sols en Ille-et-Vilaine et jusqu'à 48 sols à Bourges et à Issoudun".
- 1788. - Sécheresse dans le Sud-Ouest. Lord de sa séance du 14 mai 1788, le conseil de ville de Montauban décide d'écrire à l'évêque pour lui demander d'ordonner des prières publiques "afin d'obtenir du ciel la cessation de l'affreuse sécheresse qui règne depuis longtemps et expose les fruits de la terre aux plus grands dangers".
- 1790. - L'été et l'automne sont tellement secs dans la moitié Nord qu'en de nombreuses régions les vignes ne donnent presque rien; aussi le vin est-il "d'une cherté horrible, sans doute par une attention de la Providence qui a, par cette privation, arrêté et empêché une partie des excès et des atrocités auxquels se seraient portées les têtes déjà exaltées par un patriotisme mal entendu, si à cette effervescence de l'esprit de parti se fut jointe la frénésie bachique".
- 1793. - Dans le Loiret, chaleurs excessives de la fin juin à la fin d'août : "les légumes séchaient sur leurs tiges, les fruits se consumaient sur les arbres, la viande se décomposait en moins d'une heure". En Champagne, chaleur et sécheresse

caractérisent les mois de juillet à octobre. A Paris, on enregistre 38,4°C le 8 juillet et pendant toute cette année on ne recueille que 331 millimètres de pluie.

Annexe n°2

Calcul de l'évapotranspiration selon la formule de Thornthwaite

La formule de Thornthwaite est une formule fondée uniquement sur des facteurs climatiques et géographiques. Elle permet d'estimer les besoins en eau lorsqu'on a peu de données. Mais elle semble sous-estimer ces besoins dans les régions méditerranéennes ou très sèches et les surestimer au contraire dans les régions tropicales et équatoriales humides.

$$ETP = 16 \left(\frac{10T}{I} \right)^a \cdot F(\lambda)$$

avec ETP en millimètres d'eau

T la température moyenne mesurée sous abri de la période considérée, en °C $T > 0^\circ\text{C}$

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} T^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} T^2 + 1,7912 \cdot 10^{-2} T + 0,49239$$

I : indice thermique annuel, somme de douze indices thermiques mensuels i

$$i = \left(\frac{T}{5} \right)^{1,514}$$

$F(\lambda)$: Coefficient de correction, fonction de la latitude et du mois, donné par la table Gerber et Brochet (1968)

La station de Melun se situe à la latitude $48^\circ 17'$ Nord. Pour cette valeur, les coefficients de correction sont les suivants :

Mois	$F(\lambda)$
janvier	0.76
février	0.8
mars	1.02
avril	1.14
mai	1.31
juin	1.33
juillet	1.34
août	1.23
septembre	1.05
octobre	0.93
novembre	0.77
décembre	0.72

Calcul de l'évapotranspiration selon la formule de Turc

Cette formule s'est généralisée en France pendant les années 60. Turc préconise des formules différentes selon que l'humidité relative moyenne U_m est supérieure ou inférieure à 50%.

- si $U_m > 50\%$ (cas habituel des régions tempérées)

$$ETP_{mm/10 \text{ jours}} = 0,13 \frac{T}{T + 15} (R_g + 50)$$

- si $U_m < 50\%$

$$ETP_{mm/10\text{ jours}} = 0,13 \frac{T}{T+15} (R_g + 50) \left[1 + \frac{50 - U_m}{70} \right]$$

Avec

T : température moyenne, mesurée sous abri, de la période considérée, en °C

R_g : radiation solaire globale telle que

$$R_g \approx I_{g_a} \left(0,18 + 0,62 \frac{h}{H} \right)$$

h : durée réelle d'insolation

H : durée maximale d'insolation possible (durée astronomique du jour), en valeurs mensuelles moyennes en heures par jour

I_{g_a} : radiation solaire directe en l'absence de l'atmosphère, en petites calories par cm² de surface horizontale et par jour

I_{g_a} et H sont tabulés en fonction de la latitude et de la date (voir table Gerber et Brochet (1968))

Ces valeurs sont les suivantes pour Melun à la latitude 48°17 Nord.

Mois	I _{ga} /jour	H mois heures
janvier	245	274
février	380	288
mars	580	369
avril	780	410
mai	935	472
juin	990	485
juillet	945	482
août	830	445
septembre	630	376
octobre	440	338
novembre	270	279
décembre	190	261

Calcul de l'évapotranspiration selon la formule de Penman.

Elle est établie à partir d'un bilan hydrique et tient compte du vent.

$$ETP = \left[I_{g_a} (1 - a) \left(0,18 + 0,62 \frac{h}{H} \right) - \sigma T^4 (0,56 - 0,08 \sqrt{e}) (0,10 + 0,90 \frac{h}{H}) \right] \cdot \frac{1}{59} \cdot \frac{F'_T}{\gamma + F'_T} + \frac{0,26 \gamma}{\gamma + F'_T} (e_w - e) (1 + nV)$$

avec :

ETP : évapotranspiration potentielle journalière (mm.j⁻¹)

I_{g_a} : radiation solaire directe en l'absence d'atmosphère (cal.cm⁻²)

a : albédo de la surface évaporante

- h : durée réelle d'insolation ($h.j^{-1}$)
- H : durée astronomique moyenne du jour, valeurs mensuelles moyennes ($h.j^{-1}$)
- σ : constante de Stephan-Boltzmann ($1,18.10^{-7} cal.cm^{-2}.j^{-1}.K^{-1}$ ou $8,22.10^{-11} cal.cm^{-2}.min^{-1}.K^{-1}$)
- T : température moyenne (K)
- e : tension réelle de la vapeur d'eau mesurée sous abri (mbar)
- F_T : pente de la courbe de tension maximale de vapeur d'eau
- γ : constante psychrométrique ($\gamma \approx 0,65$ pour les pressions voisines de 1015 mbar)
- e_w : tension maximale de la vapeur d'eau pour la température T (mbar)
- V : vitesse moyenne du vent ($m.s^{-1}$)
- n : facteur fonction de l'altitude de mesure de la vitesse du vent
 - si la vitesse du vent est mesurée à 10 m, $n=0,4$
 - si la vitesse du vent est mesurée à 2 m, $n=0,54$

Nota :

- I_{ga} et H fonctions de la latitude et du mois sont disponibles dans les tables de Brochet et Gerbier (1968)
- A titre indicatif, quelques albédos moyens

nature de la surface	albédos moyens
sable clair	0,26
rochers	0,16
forêts	0,11
herbes, savanes	0,22
cultures vertes	0,20
neige fraîche	0,80 à 0,90
neige fondante, glace	0,40 à 0,60
nappe d'eau	0,05 à 0,15

- $\frac{1}{59} \frac{F_T}{\gamma + F_T}$, $\frac{0,26\gamma}{\gamma + F_T}$ et $e_w - e$ sont donnés sous forme de table en fonction de la température par Brochet et Gerbier (1974)
- V, e, T, h doivent faire l'objet d'une demande auprès de la station de Météo-France.

Etude sur la station de Melun

Sur la période 1979-2006, nous disposons de l'ensemble des données pour comparer les 3 calculs de l'ETP. Le calcul des coefficients de corrélation linéaire montre comme les nuages de points de la figure 1 que la formule de Turc est plus proche de la valeur Penman donnée par Météo-France que les résultats de type Thornthwaite.

	ETP Thornthwaite calculée IT	ETP Turc calculée IT	ETP Météo France
ETP Thornthwaite calculée IT	1		

ETP Turc calculée IT	0.967	1	
ETP Météo France	0.958	0.984	1

Tableau 1 Coefficients de corrélation entre les 3 calculs de l'ETP entre 1979 et 2006

A partir de ces observations, on peut calculer une valeur approchée de l'ETP Penman sur la période 1953-1978 à partir de la valeur d'ETP Turc, en utilisant la formule (valable uniquement pour la station de Melun):

$$\text{ETP Penman} \sim 1.0397 \times \text{ETP Turc} + 5.0275$$

D'après le graphique de la figure 2, on peut penser que cette formule sous-évalue les plus fortes valeurs d'ETP.

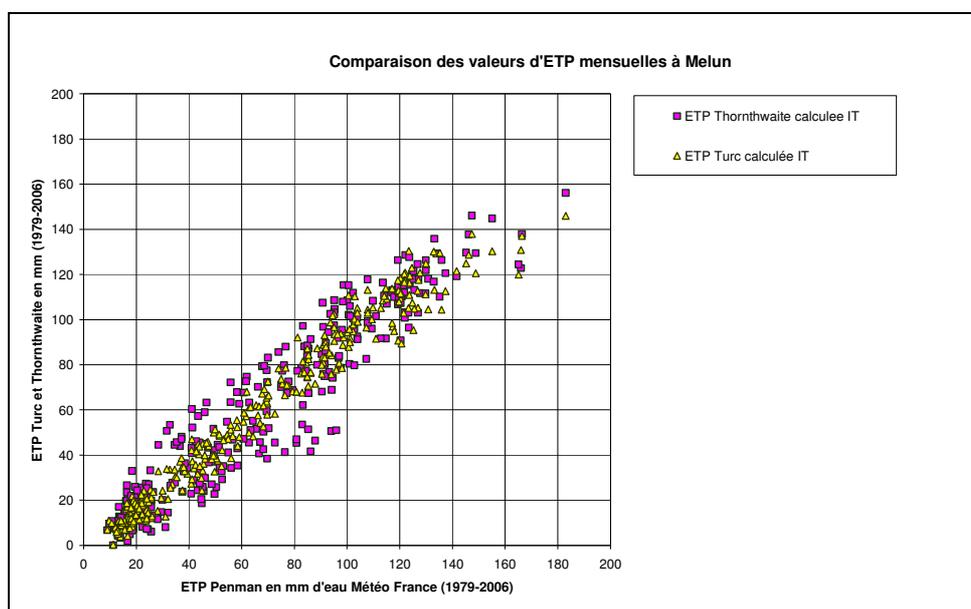


Figure 1 Nuages de points coefficients de corrélation entre les 3 calculs de l'ETP entre 1979 et 2006 à Melun

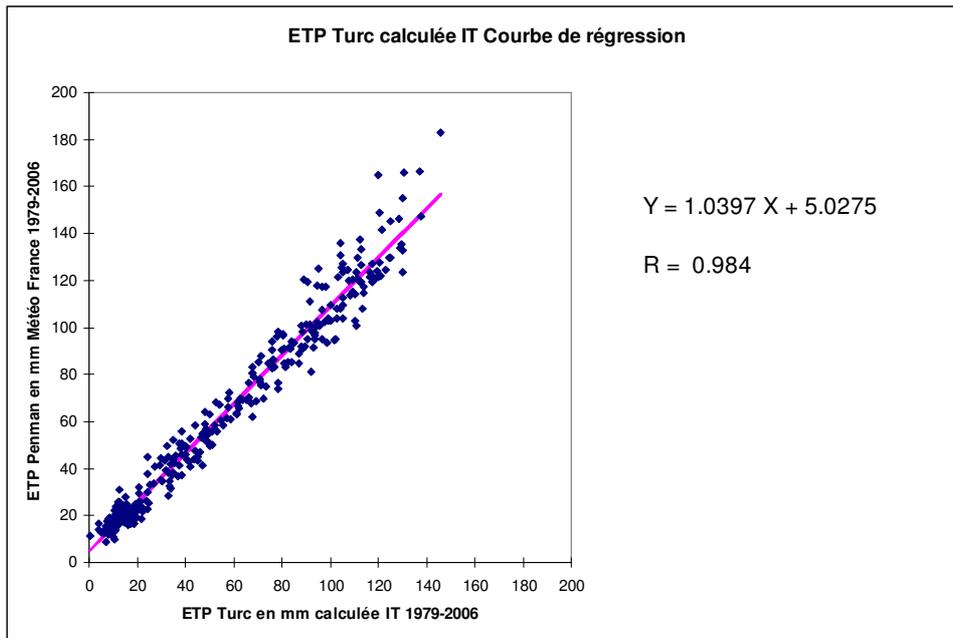


Figure 2 Régression linéaire ETP Penman – ETP Turc sur la période 1979-2006 à Melun

Annexe n°3 Sélection des indices de sécheresse pour le BMDI sur 6 mois inférieur à -2 à la station de Melun sur la période 1947-2006.

Sur ce tableau, les colonnes bleues correspondent aux indices calculés à partir des valeurs de précipitation, les colonnes jaunes correspondent aux indices qui nécessitent d'autres paramètres : température, vent ...

Les valeurs notées en orange clair correspondent aux valeurs de l'indice dans la classe de sécheresse fréquente, les valeurs notées en orange vif correspondent aux valeurs de l'indice de la classe des sécheresses sévères ou extrêmes. Le tableau complet est à la disposition des partenaires, ici seule l'extraction des mois à BMDI<-2 est visible.

Date	Date	AI	rP	rAI	SAI	LI	dMI	SCH	Thorthwl	PDI1	ETP-P	ETP/P	MAI	BMDI sur 12 mois	BMDI sur 6 mois
09	1947	-37.520	34.543%	-0.655	-1.130									-1.414	-2.31
10	1947	-46.610	17.955%	-0.820	-1.369									-1.751	-2.85
11	1947	7.870	113.609%	0.136	0.314									-1.734	-2.71
12	1947	15.280	126.939%	0.269	0.550									-1.545	-2.23
02	1949	-30.030	36.011%	-0.640	-1.103									-1.095	-2.04
03	1949	-28.760	42.549%	-0.575	-0.942									-1.196	-2.86
04	1949	-24.830	47.316%	-0.527	-0.827									-1.479	-3.11
05	1949	-13.540	76.304%	-0.237	-0.435									-1.630	-3.23
06	1949	-45.770	13.593%	-0.864	-1.699									-2.059	-3.74
07	1949	-43.560	19.720%	-0.803	-1.473									-2.536	-4.10
08	1949	17.820	134.151%	0.342	0.657									-2.856	-3.67
09	1949	-6.920	87.927%	-0.121	-0.208									-3.030	-3.20
10	1949	6.190	110.896%	0.109	0.182									-2.864	-2.62
11	1949	-3.030	94.761%	-0.052	-0.121									-2.726	-2.23
06	1953	11.530	121.767%	0.218	0.428	4.108	30.117	1.369	4.187	-1.146	28.741	1.446	0.692	-0.516	-2.49
07	1953	9.140	116.845%	0.168	0.309	3.602	27.565	1.201	3.818	-1.032	41.187	1.650	0.606	-0.142	-2.18
12	1953	-45.420	19.922%	-0.801	-1.635	1.738	8.218	0.579	0.943	2.966	6.517	1.577	0.634	-2.459	-2.42
01	1954	-27.610	49.809%	-0.502	-0.999	68.500	31.615	22.833	3.912	-0.281	-21.017	0.233	4.293	-2.707	-3.24
02	1954	1.070	102.280%	0.023	0.039	32.000	50.087	10.667	6.645	-1.024	-36.488	0.240	4.170	-2.724	-3.45
03	1954	-12.860	74.311%	-0.257	-0.421	4.650	24.800	1.550	3.252	0.927	6.474	1.174	0.852	-2.551	-3.53

Date	Date	AI	rP	rAI	SAI	LI	dMI	SCH	Thorthwl	PDI1	ETP-P	ETP/P	MAI	BMDI sur 12 mois	BMDI sur 6 mois
04	1954	-39.530	16.126%	-0.839	-1.316	0.884	4.903	0.295	0.539	0.271	65.165	9.574	0.104	-2.680	-3.70
05	1954	-43.740	23.451%	-0.765	-1.405	1.023	6.961	0.341	0.814	1.016	74.984	6.596	0.152	-2.758	-3.82
06	1954	2.530	104.776%	0.048	0.094	3.469	25.615	1.156	3.501	-0.582	47.304	1.852	0.540	-2.855	-3.29
07	1954	-25.460	53.078%	-0.469	-0.861	1.767	13.141	0.589	1.669	-0.701	73.131	3.539	0.283	-3.104	-2.97
08	1954	42.920	182.254%	0.823	1.583	5.661	42.582	1.887	6.174	-2.733	-8.426	0.911	1.097	-2.869	-2.28
01	1956	5.190	109.435%	0.094	0.188	16.270	52.730	5.423	7.243	0.025	-45.312	0.247	4.044	-1.518	-2.02
02	1956	-39.230	16.407%	-0.836	-1.441	-1.351	21.488	-0.450	1.992	-2.240	-53.623	-5.964	-0.168	-1.913	-2.32
03	1956	-42.660	14.782%	-0.852	-1.397	1.028	5.163	0.343	0.565	1.427	39.276	6.308	0.159	-2.140	-2.73
04	1956	-23.830	49.438%	-0.506	-0.794	2.807	15.279	0.936	1.902	-0.522	39.154	2.680	0.373	-2.176	-3.01
05	1956	-15.140	73.504%	-0.265	-0.486	2.917	20.656	0.972	2.741	1.089	68.768	2.637	0.379	-2.248	-2.83
06	1956	-32.970	37.757%	-0.622	-1.224	1.418	9.959	0.473	1.217	-0.715	65.317	4.266	0.234	-2.488	-3.18
07	1956	-8.760	83.856%	-0.161	-0.296	2.571	19.711	0.857	2.631	-0.362	58.963	2.296	0.436	-2.772	-3.53
08	1956	39.020	174.780%	0.748	1.439	5.772	42.419	1.924	6.128	-3.269	2.680	1.029	0.971	-2.514	-2.71
02	1957	25.670	154.698%	0.547	0.943	9.945	50.358	3.315	7.109	0.244	-43.467	0.401	2.492	-2.403	-2.10
03	1957	-16.360	67.319%	-0.327	-0.536	3.370	20.220	1.123	2.624	2.232	19.711	1.585	0.631	-2.131	-2.31
04	1957	-26.530	43.709%	-0.563	-0.883	2.146	12.612	0.715	1.549	0.739	47.990	3.330	0.300	-2.011	-2.48
05	1957	-29.040	49.177%	-0.508	-0.933	2.509	15.906	0.836	2.022	-0.907	67.992	3.420	0.292	-2.027	-2.50
06	1957	-11.070	79.101%	-0.209	-0.411	2.408	18.350	0.803	2.428	0.991	80.581	2.923	0.342	-1.896	-2.32
07	1959	-45.960	15.297%	-0.847	-1.554	0.405	3.266	0.135	0.360	2.702	145.608	18.543	0.054	-0.136	-2.26
08	1959	-42.480	18.589%	-0.814	-1.567	0.503	3.973	0.168	0.446	2.118	108.294	12.164	0.082	-0.934	-2.89
09	1959	-52.920	7.676%	-0.923	-1.594	0.250	1.913	0.083	0.197	0.989	98.453	23.376	0.043	-1.586	-3.62
10	1959	-11.710	79.387%	-0.206	-0.344	3.667	24.269	1.222	3.250	0.735	11.935	1.265	0.791	-2.054	-4.19
11	1959	-6.030	89.573%	-0.104	-0.241	7.848	37.446	2.616	5.088	0.174	-30.407	0.413	2.421	-2.221	-4.12
12	1959	0.580	101.023%	0.010	0.021	10.053	43.796	3.351	6.011	0.845	-40.350	0.296	3.381	-2.391	-3.87
01	1960	-11.210	79.622%	-0.204	-0.406	14.129	40.122	4.710	5.309	0.347	-30.020	0.315	3.179	-2.807	-3.35
02	1960	-10.430	77.775%	-0.222	-0.383	8.295	30.417	2.765	3.960	0.484	-14.092	0.614	1.629	-2.789	-2.69
10	1962	-11.710	79.387%	-0.206	-0.344	3.888	25.056	1.296	3.357	0.271	7.060	1.157	0.865	-0.852	-2.13
09	1964	25.380	144.278%	0.443	0.764	4.836	36.620	1.612	5.226	-1.710	4.446	1.054	0.949	-1.327	-2.16
10	1964	-5.910	89.597%	-0.104	-0.174	5.473	31.648	1.824	4.299	-1.422	-12.987	0.745	1.343	-1.262	-2.44

Date	Date	AI	rP	rAI	SAI	LI	dMI	SCH	Thorthwl	PDI1	ETP-P	ETP/P	MAI	BMDI sur 12 mois	BMDI sur 6 mois
11	1964	-27.630	52.222%	-0.478	-1.103	4.377	21.444	1.459	2.745	1.237	-8.926	0.704	1.420	-1.840	-2.69
12	1964	-18.620	67.172%	-0.328	-0.670	15.240	36.576	5.080	4.754	-0.324	-26.852	0.295	3.387	-1.929	-2.75
12	1971	-52.720	7.052%	-0.929	-1.898	0.976	3.404	0.325	0.346	1.834	9.399	3.350	0.299	-1.368	-2.10
01	1972	22.790	141.429%	0.414	0.825	29.923	74.095	9.974	10.430	-1.110	-65.737	0.155	6.450	-1.324	-2.29
02	1972	-6.830	85.446%	-0.146	-0.251	7.291	31.045	2.430	4.094	0.764	-17.041	0.575	1.739	-1.244	-2.47
03	1972	-17.860	64.323%	-0.357	-0.585	3.744	20.774	1.248	2.681	1.448	22.385	1.695	0.590	-1.200	-2.25
04	1976	-34.030	27.795%	-0.722	-1.133	1.424	8.188	0.475	0.956	0.629	65.821	6.025	0.166	-0.619	-2.39
05	1976	-41.640	27.126%	-0.729	-1.338	1.076	7.623	0.359	0.905	1.941	99.296	7.406	0.135	-1.011	-3.50
06	1976	-51.570	2.643%	-0.974	-1.914	0.071	0.566	0.024	0.051	4.250	151.280	109.057	0.009	-1.569	-4.20
07	1976	17.340	131.957%	0.320	0.586	3.393	27.627	1.131	3.863	0.949	63.877	1.892	0.529	-1.747	-3.83
08	1976	-41.580	20.314%	-0.797	-1.534	0.552	4.356	0.184	0.494	2.017	119.234	12.248	0.082	-2.154	-3.97
09	1976	-11.920	79.204%	-0.208	-0.359	3.068	21.968	1.023	2.939	-2.151	22.475	1.495	0.669	-2.776	-3.94
10	1976	-7.110	87.485%	-0.125	-0.209	3.976	26.507	1.325	3.588	0.732	-3.876	0.922	1.085	-2.996	-3.61
11	1976	-1.530	97.354%	-0.026	-0.061	8.797	41.195	2.932	5.648	-0.139	-35.583	0.368	2.718	-3.250	-3.00
12	1976	-0.720	98.731%	-0.013	-0.026	28.000	56.000	9.333	7.579	-1.259	-46.097	0.177	5.655	-3.124	-2.05
12	1985	-22.220	60.825%	-0.392	-0.800	6.509	27.059	2.170	3.508	1.434	-13.900	0.597	1.675	-1.113	-2.11
01	1986	23.490	142.701%	0.427	0.850	19.625	67.286	6.542	9.528	-0.502	-56.100	0.285	3.504	-0.953	-2.13
02	1986	-26.230	44.108%	-0.559	-0.964	-7.667	34.027	-2.556	3.920	-1.594	0.300	1.014	0.986	-0.808	-2.21
11	1989	-20.030	65.364%	-0.346	-0.800	6.197	28.174	2.066	3.694	0.400	-12.100	0.680	1.471	-1.399	-2.02
01	1990	-29.410	46.537%	-0.535	-1.064	5.224	20.617	1.741	2.583	1.820	-8.100	0.684	1.463	-1.323	-2.36
09	1990	-10.720	81.298%	-0.187	-0.323	3.170	22.640	1.057	3.038	-2.255	43.900	1.942	0.515	-1.819	-2.02
04	1992	-13.730	70.868%	-0.291	-0.457	3.479	20.449	1.160	2.651	0.313	39.200	2.174	0.460	-0.960	-2.18
05	1992	-16.540	71.054%	-0.289	-0.531	2.654	19.257	0.885	2.544	1.821	74.100	2.825	0.354	-0.908	-2.51
06	1992	-3.970	92.505%	-0.075	-0.147	2.952	22.105	0.984	2.978	0.117	44.700	1.912	0.523	-1.211	-2.45
07	1992	-26.260	51.603%	-0.484	-0.888	1.414	11.275	0.471	1.422	1.585	95.600	4.414	0.227	-1.492	-2.11
03	1996	-37.460	25.170%	-0.748	-1.227	2.136	9.509	0.712	1.103	0.483	32.600	3.587	0.279	-0.695	-2.21
04	1996	-36.930	21.642%	-0.784	-1.230	1.030	6.151	0.343	0.699	1.356	75.100	8.363	0.120	-1.401	-2.68
05	1996	2.060	103.605%	0.036	0.066	4.975	32.438	1.658	4.479	-1.372	18.600	1.314	0.761	-1.770	-2.40
06	1996	-38.370	27.563%	-0.724	-1.424	0.844	6.418	0.281	0.755	1.928	113.100	8.747	0.114	-2.032	-2.47

Date	Date	AI	rP	rAI	SAI	LI	dMI	SCH	Thorthwl	PDI1	ETP-P	ETP/P	MAI	BMDI sur 12 mois	BMDI sur 6 mois
07	1996	-2.660	95.098%	-0.049	-0.090	2.835	21.957	0.945	2.970	-0.246	90.000	2.744	0.364	-2.166	-2.55
08	1996	38.820	174.396%	0.744	1.432	4.973	38.587	1.658	5.559	-1.561	26.900	1.296	0.772	-1.920	-2.13
12	2005	-20.120	64.528%	-0.355	-0.724	11.806	33.527	3.935	4.349	0.079	-20.900	0.429	2.331	-1.567	-2.37
01	2006	-15.810	71.260%	-0.287	-0.572	15.680	37.632	5.227	4.907	0.242	-21.600	0.449	2.227	-1.710	-2.70
02	2006	25.070	153.420%	0.534	0.921	24.000	66.462	8.000	9.290	-1.344	-53.400	0.258	3.871	-1.549	-2.30

Bibliographie

Dequé M. (2003). *Conséquences du réchauffement climatique sur les risques liés aux événements météorologiques extrêmes - Statistiques et modélisations des phénomènes extrêmes*. Rapport de l'Observatoire National des Effets du Réchauffement Climatique en France et dans les DOM-TOM (ONERC) pp 15-18.

Donsimoni M., Clozier L., Motteau M., Vincent M. (2003). Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département du Val-de-Marne. *BRGM/RP-52224-FR*, 133p., 5 fig., 16 tabl., 2 ann., 4pl. h.t.

Farago T. Kozma E., Nemes CS. (1989) *Drought indices in meteorology*. Journal of the Hungarian Meteorological Service vol 93 n°1 Jan-Feb pp 45-60.

Frei C. (2003). *Evénements extrêmes et changements climatiques – La détection de tendances se heurte à des limites*. Rapport de l'Organe consultatif sur les changements climatiques (OcCC) pp 29-31.

Garnier M. (1967). *Données historiques des grands étés en France - Climatologie de la France, Sélection de données statistiques*. Météo France

Guinle-Thénevin I. (1998). *Influence des valeurs extrêmes des données physiques de l'environnement naturel sur le sol et le proche sous-sol*. Thèse Géologie de l'Ingénieur ENSMP, 176 p.

Kessler J., Chambraud A. (1990). *Météo de la France Tous les climats localité par localité*. JC Lattès, 391 p.

Neu U. (2003). *Evénements extrêmes et changements climatiques – Observation des changements climatiques et estimation des changements futurs*. Rapport de l'Organe consultatif sur les changements climatiques (OcCC) pp 20-22.

Palmer W.C. (1965). *Meteorological drought. Research paper n°45, U.S. Weather Bureau. NOAA Library and Information Services Division, Washington, D.C. 20852. 58p.*

Velly N., (1996). *Influence des sécheresses extrêmes sur les sols. DEA Géomatériaux ENSMP. 37p + Annexes.*