

# LA FACE CACHÉE DES CARTES CLIMATIQUES : REPRÉSENTATIONS GRAPHIQUE ET CARTOGRAPHIQUE DES EXCÈS THERMIQUES DANS LES HAUTES TERRES INTÉRIEURES EN TUNISIE

par Habib Ben Boubaker

U.R. Biogéographie, Climatologie Appliquée et Dynamique Erosive (BICADE), Université de Manouba, 2010  
Manouba, Tunisie  
hboubaker@yahoo.fr

---

*La production d'une carte des excès thermiques en Tunisie nécessite une réflexion méthodologique profonde, en vue de mettre en exergue les atouts et les contraintes climato-thermiques des Hautes Terres Intérieures. Des seuils absolus de définition des jours chauds et des jours froids, se réfèrent aux températures quotidiennes maximales (TX) et minimales (TN). Les cartes d'isolignes, issues de cette approche, dessinées par l'outil « Surfer », permettent d'appréhender les spécificités thermiques des Hautes Terres Intérieures par rapport au reste du pays.*

Les données climatiques brutes, de première main, représentent la fortune du climatologue, afin de représenter des aspects climatiques à différentes échelles d'espace et de temps. Toutefois, ces données ne se prêtent pas toujours à une représentation systématique du phénomène désiré. En l'occurrence, s'agissant de représenter les excès thermiques dans leur rapport avec le potentiel climato-touristique dans les régions intérieures en Tunisie, il est nécessaire, au préalable, d'arrêter les critères de définition.

Dans cet article, il s'agit d'analyser comment définir les seuils des excès thermiques en Tunisie ? Comment exprimer, sur support cartographique, des observations stationnelles ?

Et enfin comment interpréter les cartes produites, avec leurs acquis, leurs doutes, leurs imprécisions, ... ?

## **L'expression de la chaleur et du froid, condition préliminaire pour une représentation cartographique**

**Quelles données et quel réseau d'observation pour une représentation cartographique pertinente ?**

L'objectif est d'effectuer une représentation cartographique permettant d'appréhender le poids de la contrainte / potentiel thermique, dans une perspective comparative entre les Hautes Terres Intérieures de la Tunisie et le reste des régions.

A priori, une profonde réflexion s'impose, quant aux données utiles et à la méthode d'approche nécessaires pour ce travail, toujours dans le souci de produire des cartes, significatives, mais simples à manipuler et à interpréter.

D'abord, pour les données, il s'avère indispensable de se référer à des données quotidiennes, reflétant au mieux le climat vécu. Mais quels types de données seraient les plus pertinents ? En fait, compte tenu des données utiles et abordables, dans des séries peu ou pas lacunaires, le choix se fixe entre les observations quotidiennes trihoraires et celles quotidiennes extrêmes, maximales et minimales. Délibérément, notre choix s'est fixé sur ces dernières, c'est-à-dire les températures quotidiennes maximales (TX) et minimales (TN), étant donné qu'elles reflètent le mieux les excès thermiques du climat, qui surviennent généralement entre les pointes trihoraires et pas forcément aux pointes horaires (tableau 1 et figure 1).

Dans le contexte de la Tunisie, le réseau d'observation de l'Institut National de la Météorologie permet, après des vérifications minutieuses, de retenir 25

| N°  | Station        |
|---|----------------|
| <b>Stations littorales :</b>                                    |                |
| 1   | Tabarka        |
| 2   | Bizerte        |
| 3   | Tunis-Carthage |
| 4   | Kélibia        |
| 5   | Nabeul         |
| 6   | Monastir       |
| 7   | Sfax           |
| 8   | Gabes          |
| 9   | Jerba          |
| <b>Stations intérieures de plaines, plateaux et montagnes :</b> |                |
| 10  | Le Kef         |
| 11  | Jendouba       |
| 12  | Kairouan       |
| 13  | Siliana        |
| 14  | Zaghouan       |
| 15  | Beja           |
| 16  | Bouzig         |
| 17  | Kasserine      |
| 18  | Thala          |
| <b>Stations sahariennes et présahariennes:</b>                  |                |
| 19  | Gafsa          |
| 20  | Tozeur         |
| 21  | Medenine       |
| 22  | Tataouine      |
| 23  | Remada         |
| 24  | Borma          |
| 25  | Kébili         |

Tableau 1 : Réseau d'observation des températures quotidiennes maximales (TX) et minimales (TN) dans les principales stations météorologiques en Tunisie

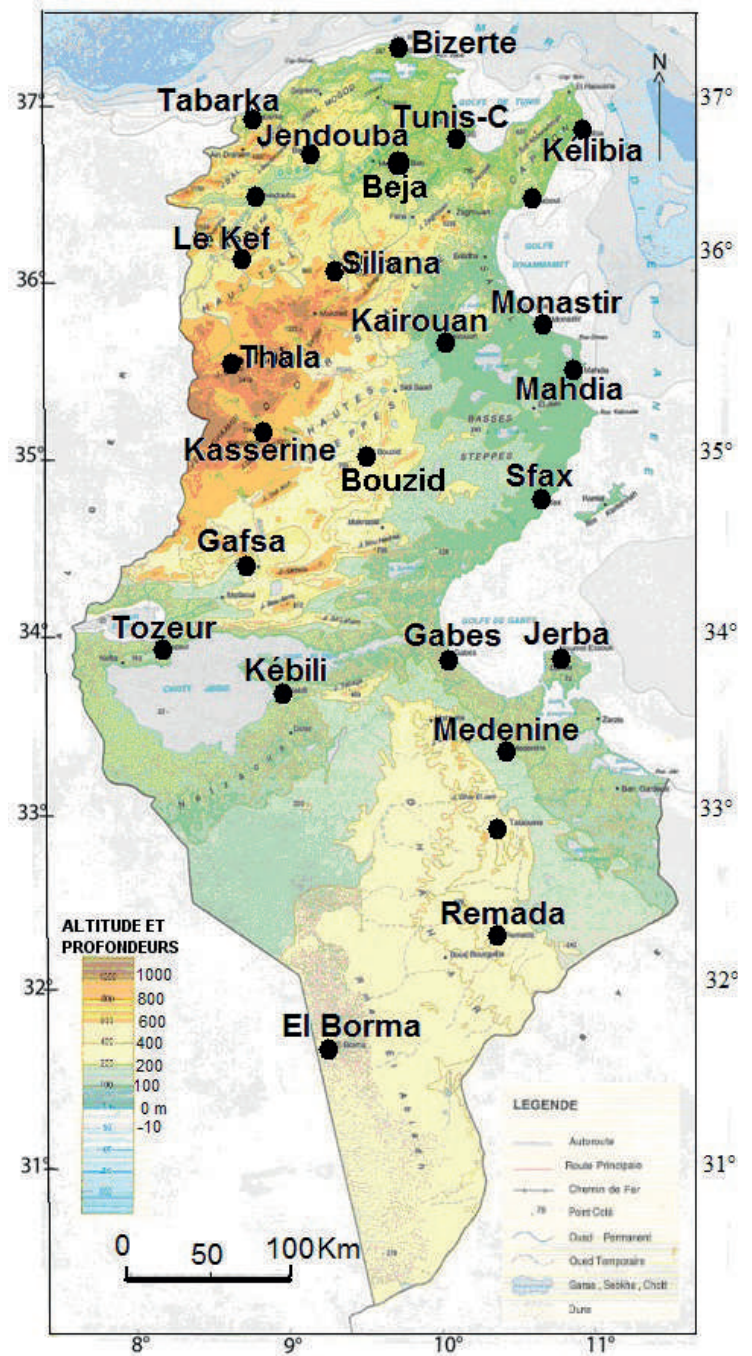


Figure 1 : Localisation des stations thermométriques

stations, dont les séries sont assez homogènes et peu ou pas lacunaires (tab. 1 et fig. 1). La période d'observation considérée s'étend de 1950 à 2010, mais les années lacunaires ont été exclues des calculs<sup>1</sup>. Ces stations couvrent l'ensemble du pays et peuvent être considérées comme représentatives des différentes régions. Il va sans dire que le réseau devient assez lâche dans le centre et le sud du pays, mais sa densité est tolérable puisque la topographie y est moins accidentée.

## Réflexion et discussion méthodologique

Une réflexion s'est imposée afin de choisir l'approche la plus pertinente reflétant le mieux le potentiel climato-thermique, déduit exclusivement à partir des observations thermométriques en Tunisie et dont la représentation cartographique puisse s'exprimer d'une manière simple et objective.

Dans le contexte de la Tunisie, il s'agit de choisir entre deux approches, l'une absolue et l'autre relative (Ben Boubaker 2010).

### - Approche relative de définition des jours chauds et des jours froids

Elle consiste à partager les observations quotidiennes des températures maximales (TX) et minimales (TN) en quantiles (quartiles, déciles et centiles). Cette approche (fig. 2) permet de fixer des seuils de chaleur et de froid fixes, par référence aux valeurs calculées dans une station donnée.

Toutefois, cette approche, si simple soit-elle, pose un problème de données : faut-il se référer, dans une approche neutre, à l'ensemble des observations quotidiennes, couvrant l'ensemble de l'année, toutes saisons confondues ? Ou faudra-t-il dissocier la saison estivale, supposée être la saison chaude de référence, de la saison hivernale, théoriquement la saison froide référentielle ?

La première démarche (fig. 3), appliquée aux observations quotidiennes des TX et TN dans la station de Tunis-Carthage, aboutit à des seuils qui sous-estiment à la fois la chaleur et le froid. Le seuil minimum de définition d'un jour chaud équivaut à TX=29,5°C et TN=18,5°C. Le même constat a été confirmé en appliquant cette méthode à d'autres stations de la Tunisie. La même méthode sous-estime également les seuils de définition des jours frais à froids.

Il s'avère donc plus pertinent de se référer aux températures de saison, c'est-à-dire aux observations

quotidiennes des TX et TN des mois de l'été astronomique (juin, juillet et août) pour définir les seuils de chaleur (fig. 4). Il en va de même pour définir les seuils de froid (fig. 5) à partir des TX et TN quotidiennes des mois de l'hiver (décembre, janvier, février).

Cette démarche, appliquée aux données quotidiennes de la même station (Tunis-Carthage) aboutit à des résultats plus fidèles à la réalité vécue dans la station étudiée. Les seuils d'un jour chaud s'élèvent à 34,1°C pour les TX et 22,0°C pour les TN. Quant aux seuils des jours frais à froids, ils se réduisent respectivement à 14,4°C et 5,9°C.

Toutefois, cette approche pose le problème d'équité entre les différentes stations, appartenant à des climats régionaux hétérogènes. Certaines appartiennent aux régions montagneuses du nord, dominées surtout par l'effet rafraîchissant du relief, d'autres appartiennent au littoral, subissant les effets thermiques de la mer, d'autres encore appartiennent au sud saharien, subissant plus amplement les effets de l'air tropical, ... Il est donc difficile de comparer entre cette mosaïque de stations. Pour une même période d'observation, les seuils quantiles de chaleur et de froid (3<sup>ème</sup> quartile par exemple) donnent toujours la même fréquence, mais avec des seuils variés, avec des différences atteignant parfois plusieurs degrés.

C'est pour cela que nous avons jugé nécessaire de proposer des seuils absolus, qui conviennent pour l'ensemble de la Tunisie, sans discrimination régionale (Ben Boubaker 2015).

### - Approche absolue de définition des jours chauds et des jours froids

Les seuils de chaleur proposés ci-dessous (fig. 6) tiennent compte d'aspects physiologiques de perception de la chaleur, mais aussi des facteurs sociaux liés à la capacité et aux modes d'adaptation de la population : vacances scolaires, travail en séance unique dans les établissements publics et privés, sieste en milieu de journée, baignade, notamment pour les populations vivant à proximité des plages, départ en vacances ou/en villégiature, pour les mieux nantis, vers les régions plus fraîches, montagneuses ou littorales... (Ben Boubaker 2015).

Quant aux seuils de froid, concept aussi relatif et subjectif que celui de la chaleur, ils conviennent au contexte climato-thermique de la Tunisie (fig. 7). Ils sont le fruit de plusieurs essais, investigations

---

<sup>1</sup> Je tiens à exprimer ma gratitude aux services de l'INM pour la disponibilité des données, la qualité de la gestion de sa BD et leur soutien des travaux de recherche universitaires en climatologie.

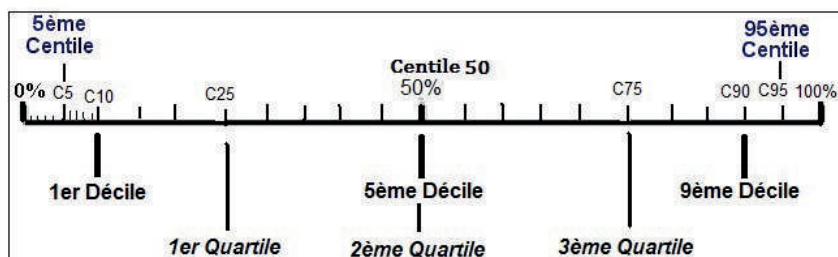


Figure 2 : Représentation schématique des quantiles de la distribution statistique des séries des TX et des TN

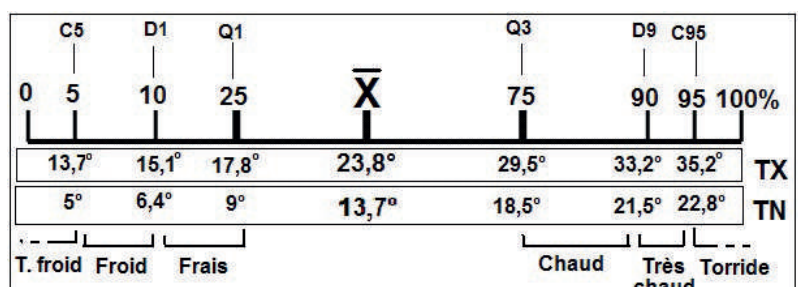


Figure 3 : Echelles de chaleur et de froid correspondant aux seuils calculés par référence aux TX et TN quotidiennes, toutes saisons confondues (station de Tunis Carthage, 1950-2010)

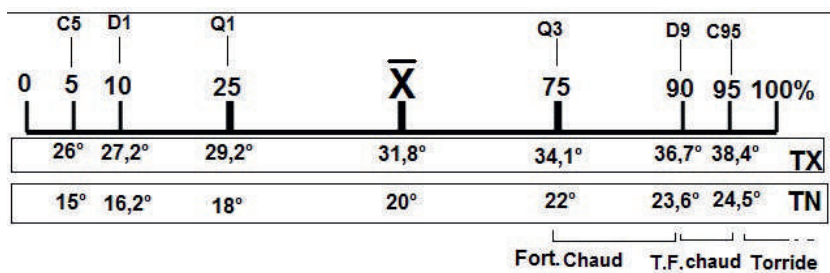


Figure 4 : Représentation schématique des seuils relatifs de chaleur correspondant aux TX et TN quotidiennes de l'été à Tunis Carthage (1950-2010)

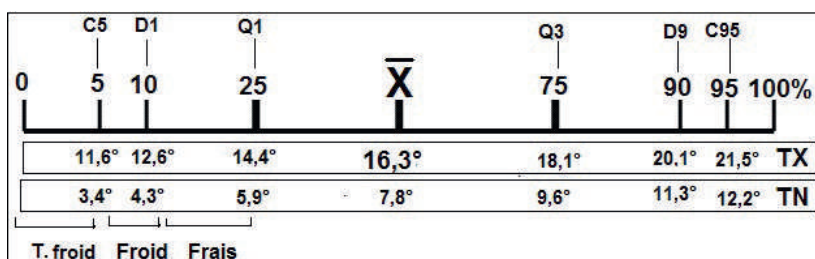


Figure 5 : Représentation schématique des seuils relatifs de froid correspondant aux TX et TN quotidiennes de l'hiver à Tunis Carthage (1950-2010)

et comparaisons (Ben Boubaker 2015). A titre de comparaison, les météorologues tunisiens admettent un jour froid quand la température journalière est inférieure de 4 °C par rapport à la normale du mois. Cette définition manque de précision, car une telle baisse de température peut survenir, sans être conjuguée à un froid réel, ou même se produire en dehors de l'hiver. Pour Météo France (<http://www.meteofrance.fr/prevoir-le-temps/meteo-et-sante/grands-froids>), il s'agit de jours où « les températures atteignent des valeurs nettement inférieures aux normales saisonnières de la région concernée ». Cette définition manque également de précision. Il est inutile de multiplier les exemples car nulle part nous n'avons trouvé une définition précise d'un jour froid, qui convienne au contexte de la Tunisie. Partant de la perception du froid dans ce pays et tenant compte des différentes nuances régionales, nous avons arrêté, délibérément, une grille de jours froids, qui combine à la fois les températures minimales nocturnes (TN) et maximales diurnes (TX) selon des pas de 5°C. Cette grille prend également en compte les températures record observées en Tunisie. En l'occurrence, la station de Thala, réputée pour être la plus froide du pays, enregistre un record de -8,4°C pour les TN (le 9/01/1981) et un record de -2,9°C pour les TX (le 31/01/1999). La grille de froid adoptée distingue 4 niveaux, allant des jours « frais, à assez froid, froid et très froid. On s'est abstenu d'utiliser le concept de « grand froid », qui convient plutôt à des pays où le froid est plus rude.

En somme, cette dernière approche, basée sur des seuils absolus de chaleur et de froid, communs pour l'ensemble des stations du pays, autorise une analyse spatiale comparative, à partir de la spatialisation des résultats des observations situationnelles.

## **Le krigeage des résultats : un outil indispensable pour la représentation spatialisée**

### **Cartographie de la fréquence et du régime des jours chauds**

La grille des seuils de chaleur, appliquée aux différentes stations d'observation thermométrique, nous a permis de déduire la fréquence moyenne annuelle des jours chauds, très chauds et torrides. Ces jours sont calculés à l'échelle mensuelle ainsi

qu'annuelle. Deux méthodes ont été retenues pour la représentation de ces résultats.

- D'abord, la fréquence moyenne annuelle a été représentée sur un fond cartographique de la Tunisie, à l'aide de l'outil « surfer » et selon la méthode du krigeage<sup>2</sup>.

La carte obtenue (fig. 8) montre que les Hautes Terres Intérieures bénéficient d'une fréquence moyenne annuelle de jours chauds, toutes catégories confondues, parmi les plus faibles du pays, assimilable à celle observée sur le pourtour littoral.

- Quant à la représentation du régime mensuel de la fréquence des jours chauds, elle est représentée par de petits graphiques, adossés à la carte. Ces cartons montrent bien, sur une échelle d'ordonnées standardisée, que la durée de la saison à risque d'occurrence des jours chauds se réduit à peine à quatre mois de l'année (exemple : Thala, Kasserine, Le Kef...). Cette étendue est la plus courte dans le pays. Elle est assimilable à celle observée dans les stations littorales (Tabarka, Monastir, Sfax...). Les Hautes Terres Intérieures peuvent être ainsi considérées comme des « refuges de confort » en saison chaude (Sabba, Ben Boubaker et Alouane 2011)

### **Cartographie de la fréquence et du régime des jours froids**

- La même démarche, décrite plus haut, a été appliquée à la fréquence moyenne annuelle ainsi que pour le régime saisonnier des jours chauds (fig. 9). Cette carte montre que les Hautes Terres Intérieures représentent le territoire du froid en Tunisie. La saison à risque de froid peut s'allonger jusqu'à 6 mois. Certes, à certains égards, ce froid peut être considéré comme une contrainte. Mais, sous un autre angle, agricole et touristique, il peut être apprécié comme un potentiel, dans un pays de plâtitudes et de faibles hauteurs, où le point culminant ne dépasse pas les 1544 mètres.

## **Une « face cachée » persistante**

### **Limites méthodologiques**

L'interprétation des cartes produites doit être nuancée, en prenant en considération l'originalité des contextes spatial et temporel étudiés.

---

<sup>2</sup> Le krigeage permet d'estimer les valeurs d'une variable en des sites non échantillonnés à partir des observations voisines (Armstrong, Carignan 1997). C'est une méthode optimale d'estimation, au sens statistique du terme : cette méthode d'estimation linéaire est sans biais et minimise la variance d'estimation telle que calculée à l'aide du variogramme (Lhotellier, 2005).

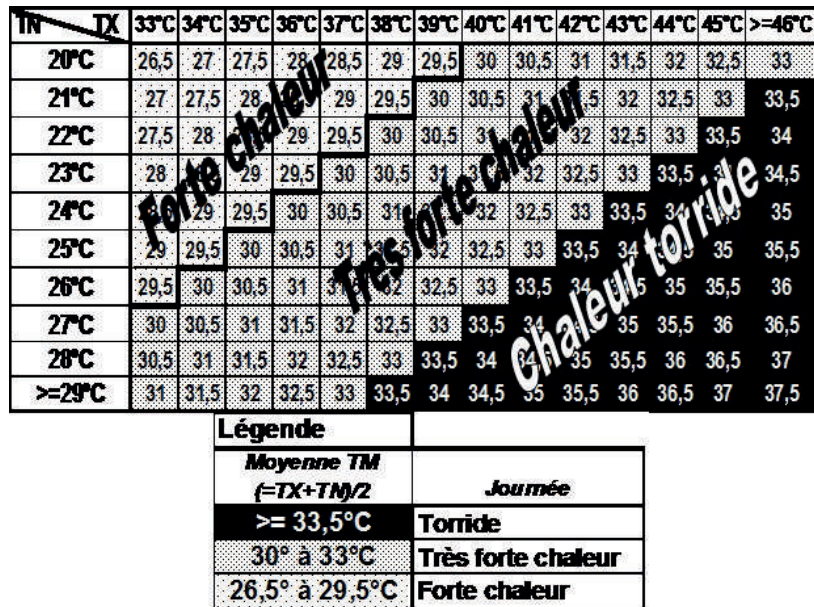


Figure 6: Grille des seuils absolus de chaleur en Tunisie (Ben Boubaker 2015)

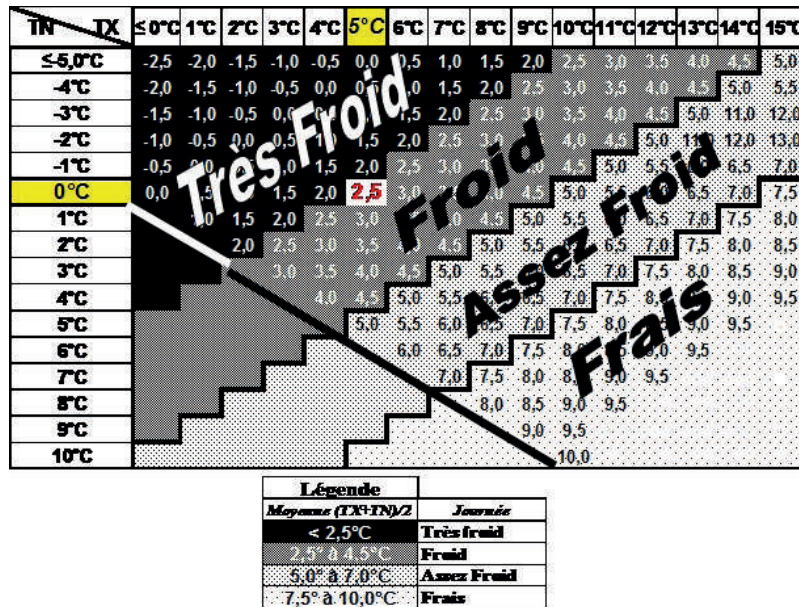


Figure 7: Grille des seuils absolus de froid en Tunisie (Ben Boubaker 2015)

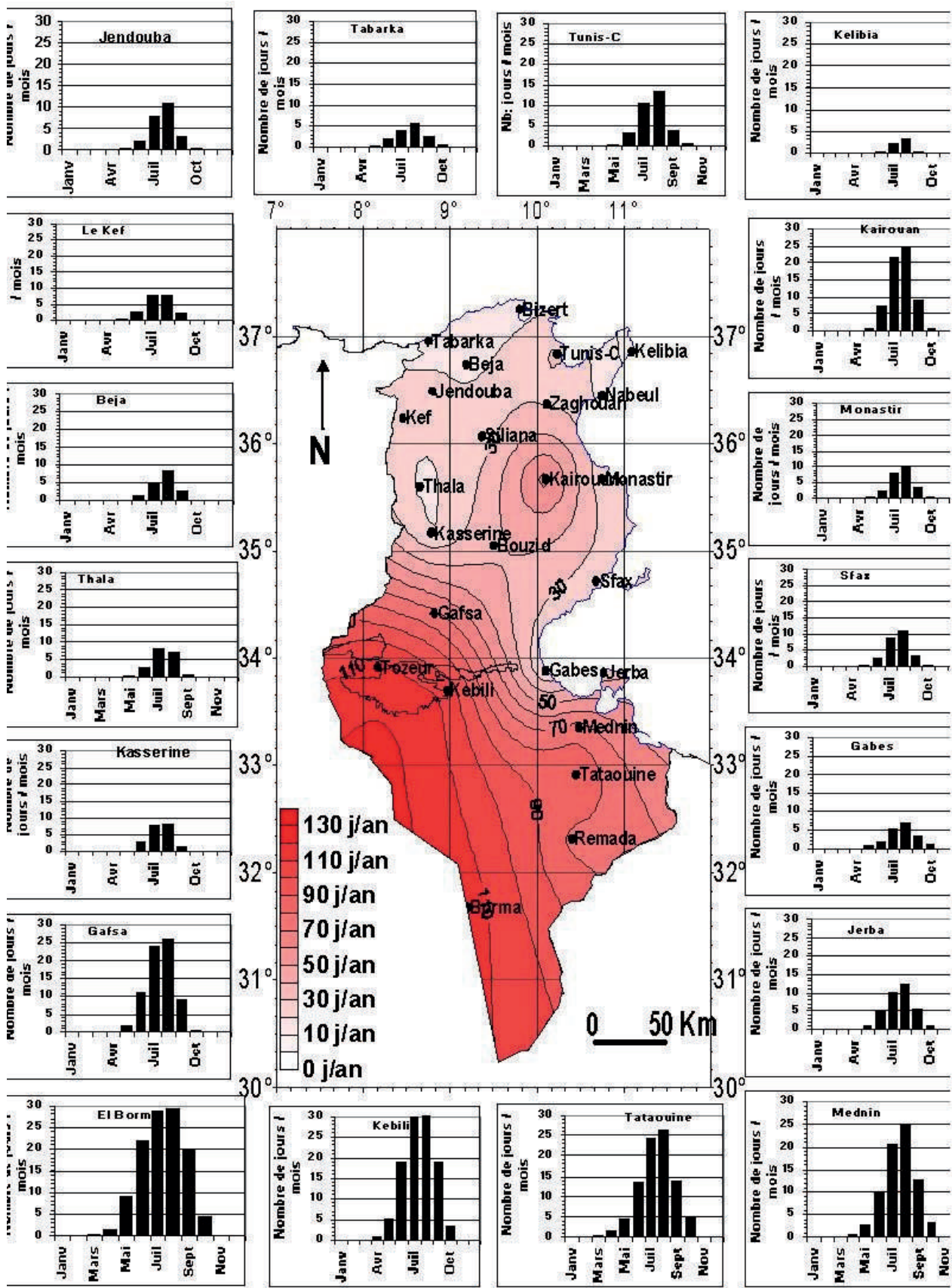


Figure 8: Fréquence moyenne annuelle de jours de forte chaleur (toutes catégories confondues) et régime mensuel moyen dans les stations climatiques principales en Tunisie (1950-2010)

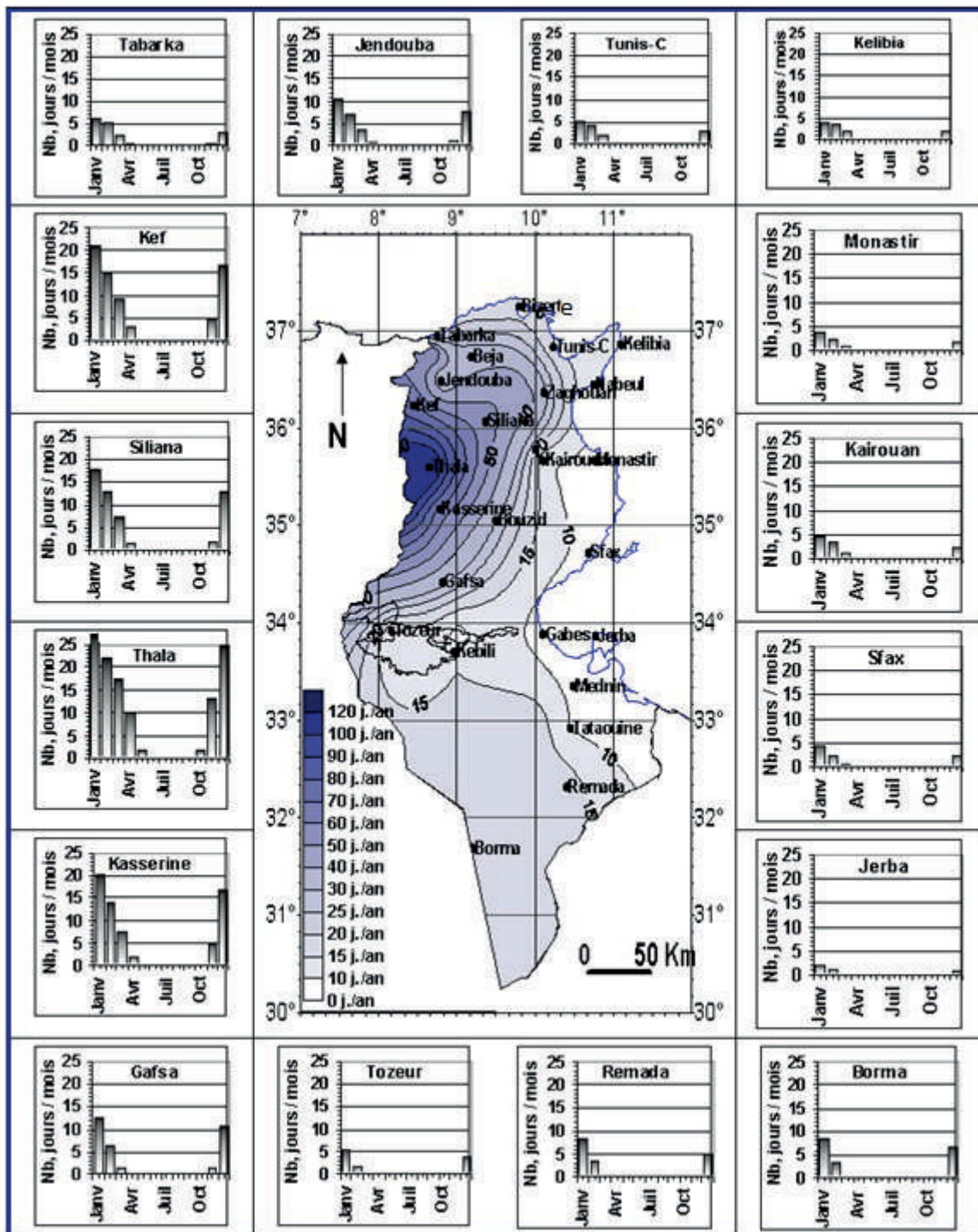


Figure 9: Fréquence moyenne annuelle et mensuelle des jours froids (toutes catégories confondues) et régime mensuel moyen dans les stations climatiques principales en Tunisie (1950-2010)

L'interprétation des cartes de la fréquence des jours chauds et froids doit être nuancée en prenant en considération l'originalité du contexte géographique étudié, qu'est la Tunisie. Il s'agit d'un pays subissant, alternativement, les influences climatiques tropicales et sahariennes du sud et celles de la zone tempérée et froide du nord, venant du nord (Benzarti *et al* 2004 ; Henia *et al* 2015). Certaines années où les influences froides septentrionales l'emportent, la fréquence des jours froids s'amplifie, avec possibilité d'élargissement de la saison froide. En revanche, d'autres années, ce sont plutôt les influences chaudes qui prédominent. Toutefois, les cartes de la fréquence moyenne annuelle lissent la variabilité annuelle.

D'autre part, les seuils de chaleur et de froid qui ont été à l'origine de la production de ces cartes ne peuvent être appréhendés que par une population de résidents et adaptée à ce milieu d'étude. Mais, au regard d'un visiteur d'un pays froid, la carte du froid peut paraître très en deçà du « vrai sens » du froid. Quant à celle de la chaleur, elle peut lui paraître même « utopique ».

A l'inverse, un habitué du climat tropical chaud pourrait, à la limite, appréhender la méthodologie et la carte de la chaleur afférente, mais ne pourrait appréhender celle du froid.

C'est pour cela que les cartes présentées dans ce travail représentent un produit « contextualisé », qui ne peut être extrapolé ailleurs. Il va sans dire qu'à chaque population sa propre perception de la chaleur, mais aussi ses capacités et ses moyens d'adaptation. Donc, quelle que soit la méthode adoptée, pour exprimer la perception de la chaleur ou du froid, sa pertinence doit être relativisée.

### **Représentativité spatiale, tributaire de la densité du réseau d'observation**

Sur un autre plan, la pertinence des cartes produites est proportionnelle à la densité du réseau de stations d'observations thermométriques. En effet, l'opération du krigeage consiste à spatialiser, par interpolation, les observations ponctuelles/situationnelles des températures. Toutefois, comme dans tous les pays du monde, le réseau d'observation climatique ne peut couvrir l'ensemble du territoire. Il ne peut non plus traduire l'hétérogénéité du relief et de la topographie, la rugosité du terrain... Dans le contexte de la présente étude, le réseau d'observation de référence est celui de

l'Institut National de la Météorologie (INM), composé de 25 stations principales. Ce réseau d'observation est jugé par l'INM comme « optimal » et représentatif des différentes régions climatiques du pays.

Certes, un tel réseau peut être admis comme étant représentatif des principales nuances climatologiques du pays. Ainsi, on peut admettre les cartes jugées « sommaires » produites à l'échelle de l'ensemble du pays. Mais, peut-on se contenter de ce réseau pour une représentation cartographique à une échelle plus fine ?

Il est donc clair que la représentativité spatiale des résultats cartographiques et leur interprétation suscite beaucoup de prudence. La fiabilité spatiale d'une carte ne peut être identique sur l'ensemble de l'espace pris en considération. En l'occurrence, là où le réseau d'observation est assez dense et la topographie suffisamment homogène, la représentativité spatiale peut être jugée rassurante. Il n'en est pas de même là où la topographie est accidentée et le réseau d'observation lâche.

## **Conclusion**

La carte géographique est une simplification/abstraction d'une réalité physique. Certes, elle représente des phénomènes simplifiés, mais, à la sortie des cartes, une part de cette réalité reste dissimulée.

En amont, la carte climatique cache également une face préliminaire, inhérente à une profonde réflexion conceptuelle contextualisée. L'outil cartographique est donc l'expression de la face affichée et celle cachée/ déguisée de l'information.

Dans le contexte de la Tunisie, l'appréhension du potentiel climato-touristique dans les hautes terres intérieures nécessite, entre autres, l'exploration des potentialités, mais aussi des contraintes liées aux excès du climat. L'exemple présenté ici démontre que la thermométrie de ces régions lui attribue des potentialités attractives en saison chaude. Ces hautes terres intérieures donnent l'impression d'îlots de confort thermique estival. En revanche, en saison froide, elles se convertissent en îlots répulsifs pour leur froid. Toutefois, dans ces mêmes régions, d'autres facteurs d'attractivité hivernale apparaissent, notamment l'attractivité du paysage nival. Il s'agit là d'autres faces cachées du climat que les seules cartes thermiques ne peuvent afficher.

## Bibliographie

Armstrong M. et Carignan J., 1997, *Géostatistique linéaire : applications au domaine minier*, Paris, Les Presses des Mines.

Ben Boubaker. H., 2010, « Les paroxysmes climato-thermiques en Tunisie : approche méthodologique et étude de cas », *Climatologie*, vol. 7, pp. 57-87.

Benzarti Z., Ben Boubaker H. et Henia L., 2004, « Circulation atmosphérique méridienne et extrêmes pluviométriques en Tunisie » in " *Climat, Mémoire de temps* ", *Publications de l'AIC*, Caen, pp. 117-121.

Henia L. et Hlaoui Z (coordinateurs), 2015, *Contribution à l'étude des risques climatiques en Tunisie*. Ed. Université Tunis (GREVACHOT).

Lhotellier R., 2005, *Spatialisation des températures en zone de montagne alpine*. Thèse de Doctorat, Université Joseph Fourier – Grenoble 1.

Rome S., Li S. et Bigot S., 2013, « Les extrêmes thermiques dans les Préalpes françaises : évolutions présentes (1961-90) et futures (de 2021 à 2100) », *Actes du XXVIème colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, pp. 445-451.

Sabba S., Ben Boubaker. H. et Alouane T., 2011, « Les montagnes méditerranéennes, refuges de confort biothermique en saison chaude : exemple des montagnes tuniso-algériennes », *Actes du 24<sup>ème</sup> colloque de l'AIC à Rovereto (Italie)*, pp 525-530.