

## CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DES AMBIANCES CONTRAIGNANTES CHAUDES LIÉES À L'HUMIDITÉ DE L'AIR EN TUNISIE

**Mustapha RIAHI<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Université de Jendouba, Laboratoire Géomatique des Géosystèmes, [riahimostapha@gmail.com](mailto:riahimostapha@gmail.com)*

**Résumé :** Un air excessivement humide peut être un facteur de risque important puisque l'air humide entrave l'évacuation de la vapeur d'eau par la respiration et la sueur, ce qui altère la qualité de confort thermique et accroît le stress voire le danger lié à la chaleur. Dans ce travail, on se propose d'étudier les ambiances stressantes chaudes générées par l'humidité relative de l'air en Tunisie. L'impact de l'humidité de l'air sera examiné, uniquement, pour des classes de chaleur intermédiaires car dès qu'il s'agit de chaleur paroxysmique, il n'est plus le meilleur discriminant notamment pour la Tunisie (Ben Boubaker 2010). On se propose, donc, d'analyser la fréquence de ces ambiances contraignantes dans quelques stations côtières tunisiennes. L'étude sera menée sur la période 1997 – 2016 en utilisant des données météorologiques et des indices appropriés.

**Mots clés :** température, humidité relative, ambiance contraignante, Tunisie.

**Abstract:** Excessively humid air can be a significant risk factor since humid air hinders the evacuation of water vapor through breathing and sweat, which alters the quality of thermal comfort and increases stress or even danger related to heat. In this work we propose to consider the study of hot stressful environments generated by the relative humidity of the air. The impact of air humidity will be examined only for intermediate heat classes because when it comes to paroxysmal heat, it is no longer the best discriminating in particular for Tunisia (Ben Boubaker 2010). We propose, therefore, to analyze the frequency of these constraining atmospheres in some Tunisian coastal stations. The study will be conducted over the period 1997 – 2016 using meteorological data and appropriate indices.

**Keywords:** temperature, relative humidity, restrictive atmosphere, Tunisia.

### Introduction

En saison chaude, qu'il s'agisse d'ambiances contraignantes ou d'ambiances rafraichissantes, elles sont essentiellement tributaires des conditions thermiques. Néanmoins, les autres paramètres de définition d'ambiance, comme le vent et l'humidité relative, sont aussi importants dans la mesure où ils contribuent soit à accentuer ou atténuer ces conditions.

Dans cette étude, l'examen des ambiances contraignantes chaudes est abordé sous l'angle de l'impact de l'humidité relative de l'air, et ce pour deux raisons. D'abord, en saison chaude, l'influence de l'humidité atmosphérique sur la température est plus importante que la vitesse du vent. Ensuite, abstraction faite des conditions de températures stressantes très élevées, l'humidité atmosphérique élevée s'impose comme un meilleur discriminant de fortes chaleurs dès qu'il s'agit de classes de températures intermédiaires. Elle renforce la sensation de chaleur en occasionnant des ambiances contraignantes malgré la présence de températures modérées.

Il s'agit, dans ce travail, de calculer les ambiances contraignantes générées par l'humidité relative de l'air qui demeurent encore méconnues afin de les dissocier des ambiances contraignantes d'origine essentiellement thermique. Pour des raisons de comparaison, le calcul des ambiances contraignantes déterminées par l'excès de température sera également effectué.

On se propose donc d'analyser la fréquence de ces ambiances contraignantes dans quelques stations côtières tunisiennes. L'étude sera menée à partir de données météorologiques et des indices appropriés

## 1. Données et méthodes

### 1.1 Données

Dans cette étude nous cherchons à mettre en évidence les ambiances contraignantes chaudes d'origine hygrométrique dans quelques stations côtières tunisiennes. La quantification de ces ambiances est réalisée à partir de données trihoraires de température de l'air et d'humidité relative de l'air. Les relevés retenus sont ceux de 9h, 12h, 15h et 18h heure mondiale (10h, 13h, 16h et 17h heure locale) et concernent la station météorologique de Tunis Carthage située sur la façade orientale et la station de Tabarka située sur la façade septentrionale à l'extrême nord-ouest de la Tunisie (Figure1). Ces données couvrent la période 1997-2016 et sont gracieusement fournies par l'Institut National de la Météorologie (INM).

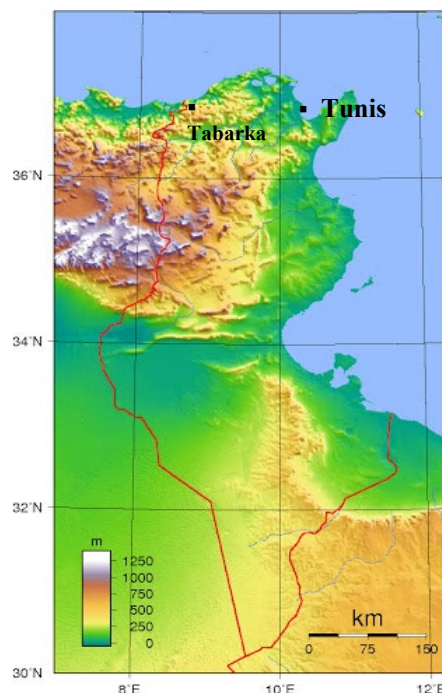


figure 1. Carte de localisation

### 1.2 Méthode

La caractérisation des ambiances contraignantes d'origine hygrométrique nous a incités à opter pour l'approche bioclimatique. Dans une première étape, il s'agit de retenir un seuil thermique ayant une référence physiologique, à savoir 33°C qui correspond à la température ordinaire de la peau (Vigneau 2000). En effet, au-delà de 33°C, l'homme au repos commence à ne plus pouvoir émettre toute sa chaleur, ce qui accentue la sensation d'inconfort. Compte tenu de ces considérations, nous tenons à clarifier que les cas des ambiances contraignantes liées à l'humidité de l'air sont distingués lorsque la température de l'air est inférieure à 33°C. Ces classes de températures, jugées comme ordinaires en Tunisie, génèrent des ambiances contraignantes lorsqu'elles se combinent à des humidités élevées.

En deuxième étape nous utilisons l'indice THI de Thom. Cet indice donne la température ressentie en combinant la température mesurée de l'air (en °C, notée ici T°) et l'humidité relative de l'air (en % notée ici U%) (Besancenot 1990). Il est couramment utilisé en Tunisie pour déterminer les ambiances chaudes. Il est jugé assez fiable et peu complexe. Il s'exprime comme suit :

$$THI = T^{\circ} - ((0,55 - 0,0055 * U\%)*(T^{\circ} - 14,5))$$

Tableau 1. Classes des ambiances thermiques selon l'indice THI de Thom.

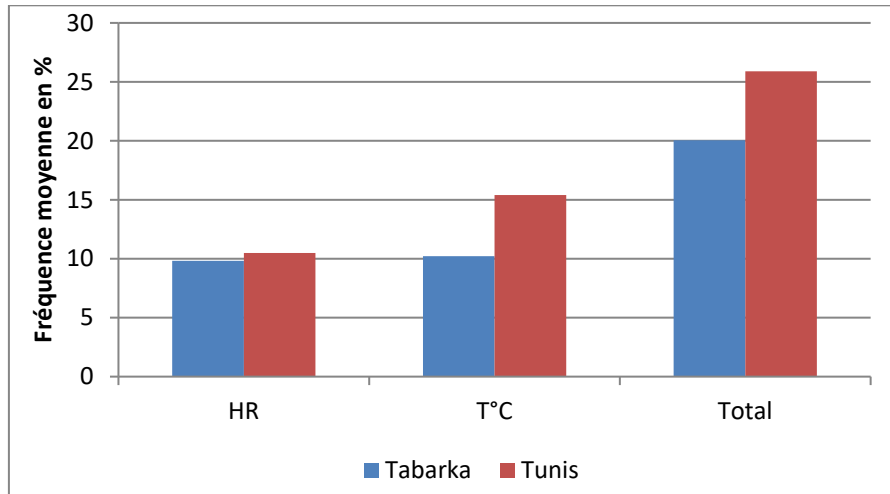
| Classes | Très Froid | Froid        | Frais     | Confortable | Chaud     | Très chaud  | Torride  |
|---------|------------|--------------|-----------|-------------|-----------|-------------|----------|
| Limites | < - 1,7    | - 1,7 à 12,9 | 13 à 14,9 | 15 – 19,9   | 20 – 26,4 | 26,5 – 29,9 | > à 29,9 |

Source : Besancenot 1990

Il est associé à des classes d'ambiances thermiques (Tableau 1). Par ailleurs, dans cette étude, les ambiances contraignantes sont identifiées dès que l'on passe en classe très chaude. Il est à signaler, d'autre part, que l'indice THI présente quelques imperfections. En effet, le seuil de 29,9° de la classification originelle a été remplacé par 29° car avec une température mesurée de 43°C et une humidité relative de 15%, le THI indique une température de 29,7° ; or, une telle ambiance ne peut être que torride.

## 2. Résultats

### 2.1 Répartition des ambiances contraignantes en saison chaude



**figure 2.** Répartition moyenne des ambiances contraignantes liées à l'humidité relative (HR) et à la température (T°C) en saison chaude (moyenne 1997 – 2016).

En saison chaude (de juin à septembre), les ambiances contraignantes connaissent une part non négligeable avec 1/5 et plus du quart des observations trihoraires, respectivement à Tabarka et à Tunis (Figure 2). La part des ambiances contraignantes occasionnées par l'humidité de l'air (pour  $T < 33^{\circ}\text{C}$ ) est quasi-égale dans les deux stations, autour de 10%. Les ambiances stressantes engendrées par l'excès de température ( $T \geq 33^{\circ}\text{C}$ ) connaissent la même fréquence d'occurrence que les précédentes, à Tabarka ; tandis qu'à Tunis, elles voient leur part augmenter au-delà de 15%, en raison du phénomène de l'îlot de chaleur urbain qui provoque l'élévation de la température et explique l'importance de ces ambiances comparativement à Tabarka.

### 2.2 Répartition mensuelle

À l'échelle mensuelle, les ambiances contraignantes liées à une humidité relative élevée se concentrent au mois d'août (Figure 3). Elles le sont plus à Tabarka avec environ 20% des observations moyennes trihoraires contre environ 15% des observations moyennes pour les ambiances stressantes liées aux fortes températures. À Tunis, ce sont, plutôt, les ambiances contraignantes dues à la forte température qui prennent le dessus avec plus du quart des observations moyennes trihoraires. Les ambiances stressantes dues à la forte humidité sont, certes, moins fréquentes mais leur part demeure assez significative avec 18% soit 42% du total des ambiances contraignantes. Au mois de juillet, l'inconfort diminue relativement. À Tabarka, que les deux catégories se partagent la dominance avec des fréquences supérieures à 12%. À Tunis, l'inconfort lié aux fortes températures devance celui engendré par les humidités élevées avec respectivement 22% et 13%. À Tunis, ce n'est qu'au mois de septembre que l'inconfort lié à l'humidité élevée prend le dessus sur l'inconfort lié aux fortes températures avec respectivement 9% et 6%.

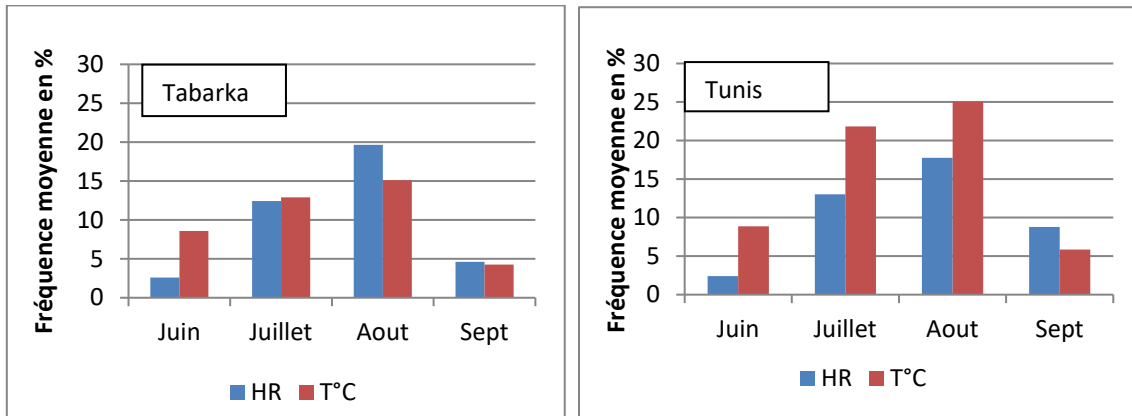


figure 3. Répartition mensuelle des ambiances contraignantes liées à l'humidité (HR) et à la température (T°C) (moyenne 1997 – 2016).

### 2.3 Variation tri-horaire des ambiances contraignantes

À Tunis, l'effet de la température sur l'évolution tri-horaire des ambiances contraignantes est primordial. Au mois d'août, mois le plus chaud, cet effet est très manifeste notamment à midi (Figure 4) avec un taux qui frôle 50% des observations moyennes tri-horaires. L'après-midi est sensiblement moins chaud avec une fréquence qui tourne autour du 1/3 des observations. Pendant le reste de la journée, la situation s'inverse et le rôle joué par l'humidité dans l'inconfort devient plus marqué, surtout au début de la soirée. À Tabarka, l'évolution journalière des ambiances stressantes au mois d'août montre qu'elles sont relativement plus impactées par l'humidité comparativement à la température. Tout au long de la journée, la courbe de l'inconfort d'origine hygrométrique surmonte celle de l'inconfort lié à la température. Les écarts, en termes de fréquences, sont peu significatifs mis à part à 18 h où ils se creusent légèrement. Ces divergences de l'évolution journalière des ambiances tiennent, en fait, aux sites des deux stations. En effet, à Tabarka, plus proche du littoral (à 2 km seulement de la mer), les températures enregistrées à 15h sont presque égales à celles relevées à midi car la brise s'y déclenche plus tôt (entre midi et 13h), comparativement à Tunis, d'où son effet rafraîchissant. D'autre part, cette position de bord de mer fait augmenter l'inconfort en raison de l'humidité élevée de l'air marin. Cependant, à Tunis-Carthage, plus éloignée de la mer (environ 10 km de la côte), la température est plus élevée à midi qu'à 15h car la brise de mer se déclenche tard par rapport à Tabarka ; elle est bien développée vers 15h (sa vitesse moyenne varie de 5 à 8 m/s). Cette localisation permet à l'air marin de pénétrer dans le continent et de devenir moins humide ce qui réduit l'inconfort lié à l'humidité atmosphérique à la station de Tunis (Dahech 2014).

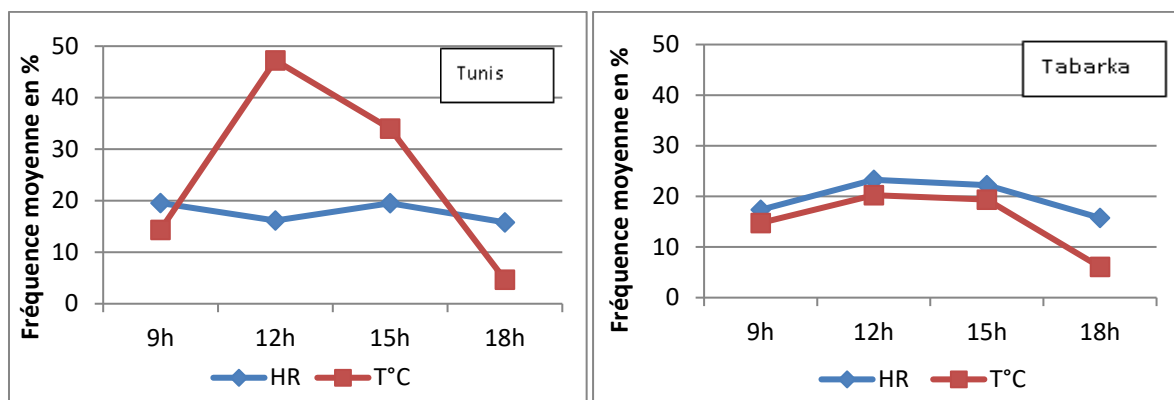
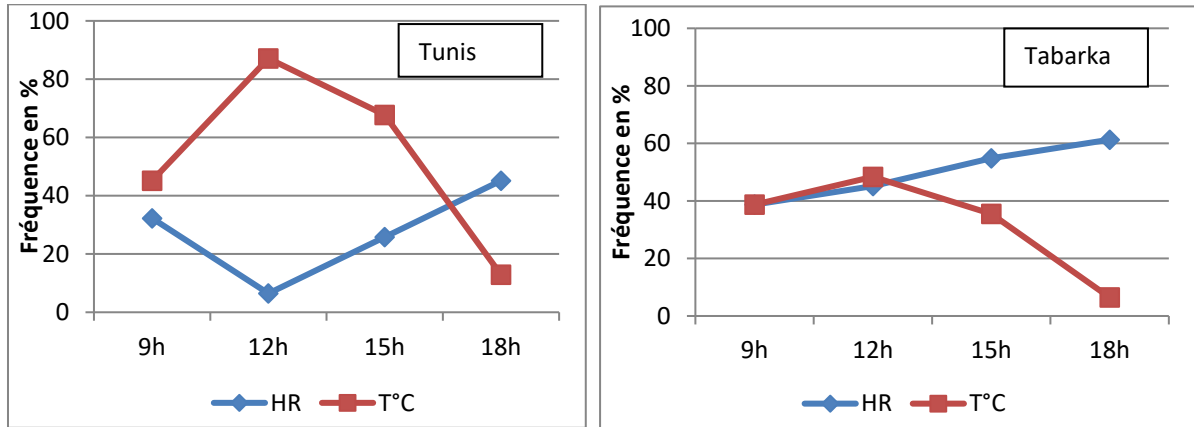


figure 4. Répartition moyenne quotidienne des ambiances contraignantes liées à l'humidité (HR%) et à la température d'après l'indice THI (1997 – 2016).

Cette fréquence moyenne ne révèle pas suffisamment la fréquence exceptionnelle lors de certaines années particulièrement chaudes, en l'occurrence le mois d'août 2003 (Figure 5). À Tunis, le rôle de la

température à midi dans la genèse du stress est décisif (près de 90%) ; l'après-midi, la situation rappelle celle de 12h. À Tabarka, les deux courbes se superposent lors de la première moitié de la journée, tandis qu'elles se détachent au cours de la deuxième moitié de la journée (15h – 18h). À 18h, l'écart devient très significatif et les ambiances contraignantes générées par l'humidité représentent plus de 61% des observations du mois d'août, contre 6% seulement pour les ambiances contraignantes occasionnées par la température.



**figure 5.** Répartition quotidienne des ambiances contraignantes liées à l'humidité (HR%) et à la température d'après l'indice THI (Août 2003).

#### 2.4 Facteurs aérologiques générateurs des ambiances contraignantes chaudes

La journée du 25 août 2003 a été marquée par la présence d'ambiances très chaudes, voire même torrides. Pourtant, à Tabarka, les températures n'ont pas été excessives pour cette saison.

**Tableau 2.** Relevés trihoraires de température et d'humidité relative observées le 25 août 2003

| Heure   | Température mesurée °C |      |      |      |  | Humidité relative en % |     |     |     |  | THI en° |      |      |      |
|---------|------------------------|------|------|------|--|------------------------|-----|-----|-----|--|---------|------|------|------|
|         | 9h                     | 12h  | 15h  | 18h  |  | 9h                     | 12h | 15h | 18h |  | 9h      | 12h  | 15h  | 18h  |
| Tunis   | 33,8                   | 39,2 | 35,1 | 31,1 |  | 32                     | 27  | 53  | 60  |  | 26,6    | 29,3 | 29,8 | 27,6 |
| Tabarka | 29,8                   | 31,3 | 30,1 | 28,3 |  | 88                     | 77  | 83  | 88  |  | 28,8    | 29,2 | 28,6 | 27,4 |

La situation de 25-08-2003 se caractérise par l'établissement d'un champ de basse pression sur la Méditerranée centrale et la Tunisie. L'isobare 1012 hPa passe par la station de Tabarka pour longer la côte orientale avant de rejoindre la Méditerranée orientale (Figure 6). Cette situation véhicule vers la Tunisie septentrionale un flux de Nord dont l'humidité relative dépasse, très souvent, la barre de 80% à Tabarka. Elle rend l'atmosphère suffocante et explique l'existence de cette ambiance sur la côte. À Tunis, l'existence de cette ambiance tient essentiellement aux températures excessives surtout au milieu de la journée, mais aussi à l'air marin assez humide en après-midi et en fin de journée.

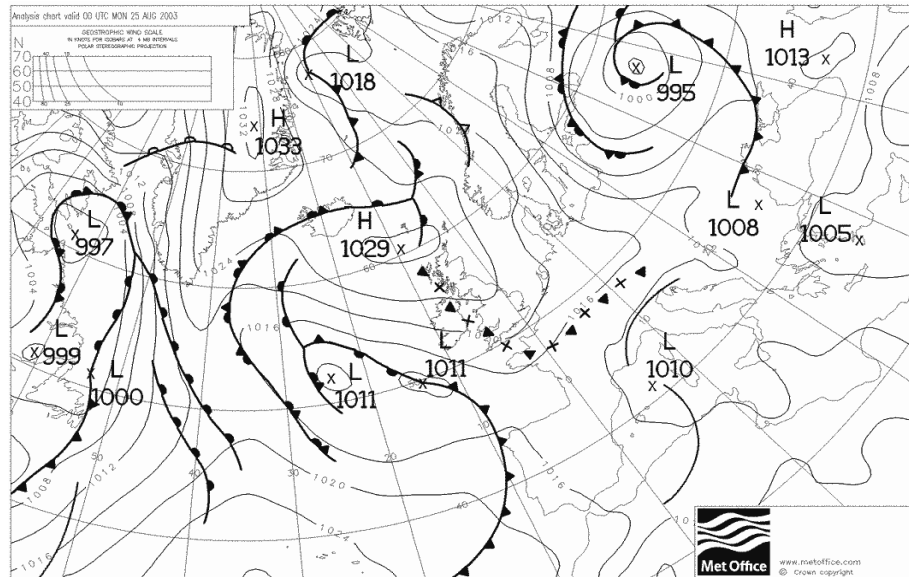


figure 6. Champ barométrique de surface du 25 août 2003.

## Conclusion

L'examen des ambiances contraignantes en saison chaude a montré un poids variable de la température et de l'humidité relative de l'air dans la détermination de l'inconfort thermique. Ce poids révèle les caractéristiques du site des deux stations d'étude. À Tunis, agglomération abritant plus de 2,5 millions d'habitants en 2014, l'îlot de chaleur urbain est la principale origine des températures excessives. Celles-ci, expliquent l'existence de cette ambiance thermique extrême notamment aux heures les plus chaudes de la journée alors que l'impact de l'humidité se manifeste surtout à la fin de la journée. À Tabarka, les températures peu excessives, conséquences de l'effet modérateur de la mer, sont contrebalancées par une humidité atmosphérique assez élevée et parfois excessive favorisant l'apparition d'ambiances suffocantes chaudes et humides.

## Bibliographie

- Ben Boubaker H., Chehaieb S., et Aguerbi-Jaouadi H., 2018 : Les nuits tropicales, révélatrices d'un risque thermique majeur en Tunisie : approche méthodologique. *Publication de l'AIC*, Nice, pp. 68-73.
- Ben Boubaker H 2015 : Les vagues de chaleur en Tunisie. In *Contribution à l'étude des risques climatiques en Tunisie*. Collectif, Coord. Henia L. et Hlaoui Z. Edition Université Tunis p. 126-161
- Boubaker H., 2010 : Les paroxysmes climatothermiques en Tunisie : approche méthodologique et étude de cas. *Climatologie*, vol. 7, p. 57- 87.
- Ben Boubaker H., 2008 : Le flux de Sud-Est maritimisé (*Chlouk*) et ses ambiances bioclimatiques en Tunisie. *Bioclimatologie et topoclimatologie*. Publication F.L.A.H. Manouba. p. 151-172.
- Besancenot JP., 1990 : *Climat et tourisme*. Edit. Masson, 223p.
- Dahech S., 2014 : Impact de la brise de mer sur le confort thermique au Maghreb oriental durant la saison chaude. *Cybergéo*, 38p.
- Vigneau J. P., 2000 : *Géoclimatologie*. Editions Ellipses, 334 pages.