

Circulations atmosphériques de grande échelle associées aux extrêmes de température (canicules, nuits chaudes et vagues de chaleur) sur l'Algérie

Hakim ABANE ^{1*}, F. ABANE ¹, S. BOUCHERIT ¹, L. BAKHTI ¹

Résumé

Le but de cet article est de répondre au questionnement scientifique suivant : les régimes de circulations à grande échelle constituent-ils une bonne approche pour appréhender l'étude des canicules et vagues de chaleur sur l'Algérie ? Autrement dit : nous cherchions à savoir si à un signal de grande échelle spatiale correspondait une réponse à l'échelle locale. Les situations de grande échelle ont été obtenues à partir des champs de réanalyses ERA intérim fournies par le European Centre of Medium Range Weather Forecasts (ECMWF). Les données ERA intérim sont accessibles via le site: <http://www.ecmwf.int/products/data/archive/descriptions/e4/index.html>. Les données observées des températures maximales proviennent du Centre Climatologique National de l'Office National de la Météorologie (Algérie). Quatre types de temps définis par des conditions barométriques redondantes ont été identifiés. Les régimes de temps associés aux extrêmes étudiés ont été établis en utilisant une analyse composite. Ces derniers mettent en évidence des interactions entre les extrêmes climatiques et la circulation atmosphérique de grande échelle.

Mots Clés:

Circulations atmosphériques de grande échelle — Canicules — Vagues de chaleur — Nuits chaudes — types de temps

¹Institut Hydrométéorologique de Formation et de Recherches (IHFR), Oran, Algérie

*Correspondant: hakim73_a@yahoo.fr

1. Détermination des régimes de temps

La matrice de données issue des ré-analyse ERA-intérim, qui représente les données de la pression réduite au niveau de la mer (PSL) pour les mois de juin, juillet et août, de 1979 à 2015, soit 3404 jours a été compressée par une analyse en composantes principales ACP en 11 composantes principales permettant de représenter 90% de la variance totale. L'ACP permet de filtrer la variabilité de la fine échelle pouvant influencer la circulation de grande échelle.

Les 11 composantes principales sont à leur tour soumises à la méthode des nuées dynamiques afin d'en extraire les classes représentant les types de temps. La méthode de nuées dynamiques est très utilisée comme moyen statistique de classification du fait de sa simplicité de mise en oeuvre. Elle procède à une distribution des données en un nombre de classes défini par l'utilisateur de telle façon que les objets appartenant à la même classe soient aussi proches que possible entre eux et aussi loin que possible des objets des autres classes [Lespinas \(2008\)](#).

Dans un premier temps, on examine les changements moyens de pression réduite au niveau de la mer sur la zone Nord-Atlantique (figure 1).

Ensuite, on décrit les conditions synoptiques véhiculées par chaque type de temps, les anomalies associées à chaque type de temps sont également exposées [Kateřina Goubanova \(2007\)](#).

Ainsi en été, les changements moyens de PSL sont en général caractérisés par une vaste cellule anticyclonique centrée sur l'Atlantique entre $28^{\circ}N$ et $42^{\circ}N$, cet anticyclone se prolonge vers l'Europe avec un décroissance de la pression. L'ensemble de l'Europe et le bassin méditerranéen observe des conditions faiblement dépressionnaires générant un flux du Nord-est.

Régime de blocage

Ce régime est caractérisé par une anomalie positive de pression sur l'Europe continentale, le flux perturbé atlantique étant rejeté sur le bassin atlantique nord-est. Les fortes anomalies positives sur le nord de l'Europe limitent la pénétration de l'air marin véhiculé par le flux d'ouest sur le nord de l'Europe. Ce type de temps est nommé "Blocage" [Boulard \(2010\)](#).

Une anomalie négative s'étend des Açores au bassin méditerranéen occidental, tandis qu'une anomalie positive s'étire du Groenland à la mer du Nord.

Régime de NAO- (North Atlantic Oscillation)

Une anomalie négative s'étend des Açores au bassin méditerranéen occidental, tandis qu'une anomalie positive s'étire du Groenland à la mer du Nord [Deschamps \(2011\)](#).

Régime de dorsale Atlantique AR (Atlantique Ridge)

Le régime de dorsale Atlantique s'identifie par un gonflement de l'Anticyclone des Açores recouvrant tout le bassin Méditerranéen, la zone de haute pression subtropicale est rejetée plus au Nord laissant place à l'air froid cyclonique d'origine polaire qui s'enfonce vers l'Europe centrale.

Cette configuration installe un temps sec sur l'Europe occidentale s'humidifiant en direction de l'Europe centrale.

Les anomalies associées à l'Atlantique Ridge sont humides et relativement chaudes au nord et sèches et relativement froides au sud, en particulier sur la péninsule ibérique [Tamara \(2008\)](#).

Régime NAO+ (North Atlantic Oscillation)

Ce régime de temps se présente par des anomalies positives de pression mer aux latitudes subtropicales s'étendant jusqu'à $45^{\circ}N$; alors qu'une anomalie négative est

repérée sur les parties plus au Nord. Ceci correspond à un renforcement de l'anticyclone des Açores accompagné d'un flux zonal d'ouest sur le bassin atlantique et l'Europe de l'ouest Boe (2007).

Le type NAO+ est associé à un vaste anticyclone centré sur le proche Atlantique et s'étendant jusqu'à l'Europe centrale favorisant un flux général d'ouest. La dépression d'Islande se trouve décalée très au nord. Des pluies fréquentes sur l'Europe du nord, un temps sec sur le bassin méditerranéen et un déplacement vers le nord des couloirs dépressionnaires sont les caractéristiques météorologiques connues de ce type de temps.

2. Les extrêmes des températures

La méthodologie ci-dessous est généralisée à l'ensemble des stations d'observation disponibles. Les variables analysées comprennent la température journalière maximale et la température journalière minimale. Nous rappelons que seule la saison estivale est considérée dans la discussion des journées chaudes, vagues de chaleur et les nuits chaudes. Les résultats sont présentés sous forme de cartes composites et leurs anomalies.

Cartes composites des situations synoptiques expliquant les journées caniculaires

Le 95^e percentile a été retenu pour définir les journées caniculaires sur les séries journalières de températures maximales estivales (celles observées au cours de la période juin, juillet et août) des stations retenues sur la période de 1979-2010.

Le tableau suivant donne les valeurs du 95^e percentile des différentes villes considérées.

Table 1. 95^e percentile de chaque station utilisée dans l'étude. Le percentile est calculé sur les données journalières de tous les jours estivaux de chaque année, entre 1979 et 2010.

Station	Oran	Annaba	Constantine
P 95	36,6	41,6	40,2
Station	DEB	Mascara	Meliana
P 95	37,3	41,13	39,3

Le littoral

Les journées caniculaires sur le littoral algérien sont donc caractérisées par une situation synoptique définie par une zone anticyclonique sur le proche Atlantique qui voit son influence s'étendre jusqu'aux côtes ouest portugaises et françaises. Des conditions faiblement dépressionnaires sont observées sur une très bonne partie de l'Europe et le bassin Méditerranéen oriental, alors que la Méditerranée occidentale se trouve sous l'influence de conditions moyennes normales de pression moyenne proche de 1015hPa avec un flux de nord-est.

Les cartes des anomalies (figure 6) confirment que les journées caniculaires sur le littoral sont associées à des anomalies faiblement positives sur la Méditerranée occidentale et négative sur l'océan Atlantique et l'Europe du nord. On note un gradient barométrique marqué sur le littoral centre du pays.

On observe également un gradient barométrique moyen marqué entre le Portugal et l'Italie de telle façon qu'on

passse des anomalies négatives aux anomalies positives, ceci semble être en liaison avec l'installation des journées caniculaires sur les régions côtières et proches côtières du pays plus particulièrement les côtes centres. Le rôle de l'oscillation OMO n'est donc probablement pas négligeable.

Les régions de l'intérieur

Les caractéristiques météorologiques mises en évidence avec les composites du champ de pression mer et les journées caniculaires sur l'intérieur du pays confirment que les événements représentant des journées caniculaires sont caractérisés par un flux de nord-est tandis que la situation synoptique moyenne montre toujours une dépression de faible activité sur la Méditerranée occidentale. Ces cartes (figure 7) ne montre pas de différences significatives avec celles observées sur le littoral du pays ni sur le champ composite ni sur les anomalies qui restent faiblement positives marquant un gradient barométrique plus accentué sur le centre et l'ouest qu'à l'est.

Relations statistiques entre la circulation de grande échelle et les journées caniculaires sur le nord du pays

Les types de temps et les situations synoptiques illustrant les journées caniculaires sont maintenant connus, il est nécessaire d'observer d'éventuelles relations entre eux. Pour cela nous allons voir les résultats des relations statistiques dans le tableau ci-après.

Table 2. Corrélations, à partir des données d'anomalies, entre les types de temps et les journées caniculaires (valeurs en gras significatives au niveau $\alpha = 0,05$)

	Blocage	NAO-	Atlantic Ridge	NAO+
Littoral ouest	-0.308	+0.344	+0.256	+0.295
Littoral centre	-0,017	-0.165	-0.180	+0.307
Littoral Est	-0.345	-0.144	+0.573	-0.118
Intérieur ouest	-0.394	-0.116	+0.286	+0.170
Intérieur centre	-0.061	-0.080	+0.097	+0.024
Intérieur Est	-0.185	+0.281	+0.580	-0.590

En ne gardant que les valeurs les plus importantes, trois corrélations ressortent (tableau 2) :

- Corrélations entre le type de temps Atlantic Ridge et les journées caniculaires sur les régions est, aussi bien littorales qu'intérieures, qui sont corrélés positivement à respectivement 0.573 et 0.580
- Corrélation entre le type de temps NAO+ et les journées caniculaires dans les zones intérieures est du pays est négative à -0.590 .

Cependant, il est important de souligner que la majorité des types de temps et les journées caniculaires sont corrélées entre elles, mais de façons plus ou moins significatives.

On signale qu'un même type de temps à l'origine des journées caniculaires sur une région donnée, peut ne pas installer un temps caniculaire sur une autre région du pays, c'est le cas par exemple du type NAO+ pouvant donner lieu à des journées caniculaires sur l'ouest du pays alors qu'il favorise un temps doux sur l'Est du pays.

Donc pour les besoins de notre étude, nous ne traiterons que les corrélations les plus significatives. Pour ces relations, on constate que plus la situation synoptique se

rapproche du type de temps Atlantic Ridge, la probabilité d'observer une journée caniculaire sur l'Est du pays augmente, plus le type de temps est de type NAO+, les températures seront douces sur l'Est, alors que le type de temps NAO- conditionne plutôt des températures douces sur l'ensemble du nord du pays.

Cartes composites des situations synoptiques expliquant les vagues de chaleur

On définit une vague de chaleur comme le nombre de jours appartenant à une succession d'un minimum de 3 jours avec une température maximale dépassant le 90^epercentile Deschamps (2011).

Table 3. 90^epercentile de chaque station utilisée dans l'étude. (réalisé sur les données journalières de tous les jours estivaux de chaque année, entre 1979 et 2010.

Station	Oran	Annaba	Constantine
P 90	34.61	40.2	39
Station	DEB	Mascara	Meliana
P 90	35.4	39.8	38.1

En effet, si on regarde les structures synoptiques moyennes représentant les vagues de chaleur sur le Nord du pays (figure 8), on remarque que les vagues de chaleur se produisent sous l'influence d'une très petite dépression voir des conditions moyennes normales de pression, la valeur de la pression moyenne est comprise entre 1014hPa et 1017hPa, le flux ainsi généré est de secteur nord-est. Les anomalies (figure 8) de ces événements mettent en évidence le fait que ces événements sont associés aux situations marquées par un gradient barométrique très important sur le nord du pays s'étendant du littoral et voit son influence s'étendre jusqu'aux régions intérieures. Nous avons également remarqué que, lors des épisodes de vagues de chaleur une transition entre anomalies négatives sur les côtes devenant positive vers l'intérieur.

La comparaison entre les stations examinées révèle une excellente ressemblance et concordance. Il est donc clair que les conditions générant les vagues de chaleur sont reproduites de la même façon sur l'ensemble des régions. Une petite exception est faite sur les anomalies du littoral est pour lesquelles le gradient barométrique est moins accentué avec des valeurs faiblement positives, la zone d'anomalies négatives est rejetée vers l'Europe du Nord.

Relations statistiques entre la circulation de grande échelle et les vagues de chaleur

Pour rechercher une relation statistique entre les types de temps et les conditions météorologiques favorables à l'installation des vagues de chaleur, il est important d'examiner les relations qui les lient. Les résultats sont résumés dans le tableau 4.

La corrélation négative entre le type de temps de blocage et les vagues de chaleur sur le littoral et les régions de l'intérieur ouest montre que ces deux éléments varient de façon opposée (tableau 4).

On peut donc émettre la conclusion suivante : plus la configuration atmosphérique ressemble au type de temps blocage, moins les vagues de chaleur sont présentes, ceci est particulièrement vrai pour le littoral ouest. De même

Table 4. Corrélations, à partir des données d'anomalies, entre les types de temps et les vagues de chaleur (valeurs en gras significatives au niveau $\alpha = 0,05$).

	Blocage	NAO-	Atlantic Ridge	NAO+
Littoral ouest	-0.631	+0.294	+0.778	-0.391
Littoral centre	-0.238	-0.150	+0.032	+0.294
Littoral est	-0.166	-0.441	+0.329	+0.176
Intérieur ouest	-0.086	-0.352	+0.083	+0.267
Intérieur centre	+0.104	-0.681	-0.212	+0.624
Intérieur est	+0.053	+0.005	+0.452	-0.470

que pour le type NAO- , plus la configuration atmosphérique est proche du type de temps NAO-, moins les vagues de chaleurs sont observées sur le littoral centre et est et l'intérieur centre et ouest, avec une augmentation de probabilité pour les régions intérieures centres. A l'opposé, la forte corrélation positive entre le type de temps Atlantic Ridge et les vagues de chaleur sur le littoral ouest, démontre le fort lien entre ces deux phénomènes. Plus la configuration atmosphérique est de la forme Atlantic Ridge, plus les vagues de chaleurs sont observées sur le littoral ouest, d'une façon moins importante sur l'intérieur est.

On signale ainsi la forte corrélation positive entre le régime NAO+ et les vagues de chaleur sur l'intérieur centre, alors que les températures sont beaucoup plus douces sur le littoral ouest et l'intérieur Est.

On peut donc conclure que l'installation de vagues de chaleur sur l'ensemble du nord du pays est fortement influencée par les grands types de temps. C'est-à-dire que la configuration des flux d'air venant de l'océan atlantique influence fortement leurs répartitions.

Cependant pour certains phénomènes, le manque de significativité de leurs relations statistiques avec les grands types de temps démontre que dans ces configurations de vagues de chaleur, les grands types de temps ne sont pas les facteurs principaux. Il y a donc d'autres phénomènes influençant leurs installations.

Cartes composites des situations synoptiques expliquant les nuits chaudes

On définit une nuit chaude comme une nuit dont la température minimale dépasse le 95^epercentile. Le tableau 4 donne les valeurs des 95^epercentiles des différentes stations.

Table 5. 95^epercentile de chaque station utilisée dans l'étude le percentile est réalisé sur les données journalières de tous les jours estivaux de chaque année, entre 1979 et 2010.

Station	Oran	Annaba	Constantine
P 95	23.4	28	22.7
Station	DEB	Mascara	Miliana
P 95	23.6	22.93	27.2

La figure (10) présente les conditions liées aux événements de nuits chaudes dans les différentes régions examinées. De même que pour les vagues de chaleur, la situation synoptique moyenne associée aux nuits chaudes indique une petite dépression localisée sur l'ensemble du pourtour méditerranéen avec un anticyclone en plein océan atlantique qui n'a pas changé de position d'une région à une autre.

Cette situation moyenne ainsi observable ne discrimine donc pas une différence synoptique de manifestations des nuits chaudes sur le nord du pays.

Raisonnant par rapport aux anomalies, il apparaît clairement que les nuits chaudes sur l'intérieur ouest et centre du pays sont associées à un gradient barométrique assez serré et fait toujours un passage des anomalies négatives sur le littoral à des anomalies positives en direction de l'intérieur. Pour l'Est du pays, des anomalies négatives de pression générant un gradient barométrique fort semblent être responsables de l'instauration des nuits chaudes. Alors que les régions du littoral sont plutôt caractérisées par des anomalies faiblement positives avec un gradient barométrique faible sur l'ouest et le centre, plus affaibli sur l'Est.

Relations statistiques entre la circulation de grande échelle et les nuits chaudes

L'objet de cette partie est d'apporter des éléments de réponse quant à la part des régimes de temps dans l'observation des nuits chaudes.

Nous discutons également l'intensité de la relation entre les types de temps et les situations synoptiques favorisant les nuits chaudes.

Table 6. Les corrélations, à partir des données d'anomalies, entre les types de temps et les nuits chaudes (Valeurs en gras significatives au niveau $\alpha = 0,05$).

	Blocage	NAO-	Atlantic Ridge	NAO+
Littoral ouest	+0.003	-0.595	-0.388	+0.811
Littoral centre	+0.275	-0.596	-0.569	+0.741
Littoral Est	+0.290	-0.321	-0.089	+0.071
Intérieur ouest	-0.051	-0.590	-0.193	+0.673
Intérieur centre	+0.013	-0.482	-0.160	+0.451
Intérieur Est	+0.144	-0.166	+0.280	-0.261

Il en ressort que les types de temps NAO-, Atlantic Ridge et NAO+ semblent être en liaison avec l'observation des nuits chaudes sur le nord du pays. Cependant, la comparaison de ces trois types de temps montre des différences significatives pour certaines régions, mettant ainsi en évidence l'existence de liaisons négatives entre les types NAO- et Atlantic Ridge sur la majorité du nord Algérien autrement dit plus que les conditions synoptiques ressemblent à ces deux régimes moins les nuits chaudes sont observées.

Les différences significatives observées concernent le type NAO+ qui présente une corrélation positive significative très importante sur l'ensemble des régions Nord du pays à l'exception de l'intérieur Est.

Il serait donc intéressant de construire une idée qui attribue l'installation des nuits chaudes au régime NAO+.

3. Conclusion

Afin de caractériser les extrêmes climatiques par types de temps, une identification des circulations de grande échelle qui règnent sur l'Atlantique Nord en période estivale a été menée. Les configurations synoptiques correspondantes aux phénomènes extrêmes ont été élaborées.

Afin d'évaluer la relation statistique entre les types de temps ainsi identifiés et les situations représentant les extrêmes, le coefficient de corrélation linéaire a été calculé.

L'influence des régimes sur les conditions locales de température peut être résumée comme suit :

- Le régime zonal (NAO+) de la saison estivale est corrélé positivement aux régimes donnant les journées caniculaires à l'exception de la région est où cette corrélation était négative. Ce même régime de temps peut favoriser des vagues de chaleur sur le Nord du pays d'une façon plus importante sur l'intérieur centre, alors que le littoral ouest et l'intérieur est n'observent pas de vagues de chaleur lorsque le régime de temps s'apparente à du NAO+, les nuits chaudes sont fortement liées dans un sens positif à du NAO+ à l'exception de l'intérieur est. Le régime zonal favorise l'apparition des phénomènes : vagues de chaleur, nuits chaudes et journées caniculaires, malgré que sa fréquence d'apparition ne dépasse pas 25%.
- L'Anticyclone du Groenland (NAO-) est relativement non responsable au cours de l'été des journées caniculaires et des vagues de chaleur sur le nord du pays à l'exception des régions intérieures, la plus forte corrélation négative est observée sur le littoral ouest autrement dit, le régime NAO- favorise des journées plutôt douces. Par contre une relation trop faible est observée entre le NAO- et les nuits chaudes sur l'ensemble nord du pays.
- Le Blocage est associé aux événements extrêmes sur toute la zone Nord du pays, il ne favorise pas des journées caniculaires, ni vagues de chaleur ni nuits chaudes.
- La Dorsale Atlantique s'est avérée comme le régime le plus favorable à l'instauration des journées caniculaires et vagues de chaleur sur le littoral ouest, est et l'intérieur est.

Références

- Boe, J. (2007). *Changement global et cycle hydrologique : Une étude de régionalisation sur la France*. PhD thesis, Université Paul Sabatier.
- Boulard, D. (2010). *Modes de variabilité des températures de surface océanique du bassin méditerranéen (1989-2008)*. PhD thesis, Université de la Bourgogne.
- Deschamps, Q. (2011). *Conditions atmosphériques associées aux précipitations intenses du bassin méditerranéen*. PhD thesis, Université de Bourgogne.
- Katerina Goubanova (2007). *Une étude des événements climatiques extrêmes sur l'Europe et le bassin Méditerranéen et de leur évolution future*. PhD thesis, Université Paris6.
- Lespinas, R. F. (2008). *Impacts du changement climatique sur l'hydrologie des fleuves côtiers en région Languedoc*. PhD thesis, Université de Perpignan.
- Tamara, S. (2008). *Modélisation multi-échelles de la circulation atmosphérique hivernale sur le bassin rôle des interactions d'échelle*. PhD thesis.

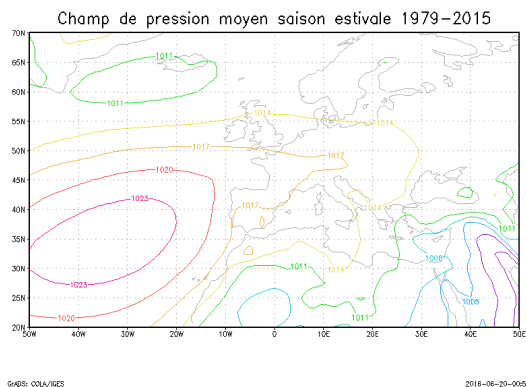


Figure 1. Champ de pressions moyen

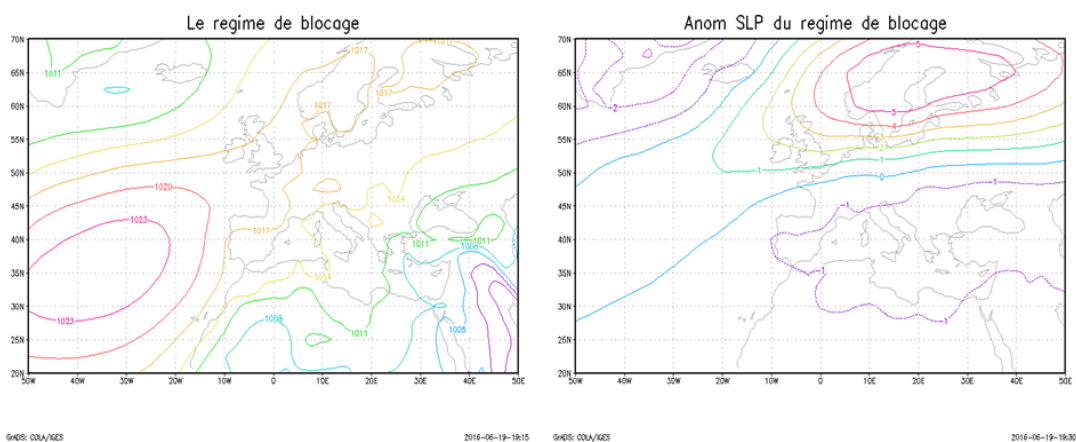


Figure 2. Champ de pressions moyen correspondant au régime de blocage : 24,97%

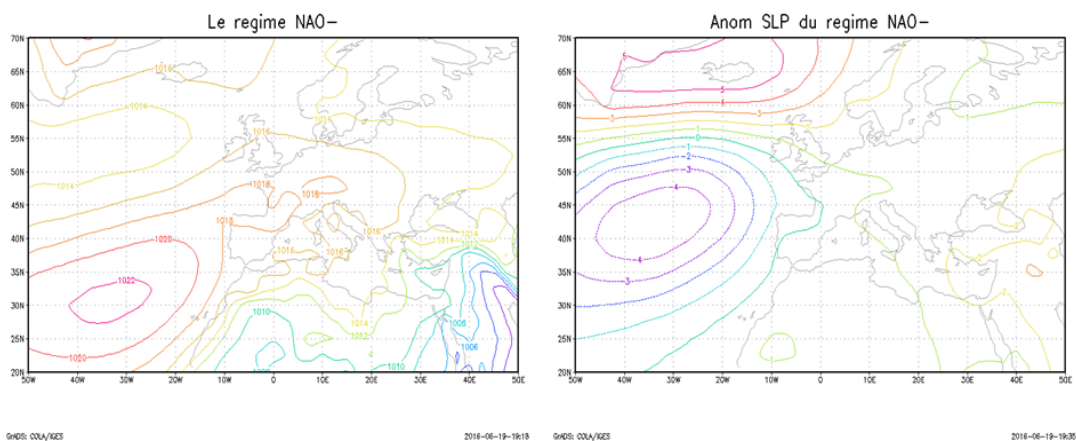


Figure 3. Champ de pressions moyen correspondant au régime de NAO- : 24,65%

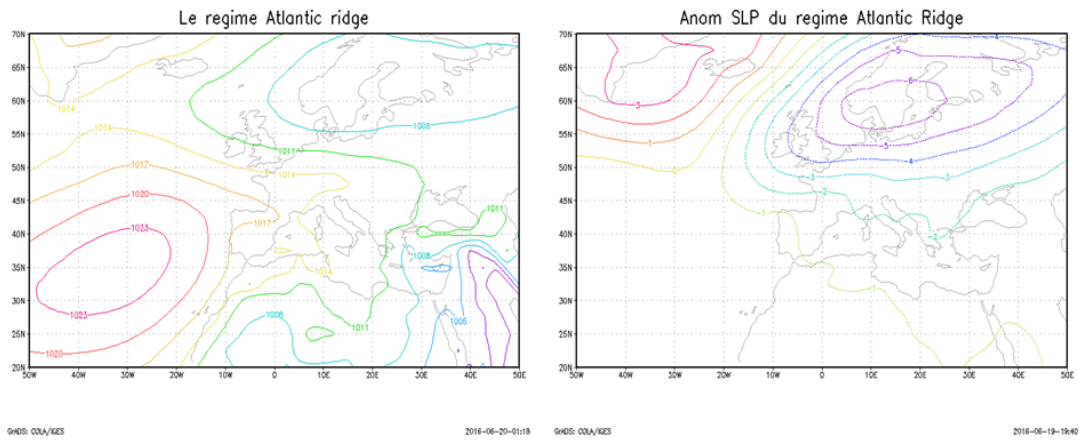


Figure 4. Champ de pressions moyen correspondant à Atlantique Ridge : 18,98%

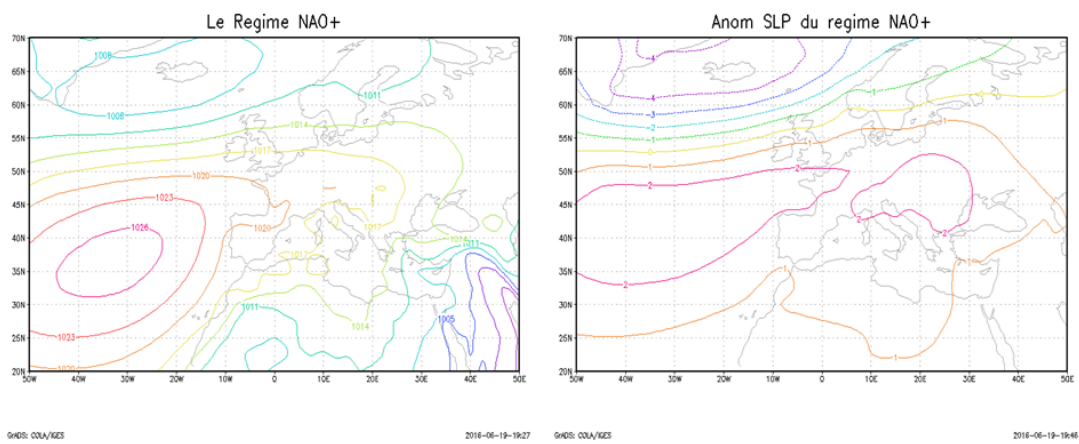


Figure 5. Champ de pressions moyen correspondant à NAO+ : 31,40%

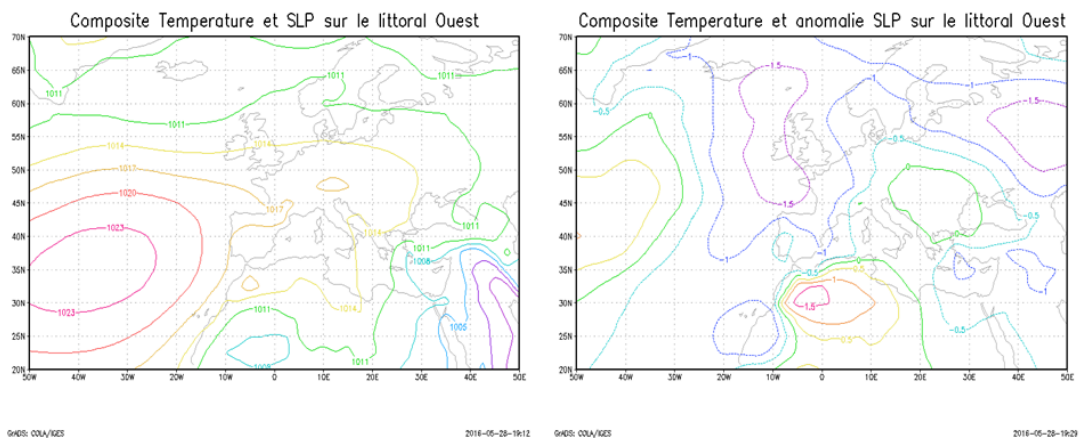


Figure 6. Cartes composites entre SLP et les journées caniculaires sur le littoral

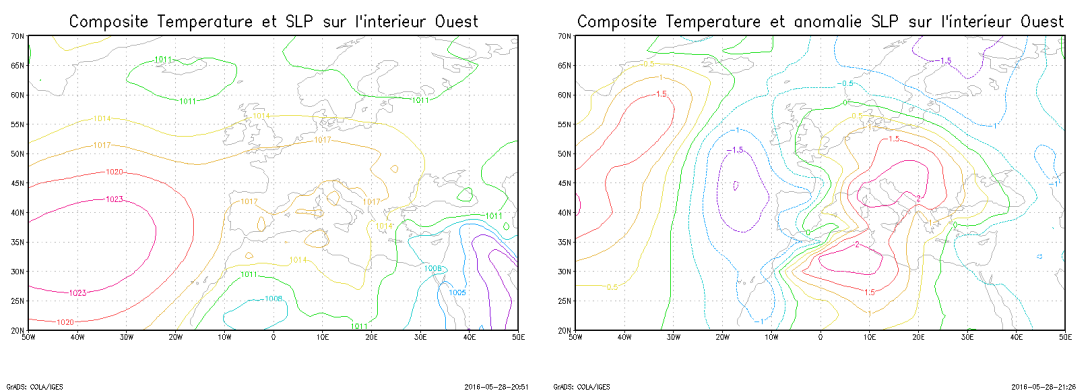


Figure 7. Cartes composites entre SLP et les extrêmes de température : journées caniculaires sur l'intérieur

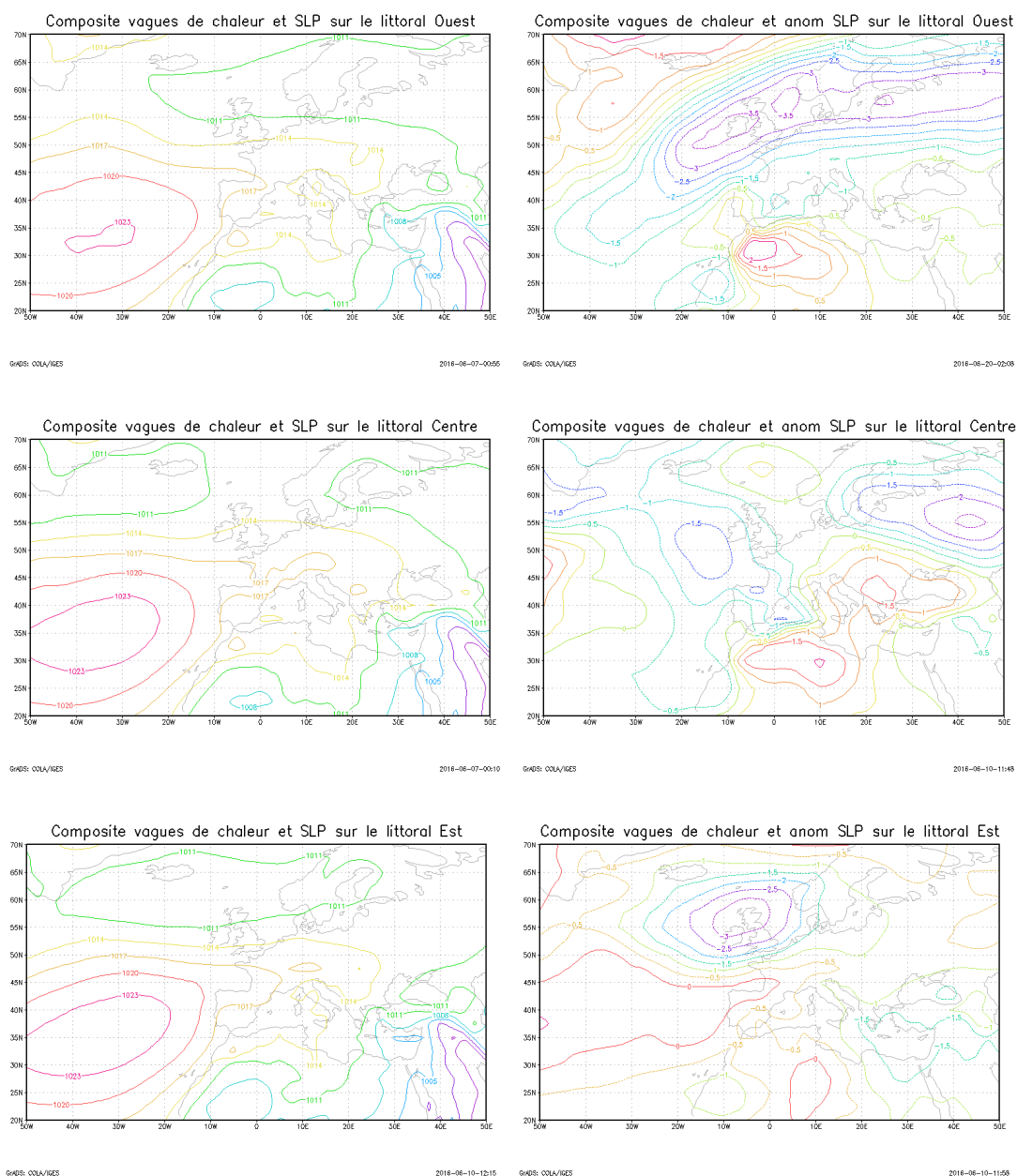


Figure 8. Cartes composites entre SLP et les extrêmes de température : vagues de chaleur sur le littoral

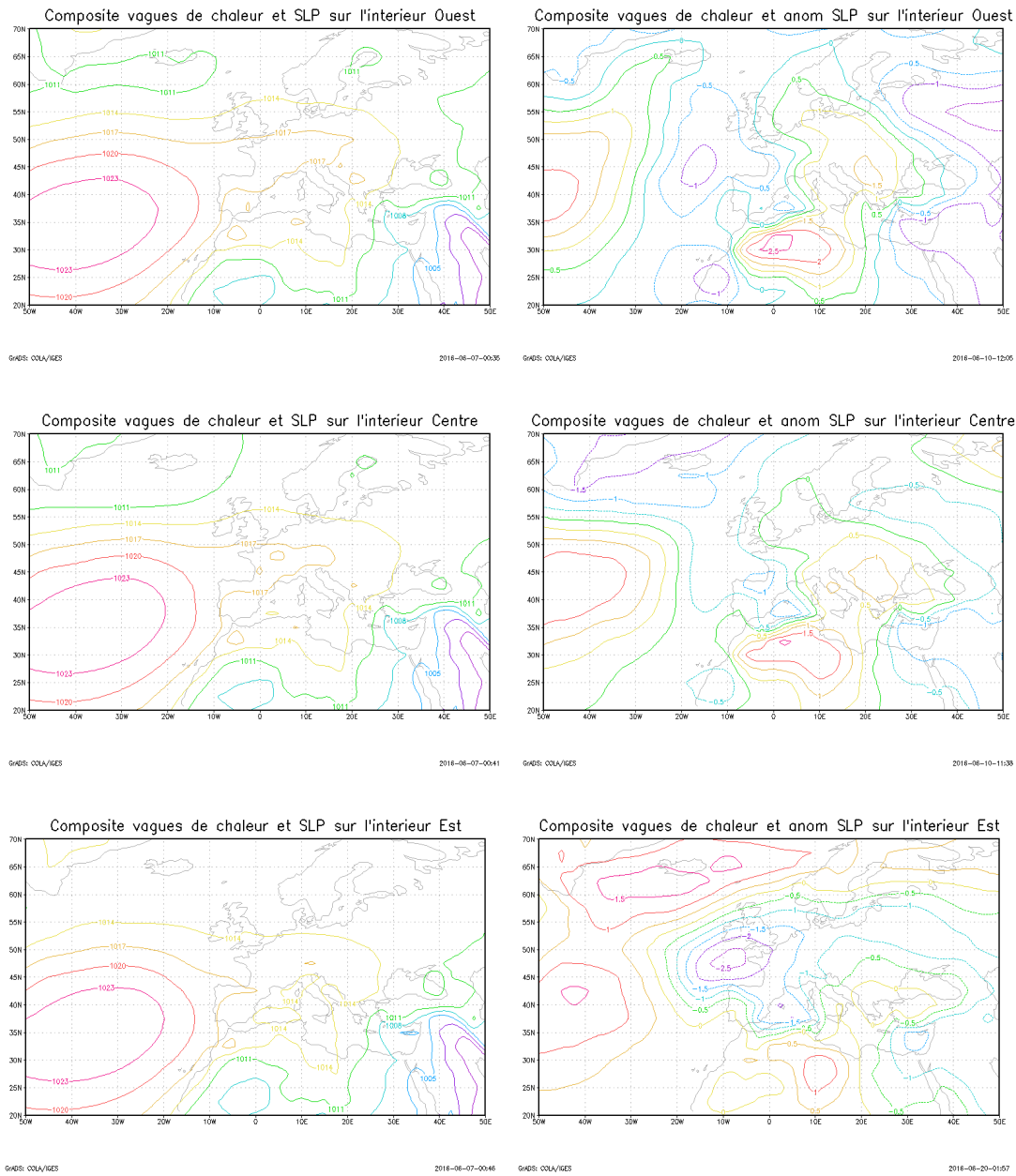


Figure 9. Cartes composites entre SLP et les extrêmes de température : vague de chaleur sur l'intérieur