



weather'n'co

METEO & OCEANO – Formation

Meteo Tropicale



Objectifs

- Maîtriser les éléments clés des principaux phénomènes en régions tropicales

La météorologie tropicale

Une dynamique singulière

► La météorologie tropicale se caractérise par des mécanismes spécifiques échappant aux modèles classiques. La **Zone de Convergence Intertropicale** (ZCIT), où se rencontrent les alizés des deux hémisphères, représente le moteur principal de cette circulation avec sa puissante structure convective verticale et ses variations saisonnières marquées, particulièrement près du continent africain.

Les alizés, vents persistants de secteur Est limités par leur couche d'inversion caractéristique, sont modulés par l'alimentation en air polaire des anticyclones subtropicaux. La région est également façonnée par des phénomènes distinctifs : **ondes d'Est**, cumulonimbus orageux, incursions d'**ondes d'Ouest** et **systèmes linéaires** comme les lignes de grains – autant d'éléments essentiels pour comprendre ce système climatique fondamental à l'équilibre thermique planétaire.

Sommaire

- 1 – **Caractéristiques de la météorologie tropicale**
- 2 - Singularité de la météorologie tropicale
- 3 - La **ZCIT (zone de convergence intertropicale)**
- 4 - Précis de mécanique
- 5 - Structure verticale
- 6 - **ZCIT**, zoom régional sur la cote africaine
- 7 - Les **Alizés**
 - 7.1 Définition
 - 7.2 Caractéristiques
 - 7.3 Structures nuageuses associées
 - 7.4 Facteurs d'irrégularité des Alizés
- 9 - Les différents phénomènes météorologiques tropicaux

1 – Caractéristiques de la météorologie tropicale

1- Caractéristiques

► La météorologie tropicale concerne la zone située entre **30°N et 30°S**, représentant la moitié du globe terrestre. Ses principales caractéristiques sont :

- Profil thermique : Distribution spécifique du champ moyen de température
- Profil barométrique : Distribution caractéristique des champs de pression
- Influence géographique : Rôle majeur des éléments géographiques régionaux

► La météorologie tropicale présente des défis particuliers :

- Défis d'observation : Problème structurel ,Réseau limité de stations, données peu représentatives
- Défis théoriques : Limites des modèles classiques, la loi de Buys-Ballot à mesure qu'on s'approche de l'équateur, et inadéquation des modèles de vent géostrophique face au vent réel

■ Cette région nécessite donc des approches spécifiques qui tiennent compte de ses particularités climatiques et des contraintes propres à son étude.

Répartition des températures moyennes en juillet

Forte corrélation avec la nature des surfaces terrestres. Les échanges radiatifs entre la terre et l'atmosphère jouent un rôle déterminant, avec des valeurs maximales enregistrées dans la région saharienne. La zone saharienne constitue ainsi un pôle thermique majeur dans le domaine tropical, illustrant l'impact considérable des caractéristiques du sol (albédo, capacité thermique, végétation) sur le régime thermique régional pendant cette période estivale.

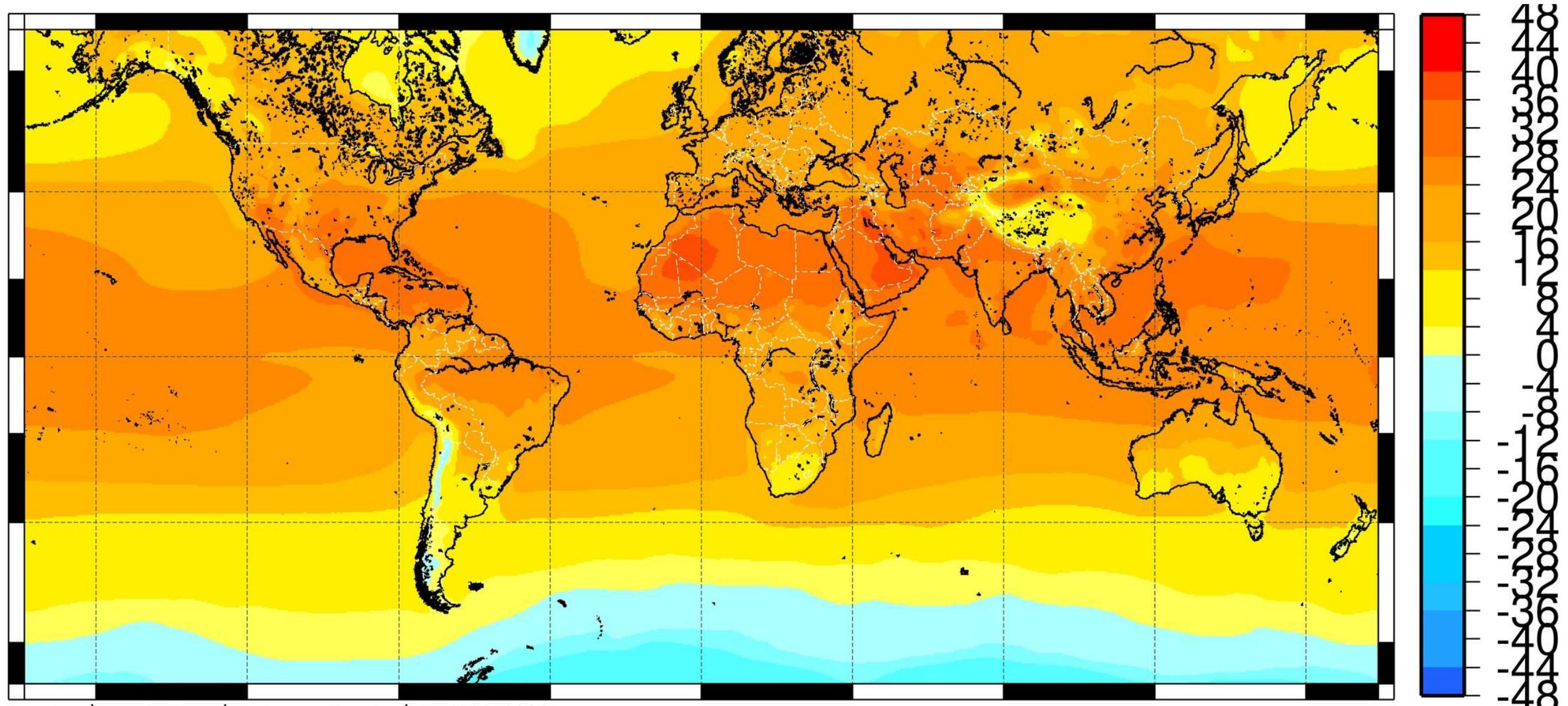
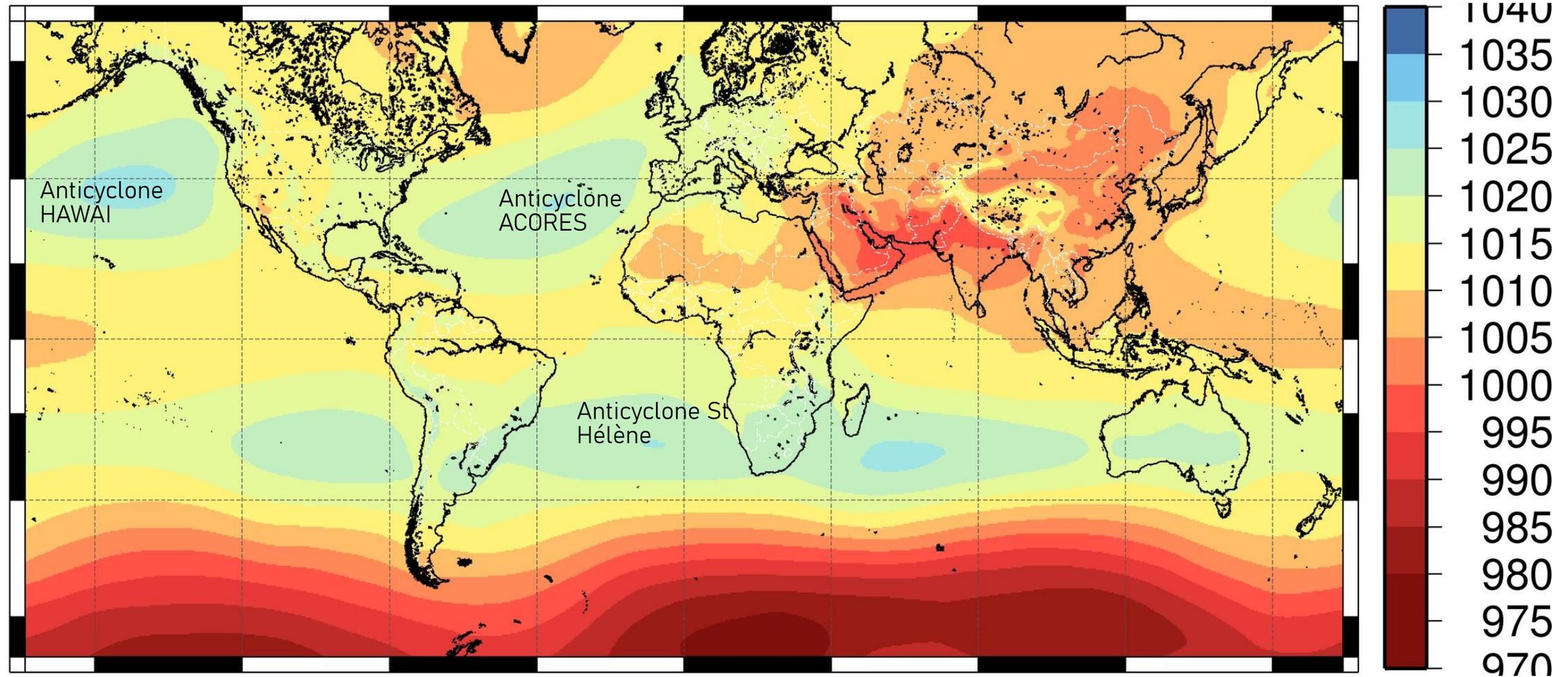


Illustration à partir des réanalyses Era-Intérim 1989-2008 .

Distribution de la pression au niveau de la mer (hPa) en juillet

Structure bien définie avec trois éléments principaux et **Moteurs essentiels** de la circulation atmosphérique tropicale

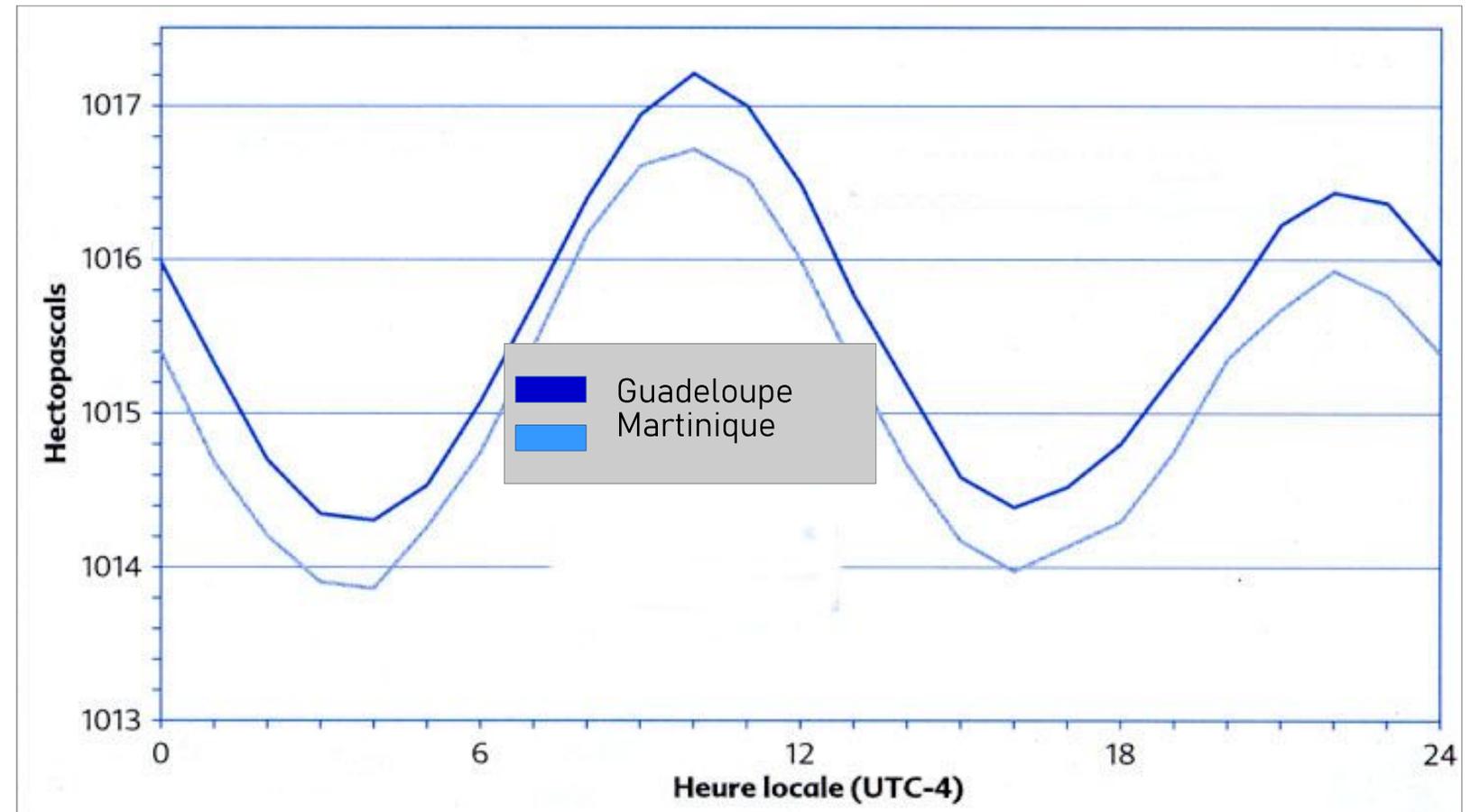


- Une zone de basses pressions équatoriales, particulièrement marquée sur le continent africain
- Une forte dépression thermique sur le continent asiatique, liée au réchauffement estival intense
- Deux puissants anticyclones subtropicaux qui encadrent ces dépressions, stabilisant le système météorologique tropical

2 – Particularités singulières – Marée Barométrique

Dans le contexte de la météorologie tropicale, les cartes isobariques traditionnelles ne fournissent pas une information suffisante pour déterminer précisément les caractéristiques du vent. La variation de pression devient alors l'indicateur le plus pertinent et sensible pour l'analyse des mouvements atmosphériques.

Un phénomène particulièrement significatif dans cette région est l'importance de la marée barométrique, avec une amplitude d'environ 4 hPa. Cette variation diurne de pression, beaucoup plus marquée qu'aux latitudes tempérées, influence considérablement la dynamique atmosphérique locale et doit être prise en compte dans l'interprétation des données météorologiques tropicales.



Garder à l'esprit

Tendance de pression = Evolution diurne + Evolution du champ de pression

3 – ZCIT - Zone de Convergence Inter Tropicale

L'équateur météorologique, aussi connu sous le nom de ZCIT, constitue la frontière où convergent les alizés des deux hémisphères.

Cette zone, parfois appelée "pot au noir" par les marins, se déplace suivant le mouvement apparent du soleil, avec un retard caractéristique de 6 à 8 semaines en général, et de 10 à 12 semaines spécifiquement sur l'océan Atlantique.

Position saisonnière de la ZCIT (hémisphère nord)

- Janvier: 2°N sur l'Atlantique et 5°N sur le Pacifique
- Juillet: 8°N sur l'Atlantique et 10°N sur le Pacifique

Caractéristiques principales

- Bande de convection atmosphérique s'étendant sur 300 à 500 km de largeur
- Zone recevant d'abondantes précipitations, entre 2000 et 3000 mm par an

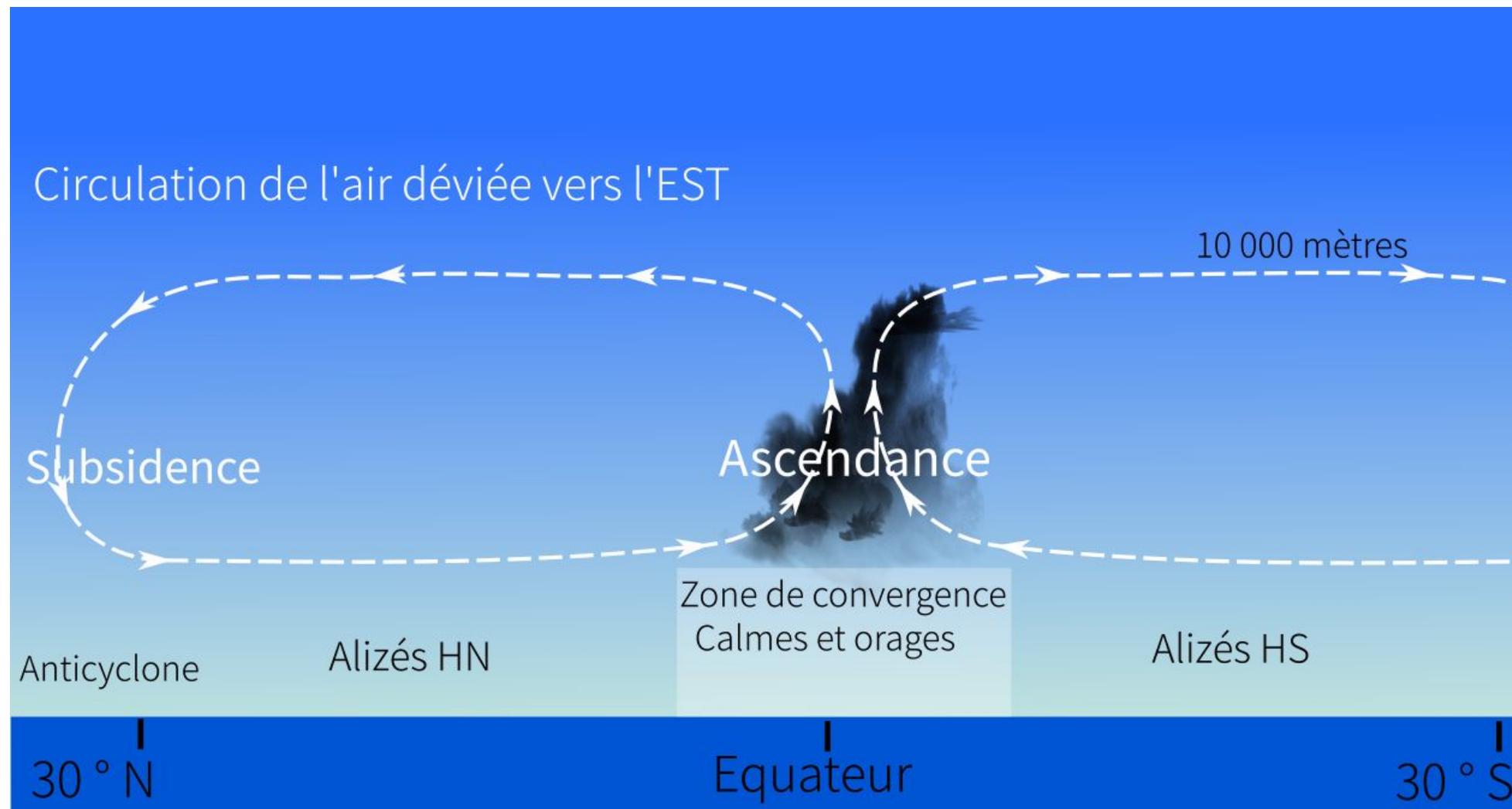
Cette structure joue un rôle fondamental dans la dynamique climatique tropicale et la distribution des précipitations

4 – Précis de mécanique de la ZCIT

La cellule de Hadley

Structure et fonctionnement

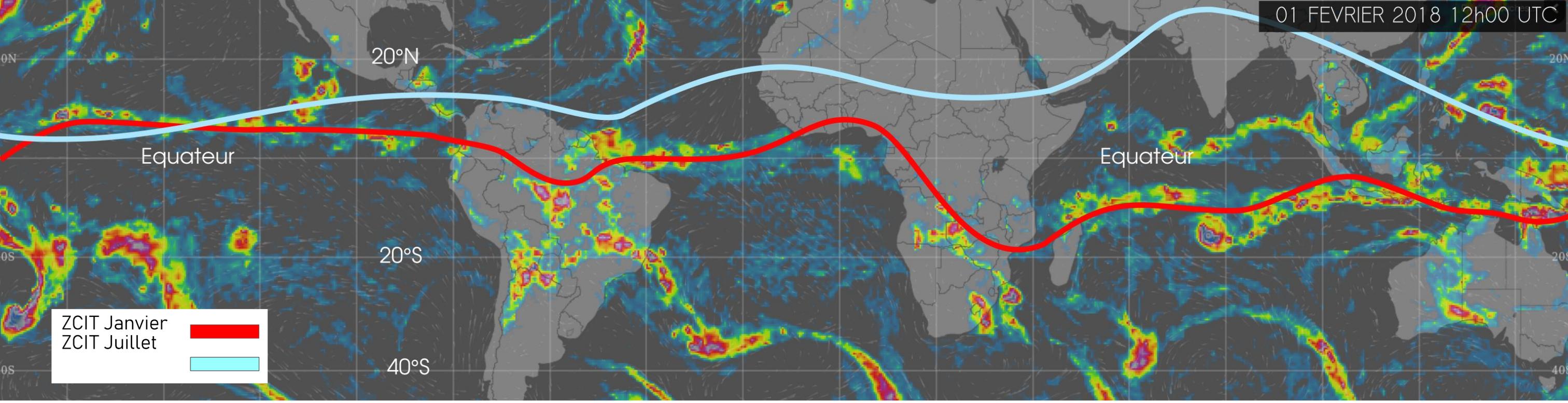
- 1 - Convergence en surface: Les alizés des deux hémisphères convergent vers la ZCIT, créant une zone de basses pressions.
- 2 - Mouvement ascendant: L'air chaud et humide s'élève par convection profonde, formant d'imposants cumulonimbus et libérant d'importantes quantités d'énergie latente lors de la condensation.



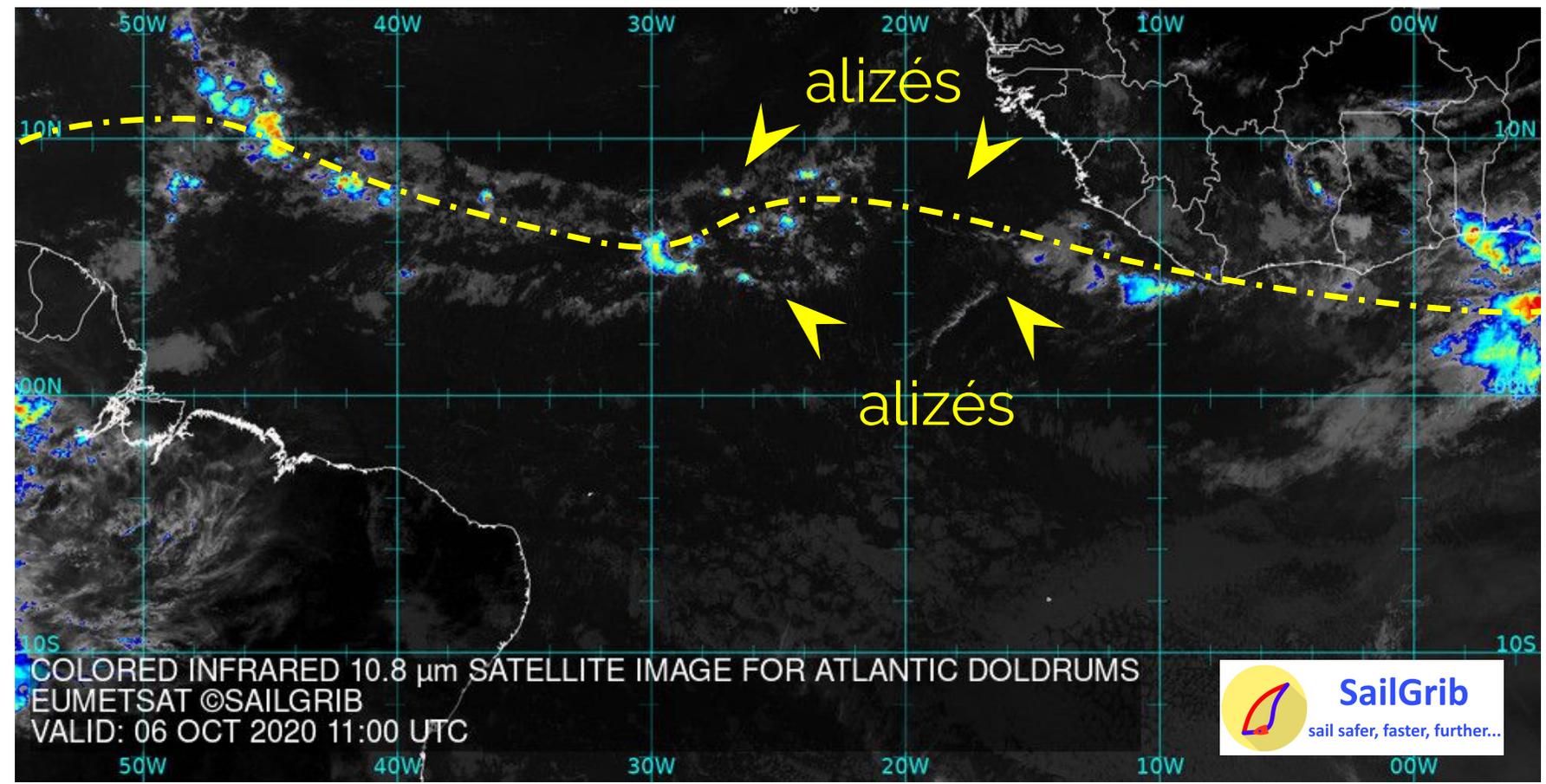
3 Divergence en altitude: En atteignant la tropopause (environ 15-16 km), l'air diverge vers les pôles.

4 - Subsidence subtropicale: L'air redescend dans les zones subtropicales (vers 30° N et S), formant les anticyclones subtropicaux.

Boucle fermée: L'air regagne ensuite l'équateur sous forme d'alizés, complétant ainsi **la cellule de Hadley**.



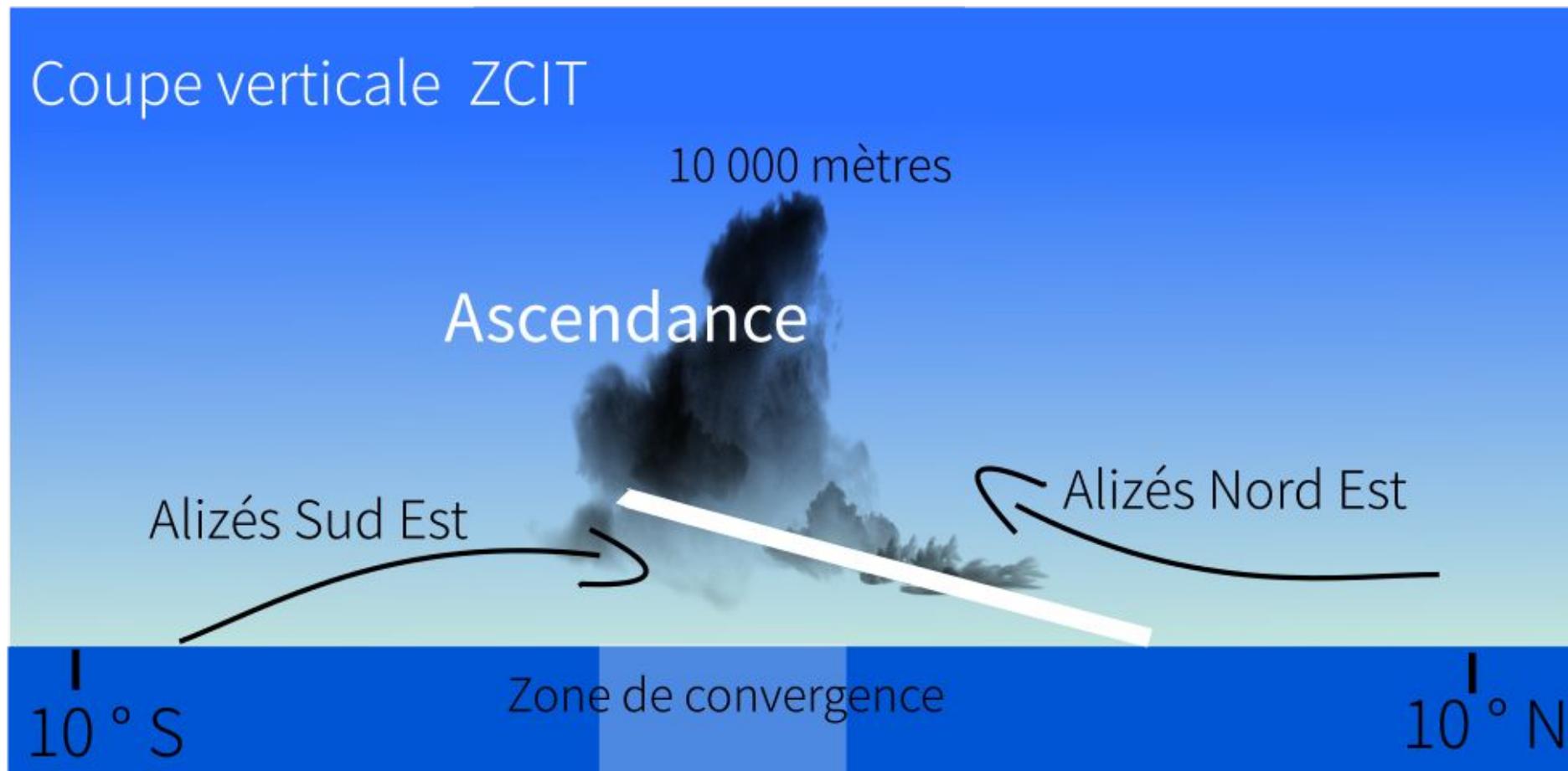
Zoom Ouest Afrique
en octobre



5 – Structure Verticale

Zone d'ascendance entre alizés de sud-est et de nord-est

La zone d'ascendance créée par la rencontre des alizés de sud-est et de nord-est présente une dynamique particulièrement complexe:



Libération de chaleur latente accentuant la flottabilité

Formation de cellules convectives discontinues

Caractéristiques détaillées de la zone d'ascendance

Zone de friction et d'interaction (0-1 km):

Les flux d'alizés convergent avec des caractéristiques thermodynamiques différentes

L'alizé de sud-est, généralement plus frais et stable, plonge partiellement sous l'alizé de nord-est

- Création d'une zone de cisaillement horizontal et vertical
- Formation d'une "rampe dynamique" favorisant l'ascendance
- Développement de l'instabilité (1-3 km):
- L'air plus chaud et humide est forcé vers le haut

Saturation → Condensation = Nuages

Amplification de la convection

Amplification convective (3-8 km):

Accélération verticale due à la flottabilité croissante

Organisation en systèmes convectifs de type méso-échelle MCS MCC

Développement de courants ascendants pouvant atteindre 10-15 m/s

Zone intermédiaire (8-10 km):

Certaines cellules convectives atteignent leur niveau d'équilibre, étalement sous forme d'Altostratus (Stabilité relative)

Incorporation dans la circulation d'altitude

Redistribution d'Énergie couche moyenne

Statu quo ou Poursuite de la convection

Convection profonde (jusqu'à 16-18 km):

Les cellules les plus puissantes atteignent la tropopause

Impact sur la haute troposphère avec transport d'humidité

Influence sur la circulation à grande échelle

Ce mécanisme d'ascendance n'est pas uniforme le long de la ZCIT, mais présente des "noyaux actifs" où la convection est particulièrement intense, séparés par des zones moins actives, créant une structure discontinu en "chapelet" (Visible sur les images Satellites

6 – ZCIT sur les côtes de l'Afrique occidentale

ZCIT à proximité de l'Afrique

La Zone de Convergence Intertropicale présente des caractéristiques particulières à proximité du continent africain:

Spécificités de la ZCIT africaine

Amplitude de déplacement saisonnier exceptionnelle:

Migration nord-sud beaucoup plus marquée que sur les océans

Structure discontinue et complexe:

Fragmentation en cellules convectives distinctes

Perturbations spécifiques:

Formation de lignes de grains particulièrement actives

Développement d'ondes d'est africaines

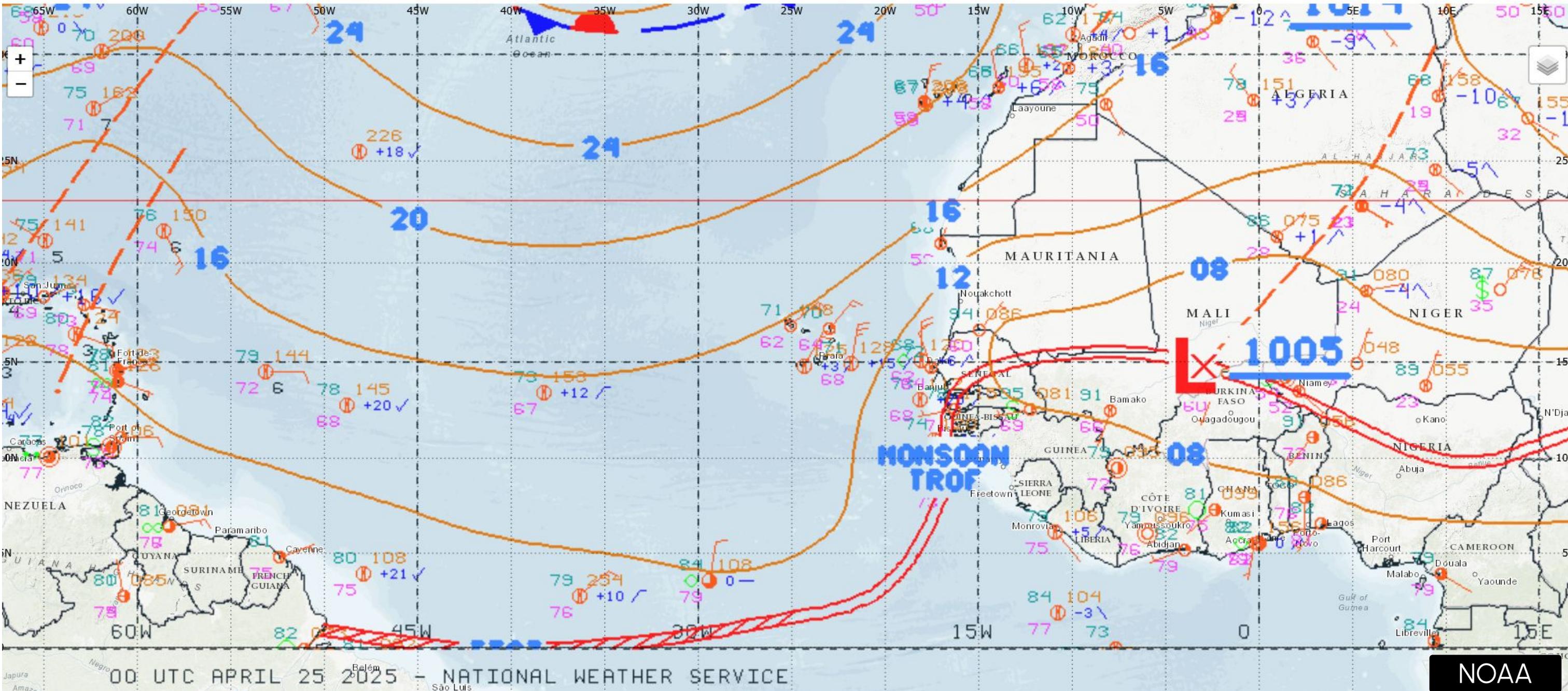
Origine de certains systèmes cycloniques atlantiques

Sensibilité aux facteurs environnementaux:

Influence des températures de surface de l'océan Atlantique

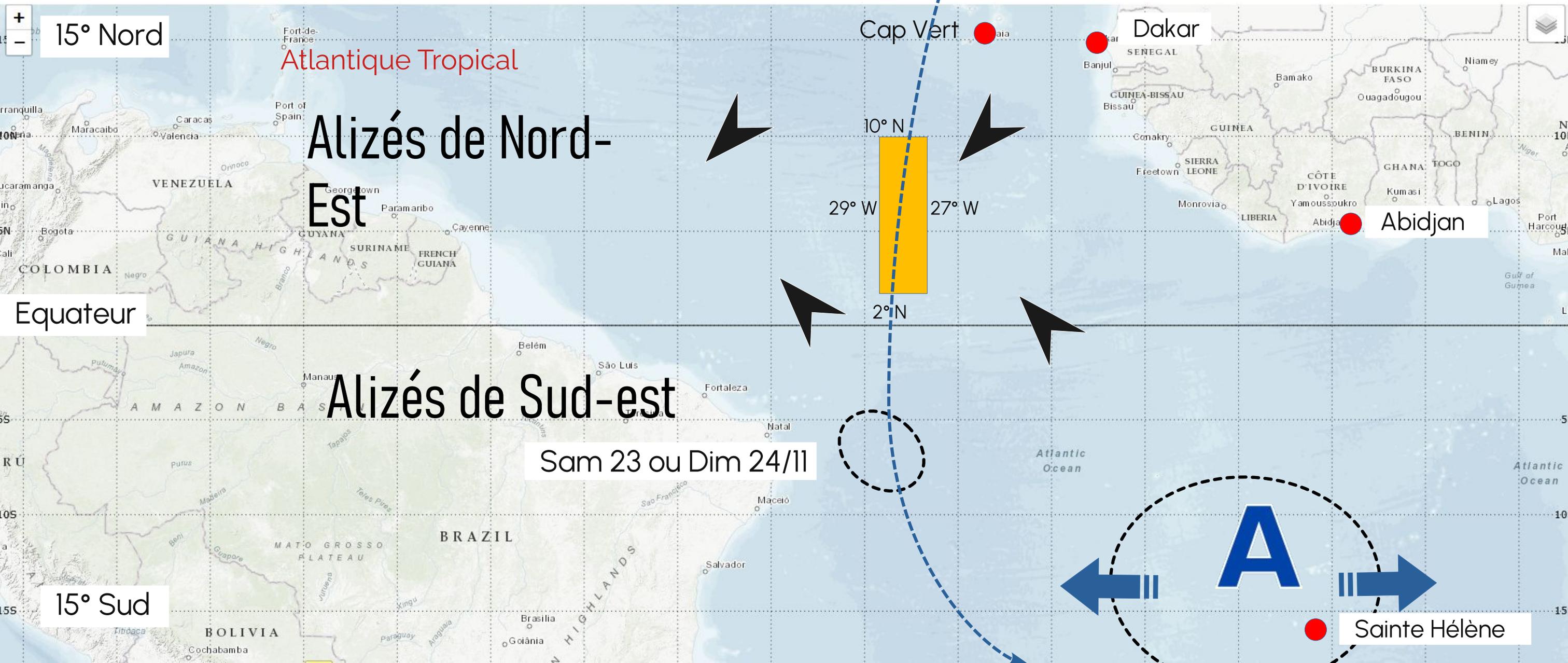
Impact des épisodes El Niño/La Niña sur sa position et son activité

Analyse de la NOAA Vendredi 25 Avr 2025 à 00H TU

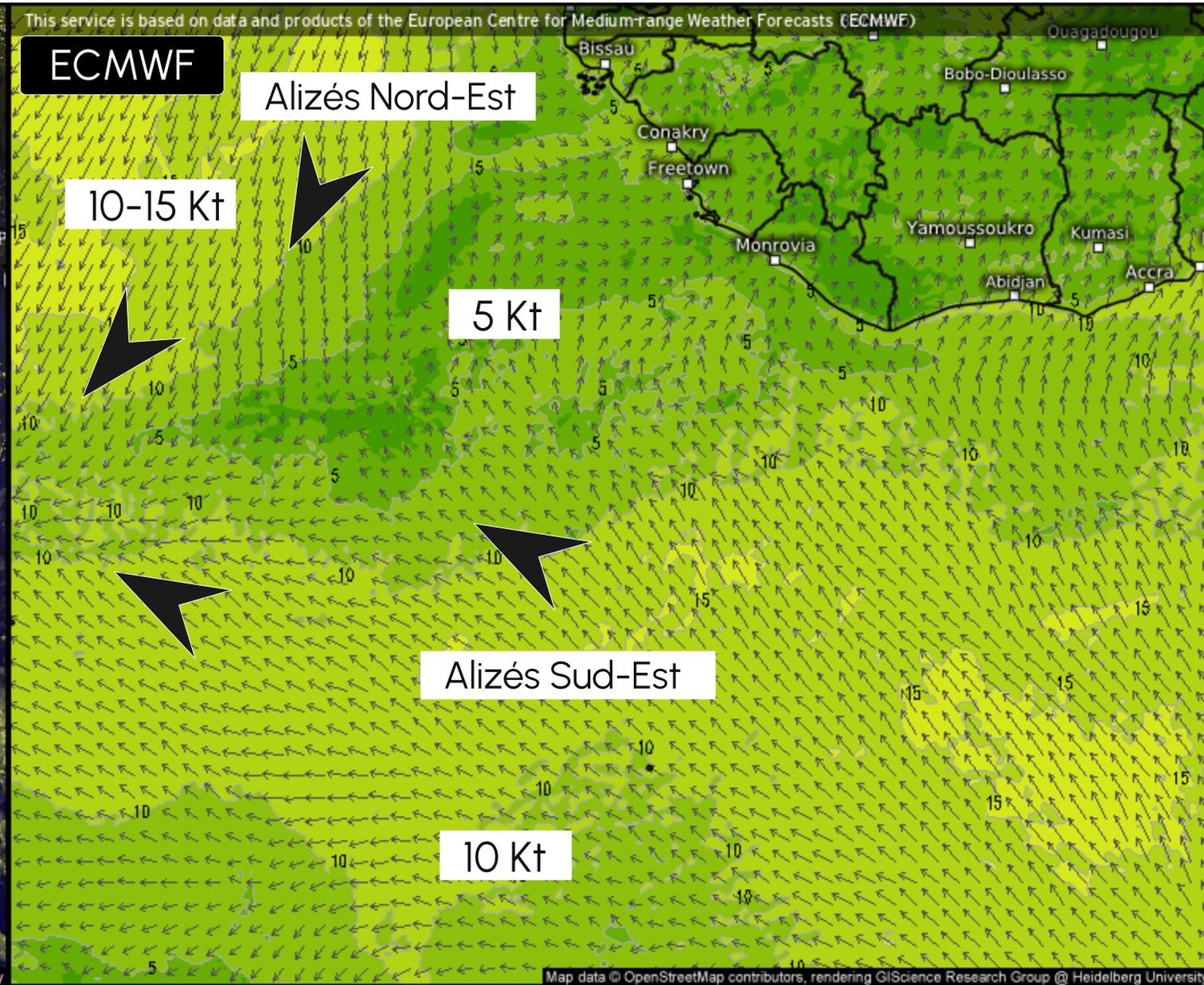
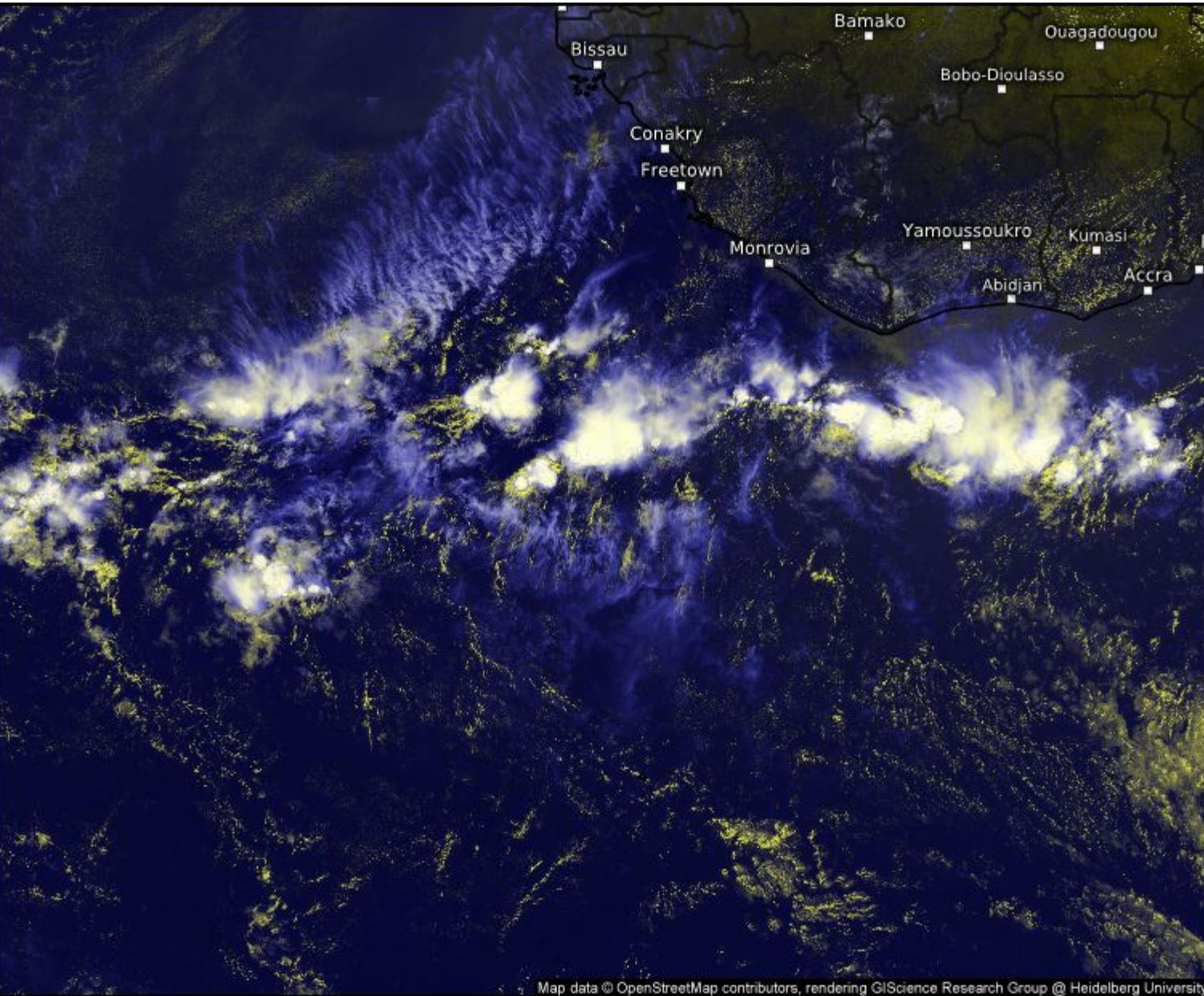


Poteau Noir ou Zone de Convergence Inter Tropicale

 Zone de transfert idéale



Satellite et Vent moyen Ven 25 Avr 2025 à 12H TU



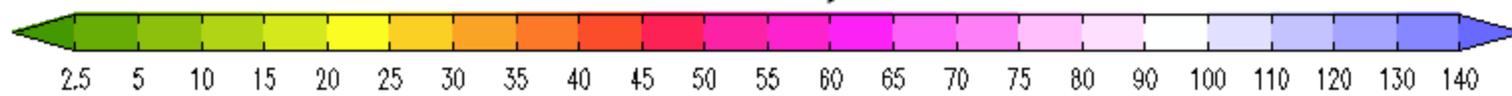
Satellite Super HD

Fri 25/04/2025, 14:30 CEST

Wind direction and mean wind speed (kn)

Valid for
Fri 25/04/2025, 15:00 CEST

© Kachelmann GmbH - Download for private use only!
Sharing: Please get the pic's permalink from share button top right



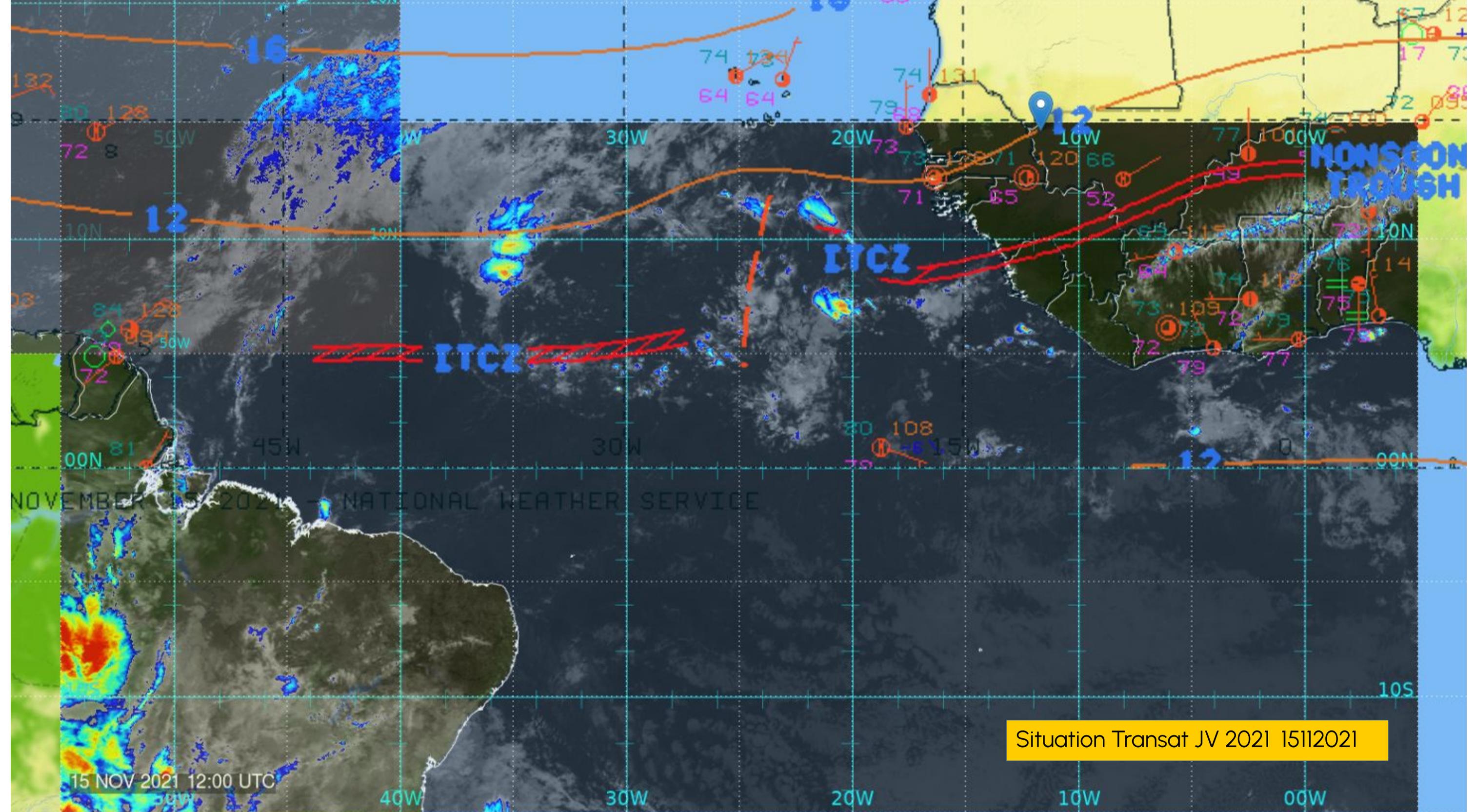
Grid map 15.5 W, 0.2 S (Zoom level 1 / Resolution 5km)

 **meteologix.com**

Satellite data: EUMETSAT

Grid map 15.5 W, 0.2 S (Zoom level 1 / Resolution 5km)
ECMWF IFS HRES 0z/12z (15 days) from 25/04/2025/00z



Situation Transat JV 2021 15/11/2021

15 NOV 2021 12:00 UTC

7 – Les Alizés

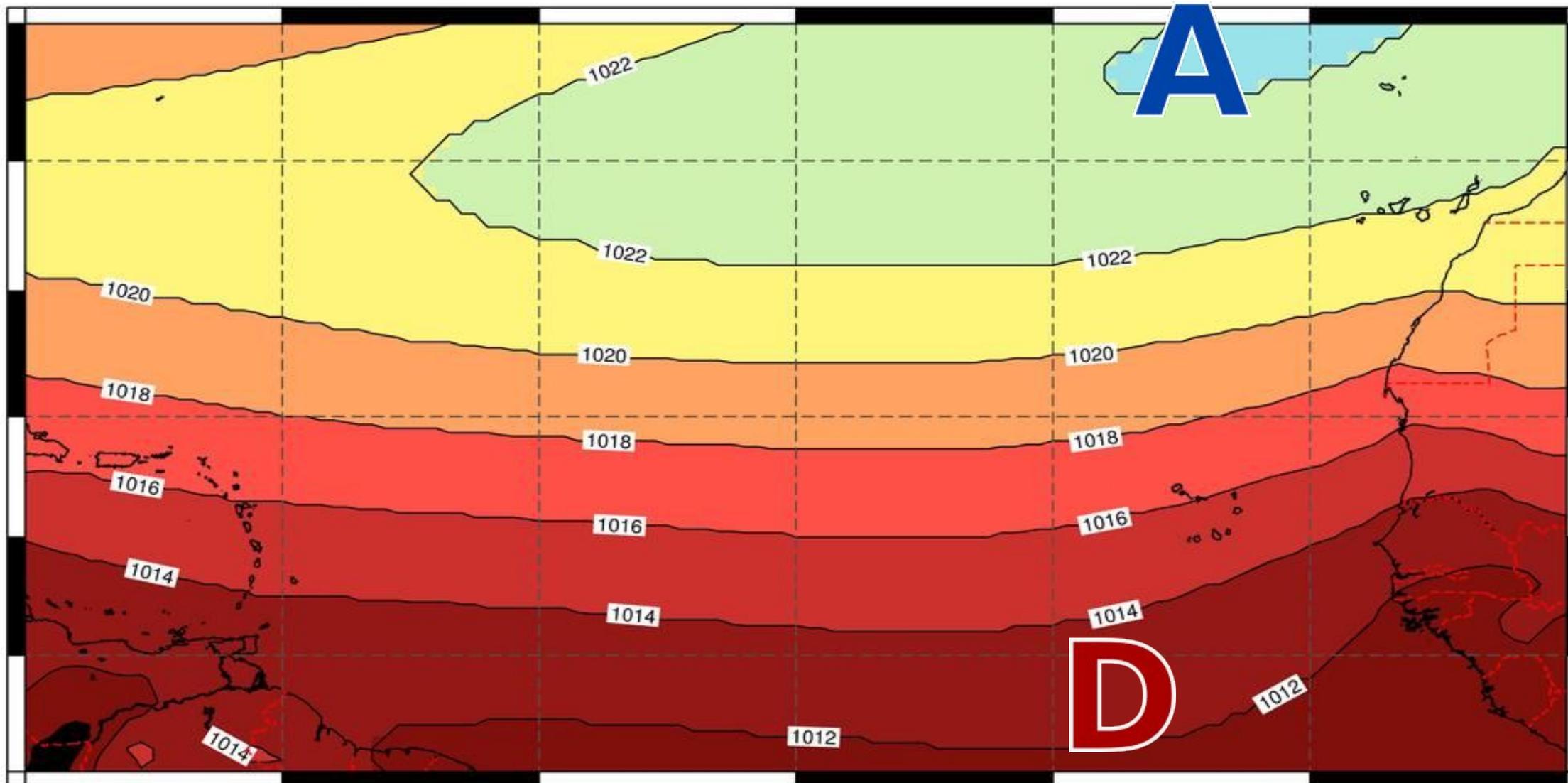
Les alizés constituent un élément fondamental de la circulation atmosphérique tropicale:

Origine et mécanisme

Vents permanents résultant du différentiel de pression entre les **anticyclones subtropicaux** (hautes pressions) et la zone dépressionnaire équatoriale (**basses pressions**)

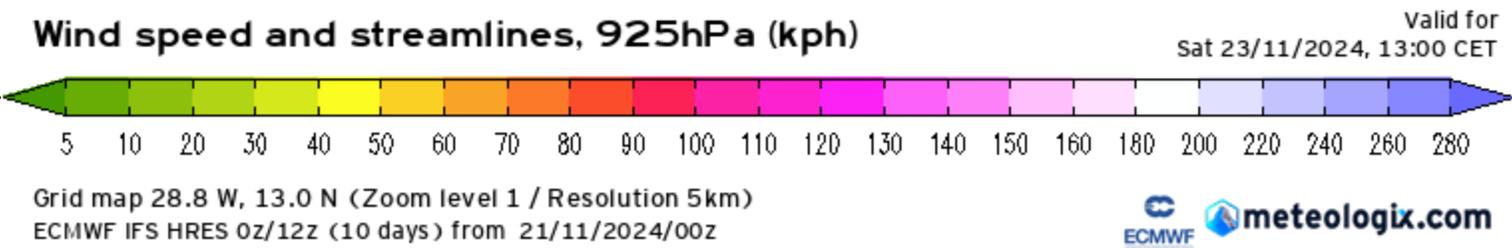
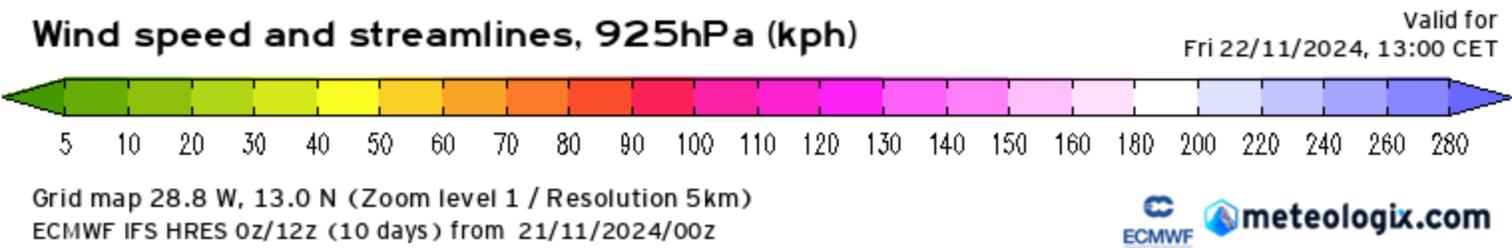
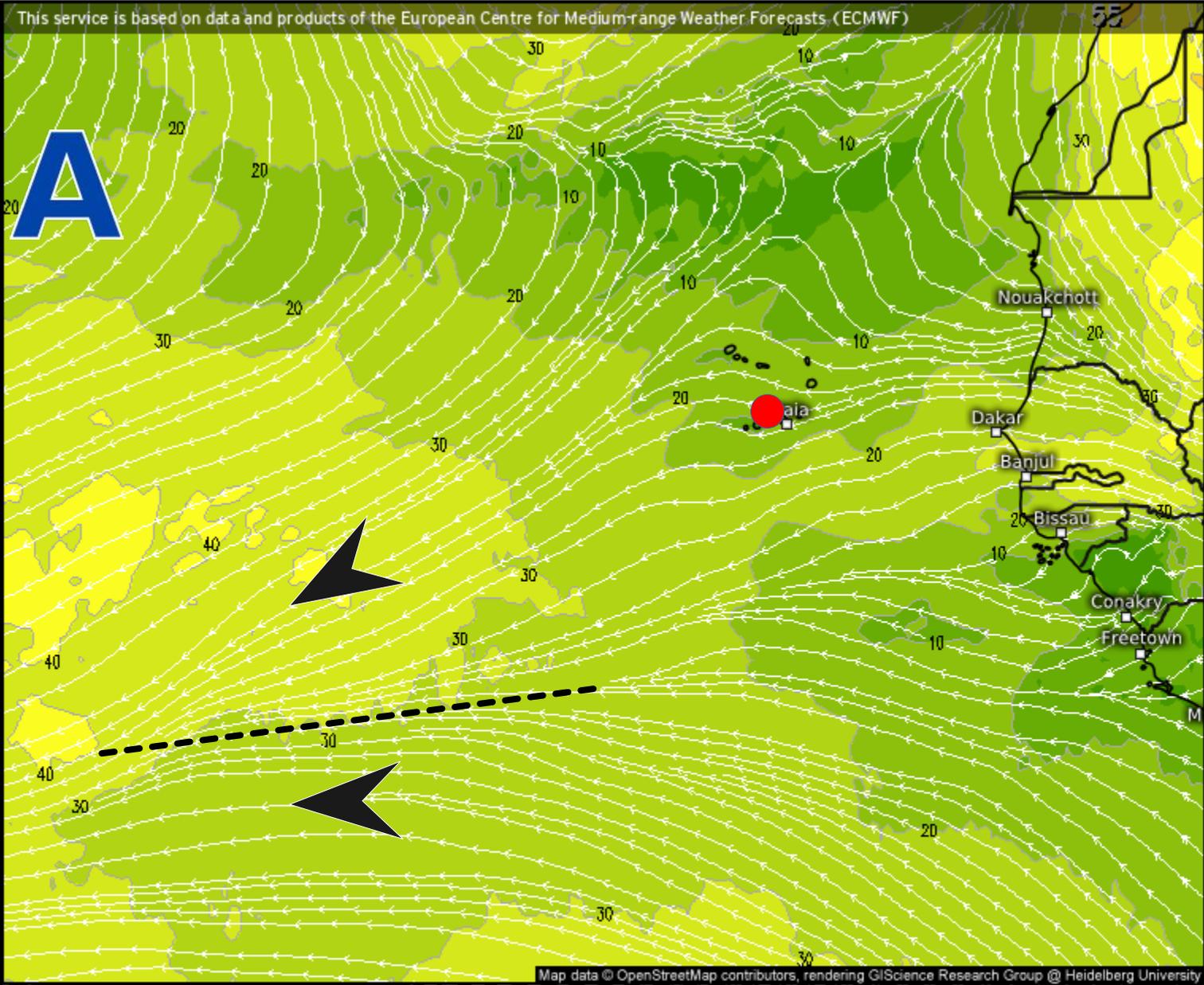
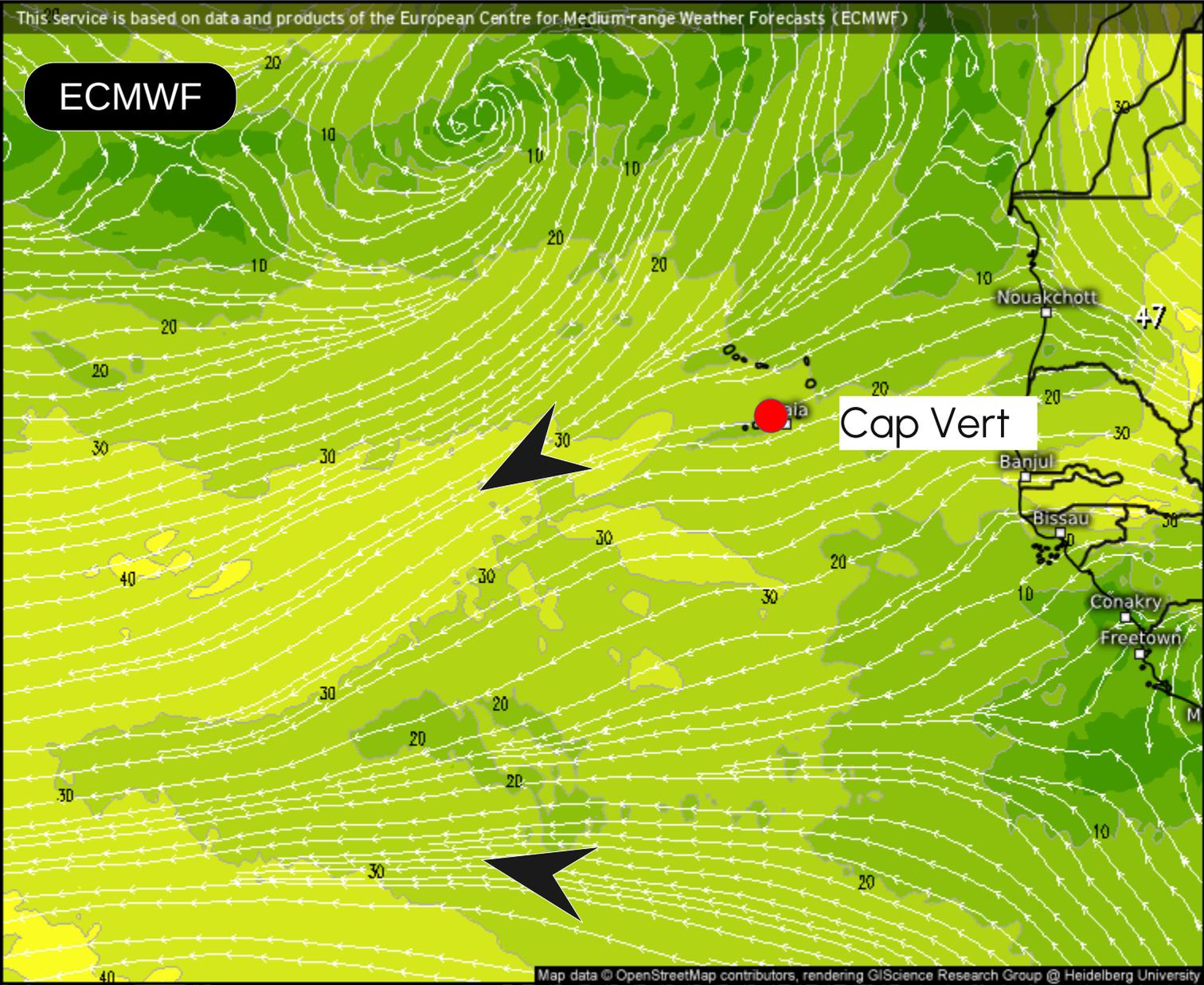
Dans l'hémisphère nord: orientation de secteur Est à Nord-Est

Intensité directement proportionnelle au gradient de pression entre ces deux centres d'action

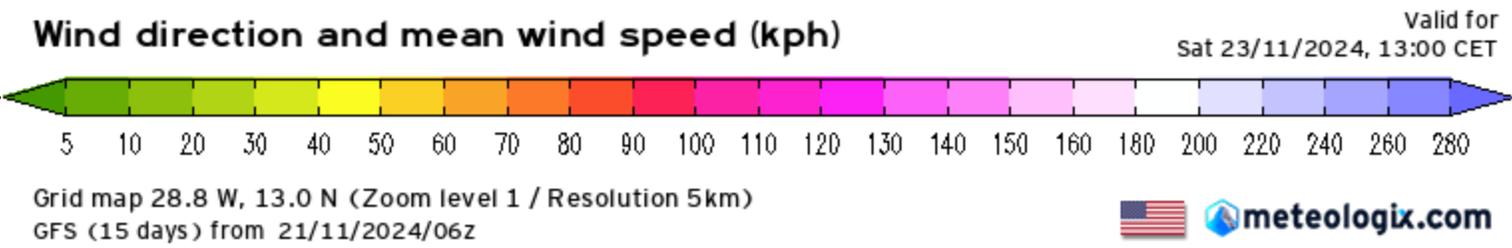
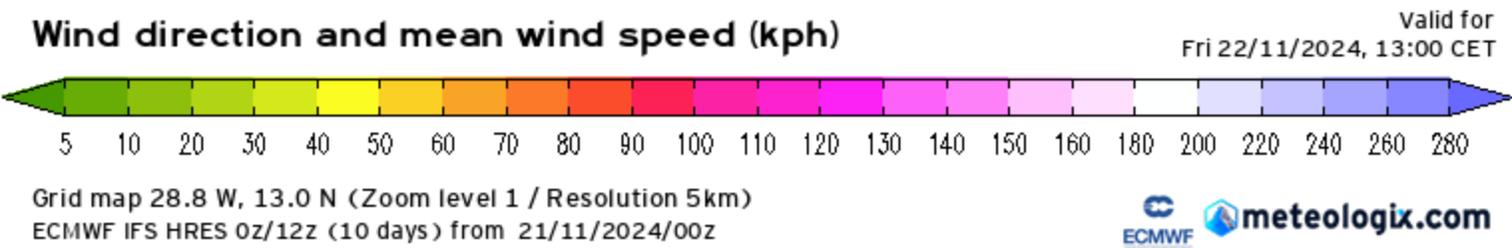
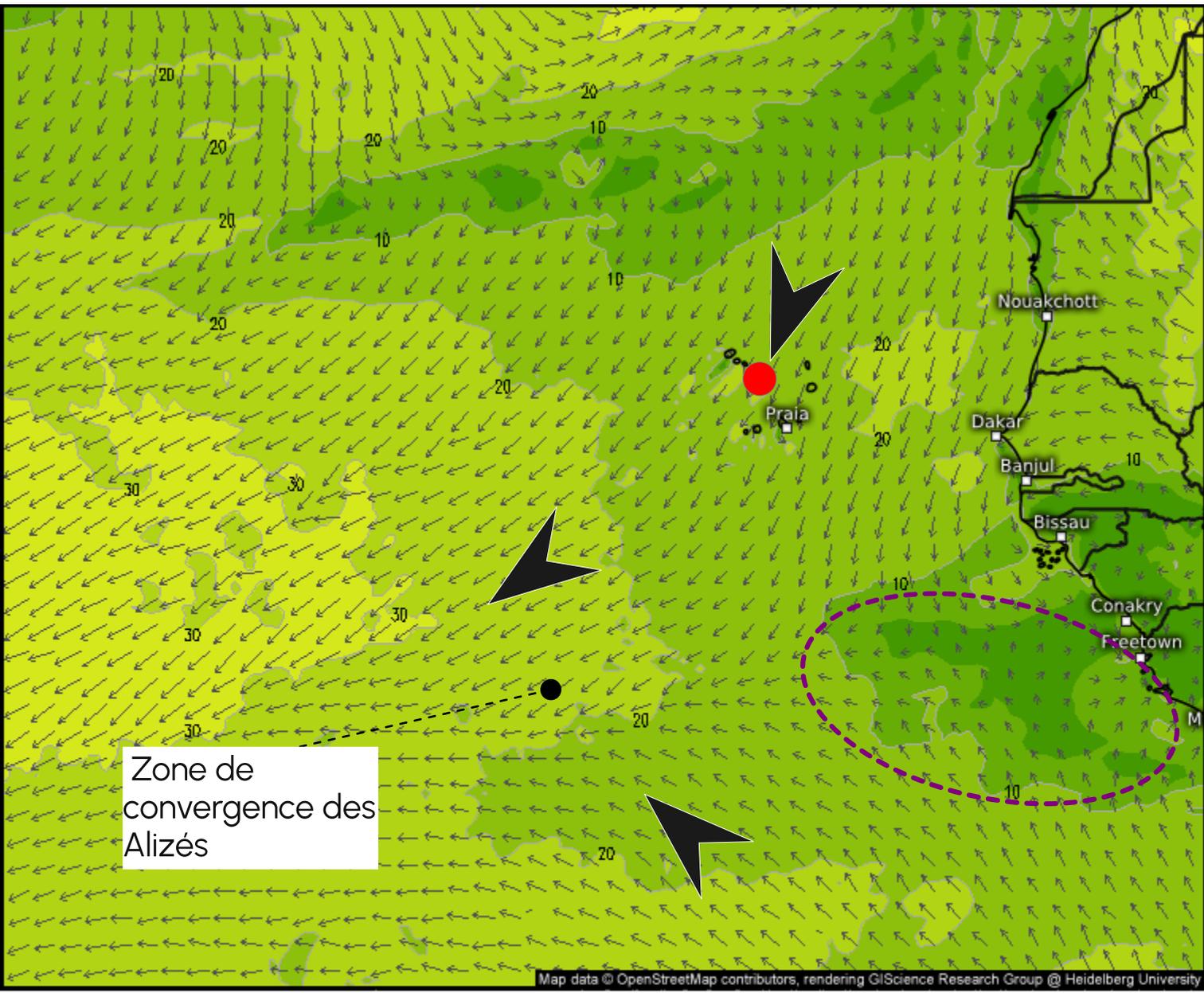
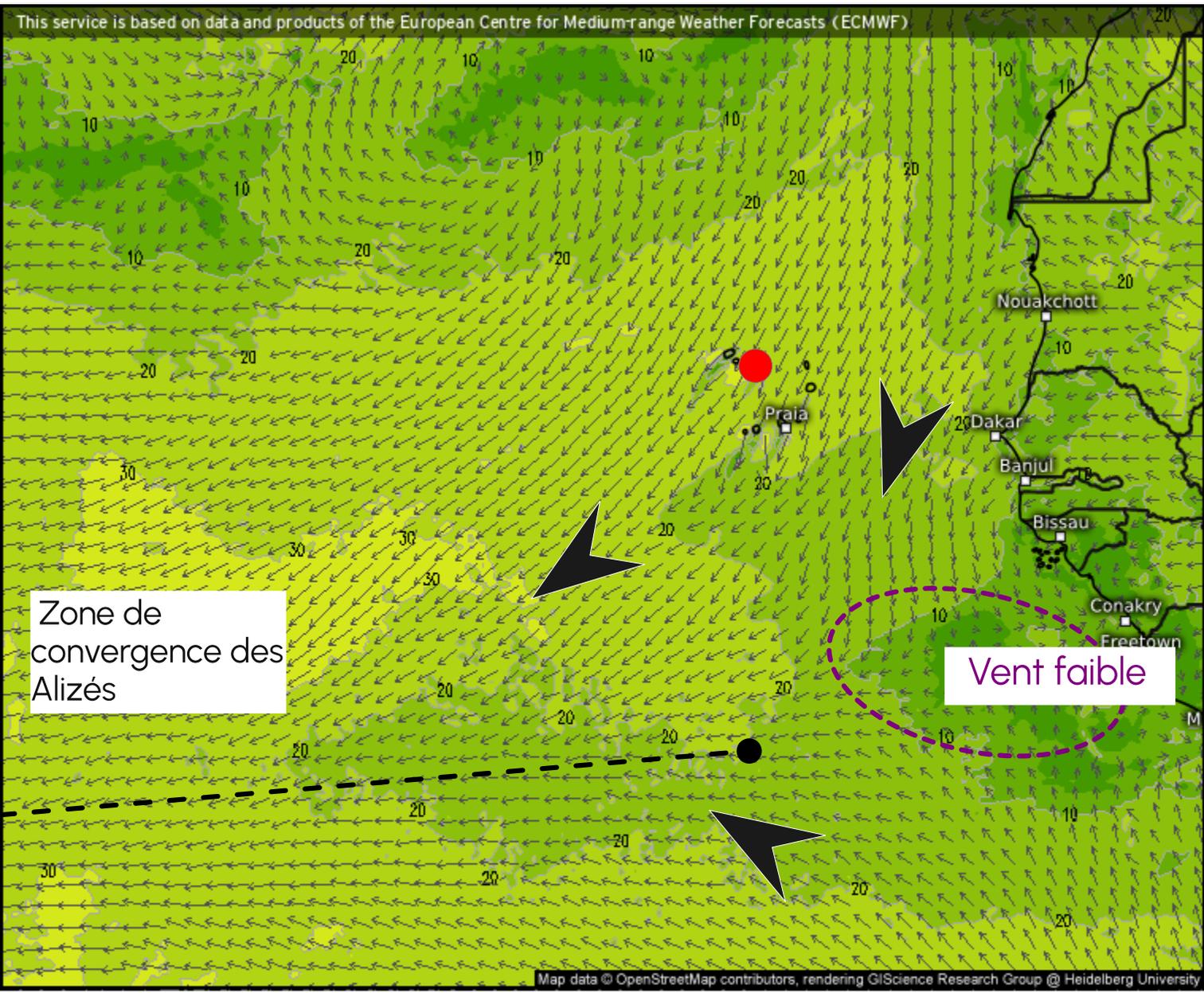


Source ERA interim – Climatologie de la pression moyenne - janvier entre 1999-2009

StreamLines 925 hPa Cap Vert Ven 22 et Sam 23 Nov à 12H TU

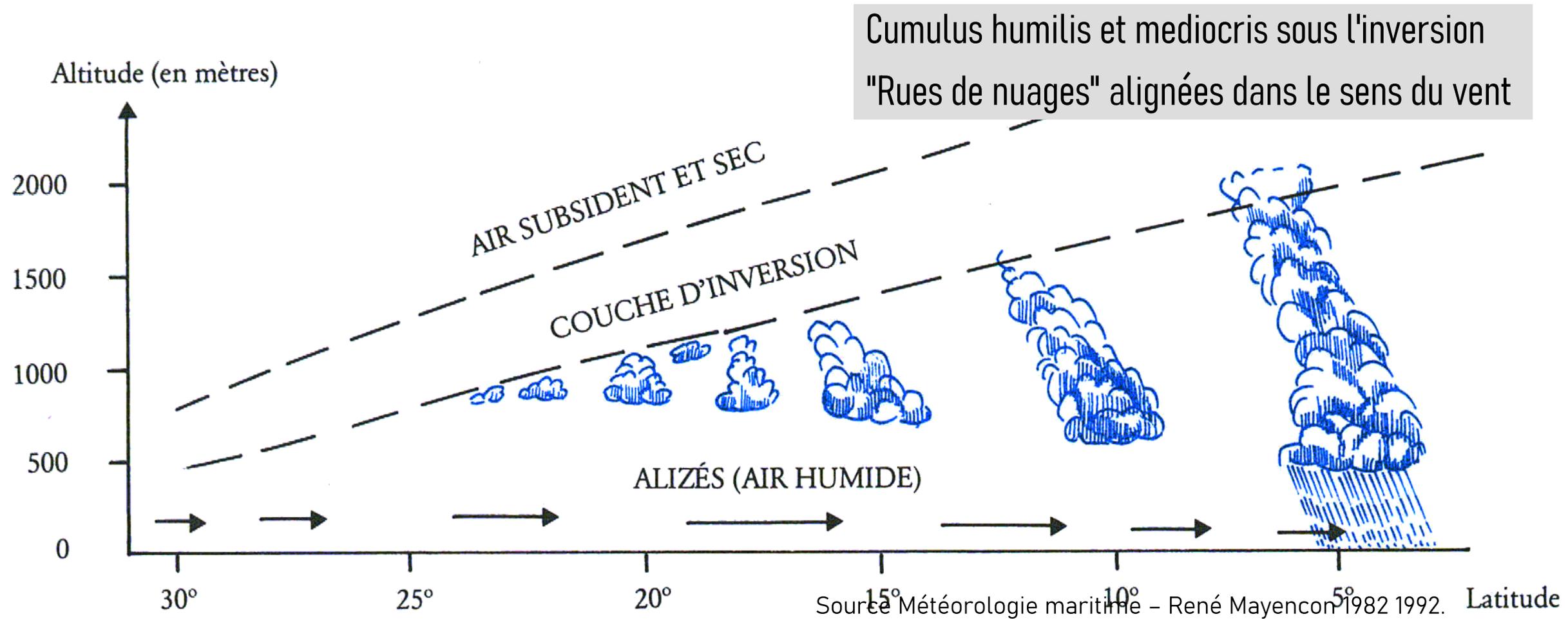


Vent Moyen Ven 22 et Sam 23 Nov à 12H TU 2024



7.1– Caractéristiques des Alizés

Les alizés présentent une structure verticale particulière au niveau de la couche nuageuse:



Couche de vent **peu épaisse**

Inversion des alizés:

Couche d'inversion thermique marquée (augmentation de température avec l'altitude)

Située généralement entre 1500 et 2500 mètres d'altitude

Agit comme un "couvercle" limitant le développement vertical des nuages

7.2– Structure de la couche d'inversion des alizés

Caractéristiques de la couche supérieure

- Contre-alizé: Couche d'air de quelques centaines de mètres d'épaisseur située au-dessus de la couche d'alizé
- Direction: Vent de sens contraire à l'alizé de surface
- Humidité: Air particulièrement sec
- Particularité thermique: Température qui augmente avec l'altitude (inversion thermique)

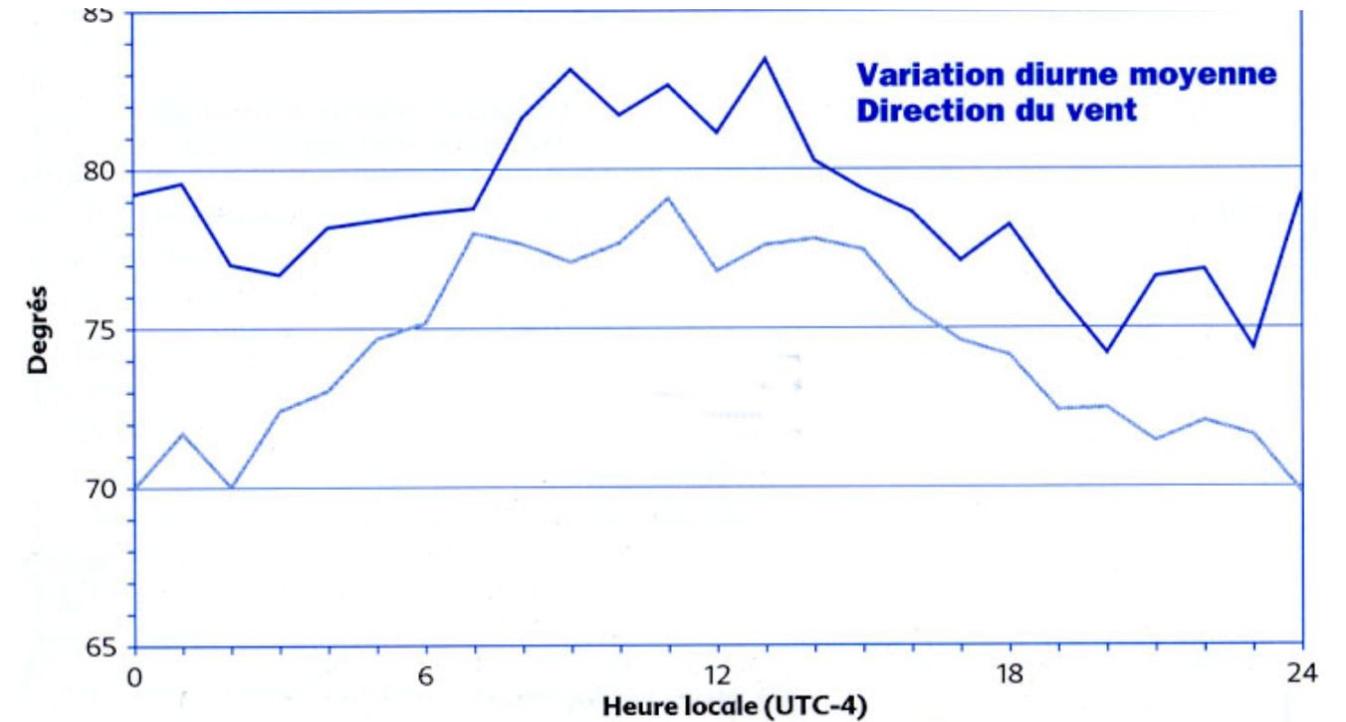
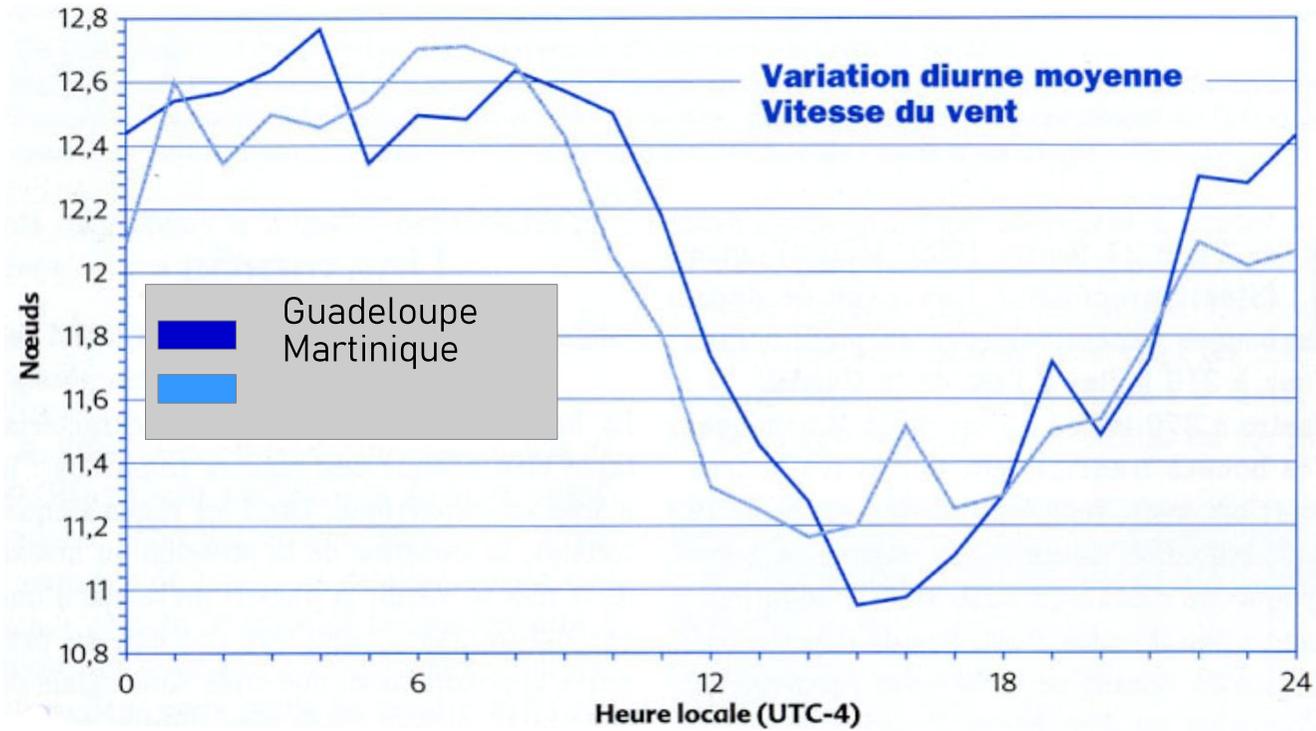
Effets et variations de l'inversion

- Limitation nuageuse: Empêche la croissance verticale des cumulus
- Variations saisonnières: Inversion maximale en hiver
- Variations spatiales: Plus marquée dans la partie orientale des océans

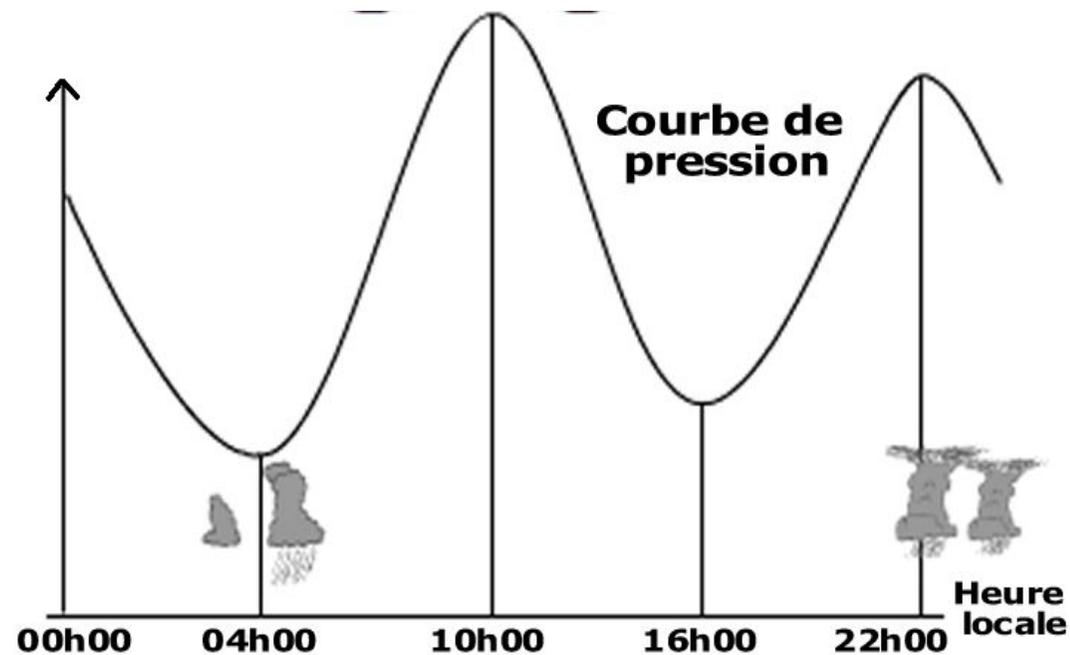
Indicateurs observables

Morphologie nuageuse

- Nuages à sommet incliné et peu élevé: Indicateur d'un contre-alizé fort (schéma classique avec alizé de nord-est soutenu)
- Développement vertical important: Signe d'un alizé peu soutenu



VENT : Plus fort la nuit, mini vers 14/15h Loc



VENT DIRECTION :

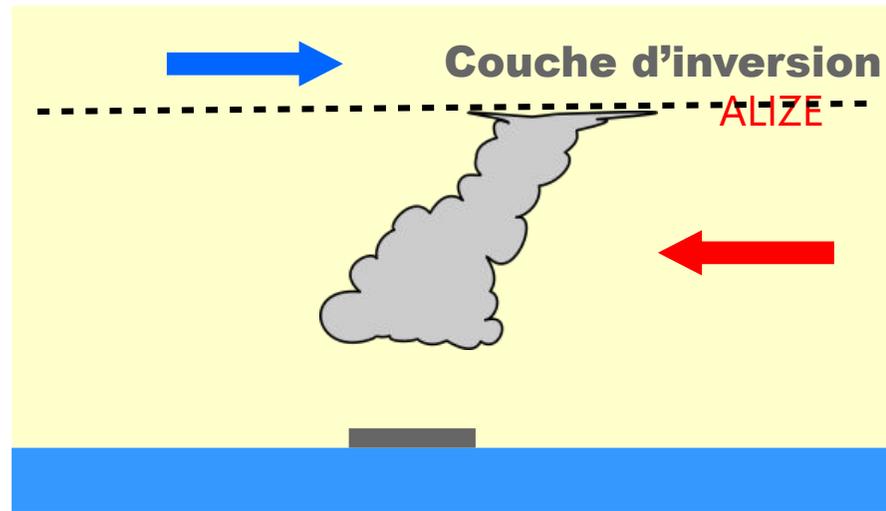
Fort à droite (080°) , Faible part à gauche
 Enveloppe des oscillations plus importante la nuit (eau plus chaude instabilise la masse d'air)

NUAGES :

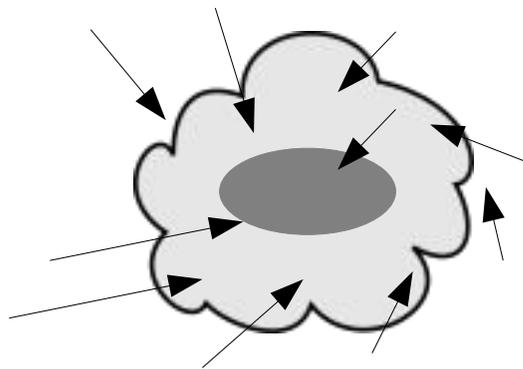
Plus l'inclinaison des têtes de nuages est importante plus les grains persistent (les précipitations ne détruisent pas les ascendances)
 Attention : les nuages se déplacent plus rapidement que l'Alizée (moins de frottements)

7.3– Structure nuageuse

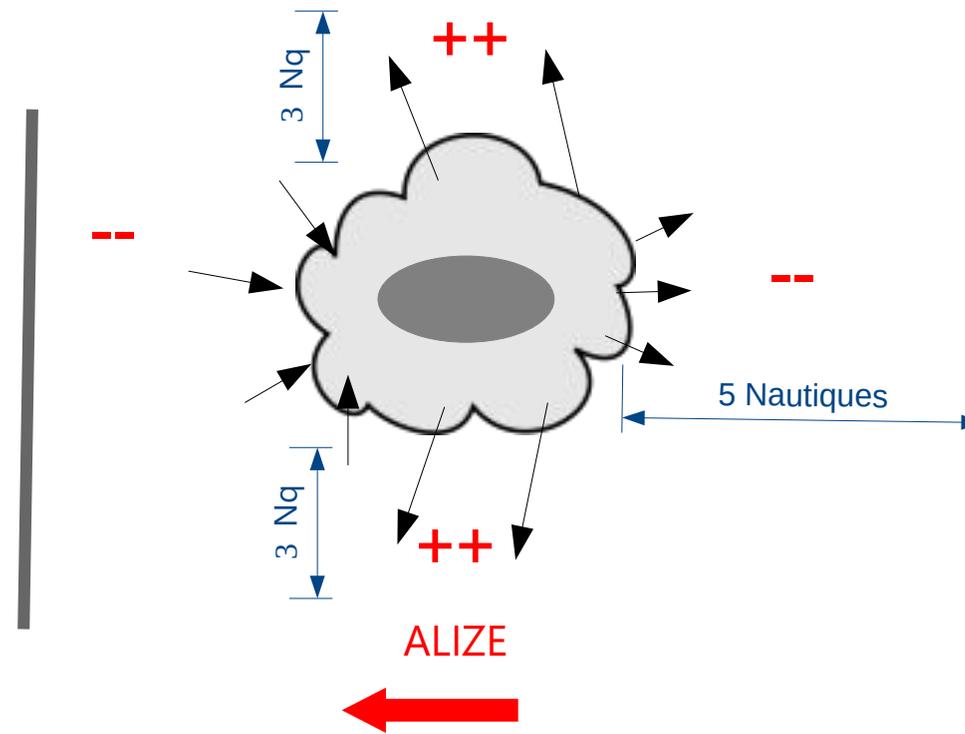
Structure verticale



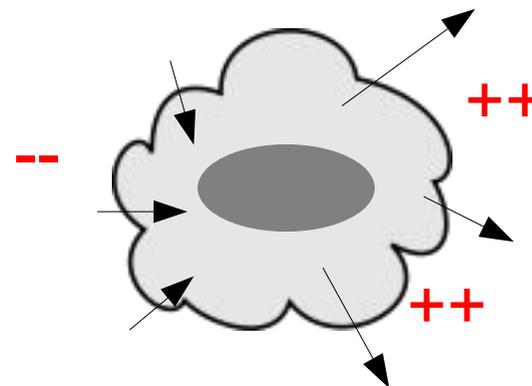
Cumulus en Formation



Vent faible

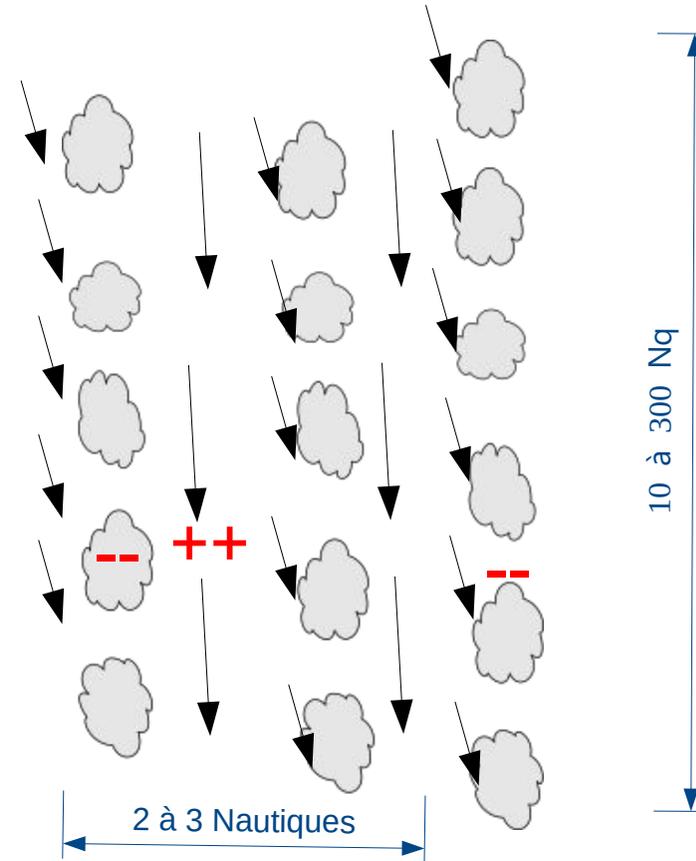


Cumulonimbus & grains



EXEMPLE : RUES DE NUAGES

Cumulus



Ascendance = courant ascendant = vent faible
Courant descendant = vent plus fort

Ascendance = convection = nuages
Descendance = subsidence = éclaircies

7.4– Facteurs d'irrégularités des Alizés

Facteurs de variabilité des Alizés

L'évolution des alizés dépend étroitement des modifications de l'anticyclone subtropical

- Son alimentation en masses d'air polaire
- Ses déplacements saisonniers et ses fluctuations de position

Cette surveillance des **caractéristiques de l'anticyclone** est essentielle pour anticiper les variations d'intensité et de direction des alizés

Paramètres à surveiller

Altitude

- Position et intensité du jet polaire:
- Trajectoire et ondulations du courant-jet
- Indices d'oscillation nord-atlantique (NAO)
- Formation de méandres favorisant les coulées polaires

Surface

- Circulation post-frontale acheminant l'air polaire vers les sub tropiques
- Trajectoires des dépressions nord-atlantiques
- Fréquence de circulation des fronts froids sur l'atlantique

BILAN :

■ Principaux facteurs à surveiller :

- Le Jet à l'origine des échanges méridiens = principal mécanisme de variation
- Les intrusions d'air polaire entraînent dans les basses couches des noyaux d'accélération
- Hétérogénéité de surface => Variation de température d'eau de mer. (SST)

■ Disparition de la couche d'inversion

- Présence d'une onde d'Est (Les nuages disparaissent à l'avant - subsidence)
- Ralentissement de l'Alizé
- Soulèvement orographique

9 – Les différents phénomènes météorologiques tropicaux

9.1 Cumulus orageux

9.2 Ondes d'est

9.3 Ondes d'ouest

9.4 Systèmes linéaires

- Lignes de cisaillement
- Lignes de grains

9.1– Cumulus orageux (cumulonimbus)

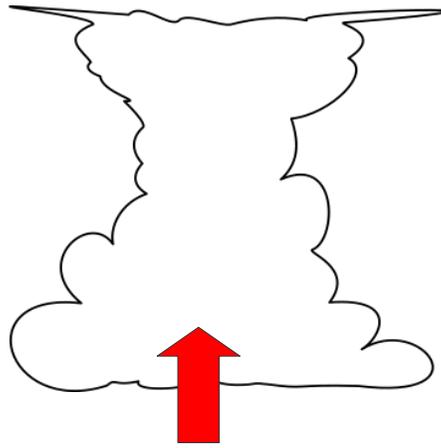
Cycle de vie: les trois stades d'évolution

1. Stade de développement

Prédominance des courants ascendants

Sommet nuageux dépassant 7000 mètres

Formation rapide par convergence de masses d'air 1 à 2 heures



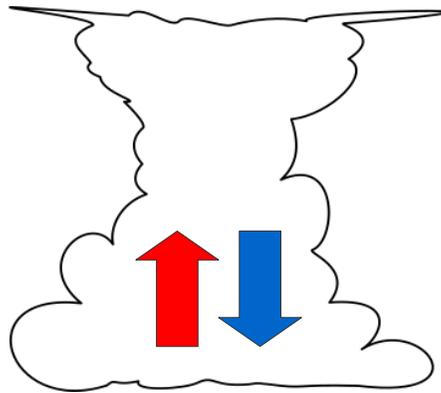
2. Stade de maturité

Apparition de l'enclume (glaciation de la partie supérieure)

Coexistence de courants ascendants et descendants

Précipitations intenses et activité orageuse

Extension verticale maximale: 16 à 18 km (atteignant la tropopause en région équatoriale)



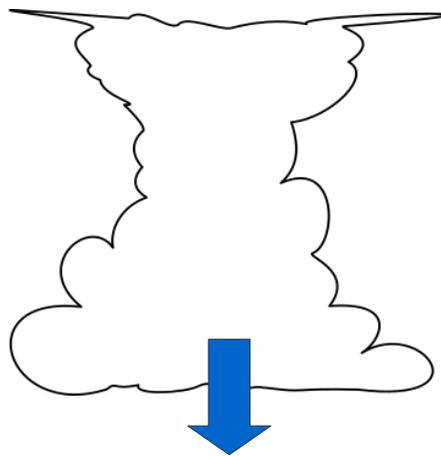
3. Stade de dissipation

Prédominance des courants descendants

Affaiblissement progressif des précipitations

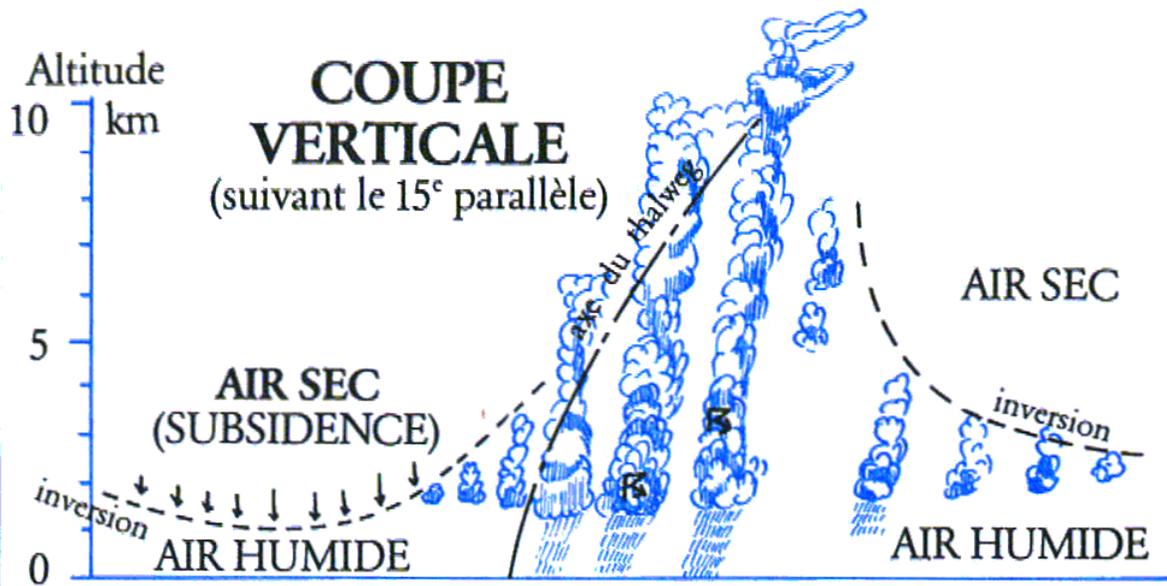
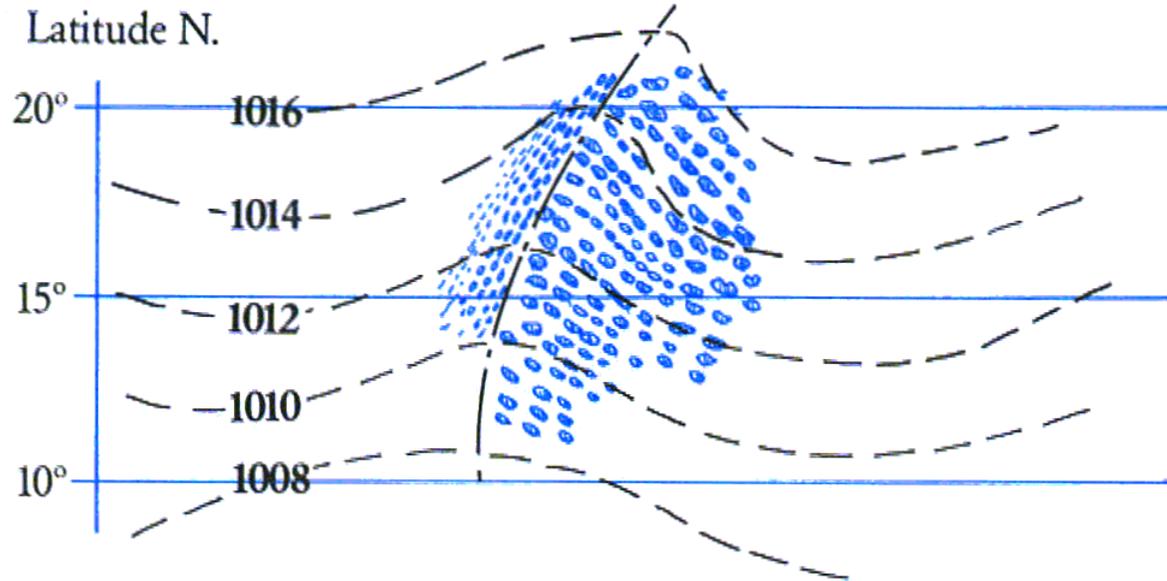
Étalement de l'enclume

Réduction de l'activité électrique



9.2– Les ondes d'Est

Thalwegs axés
nord-sud



Les ondes d'Est tropicales

Caractéristiques générales

Ondulations atmosphériques se propageant d'est en ouest

Vitesse moyenne: environ 10 nœuds

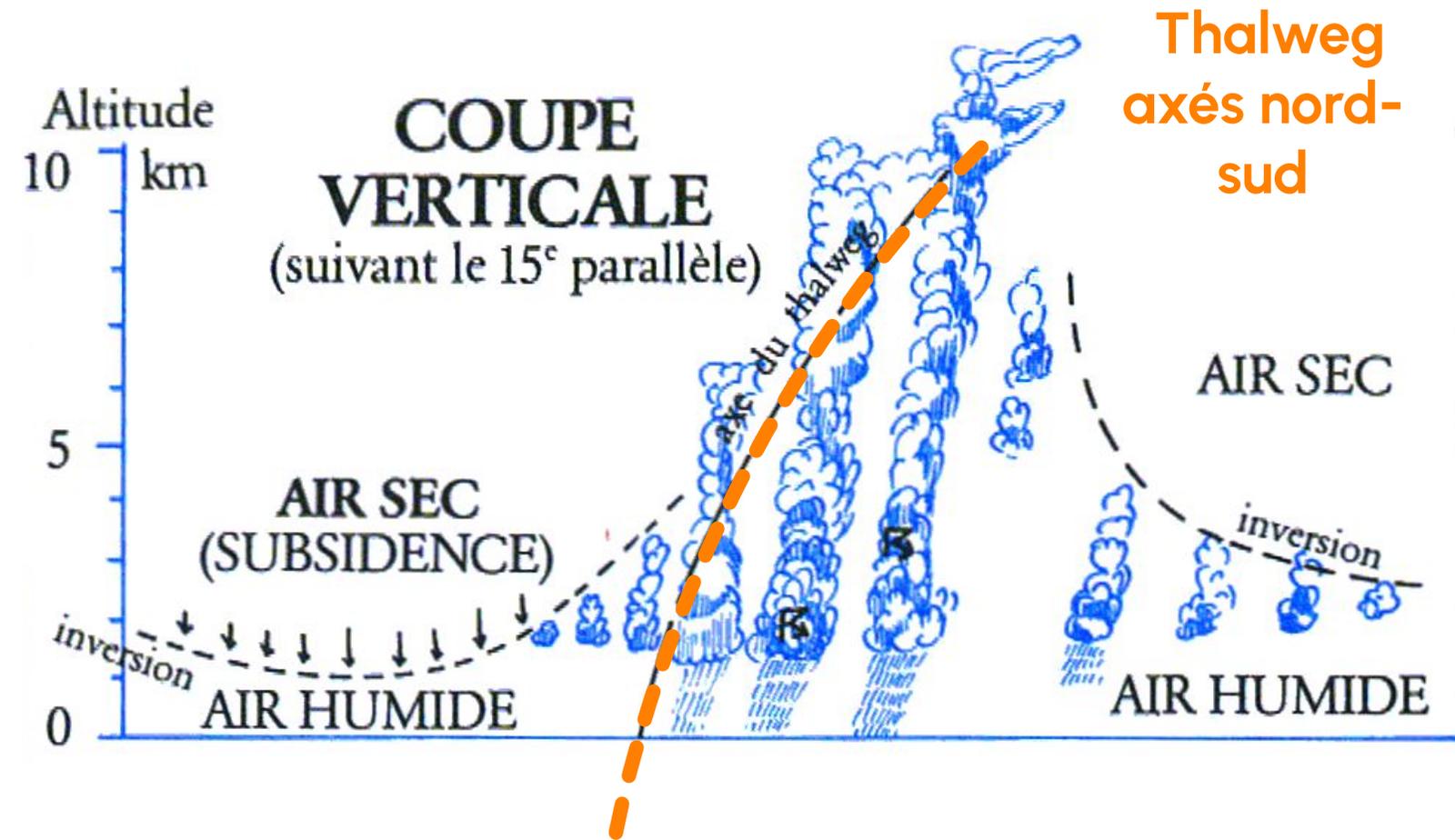
Direction: perpendiculairement au flux dominant

Longueur d'onde: 2000 à 3000 km

Période d'observation privilégiée: fin d'été

Périodicité: 3 à 5 jours entre chaque onde

Observation d'une onde d'Est



Zone avant l'axe du thalweg (100 à 500 km)

Baisse progressive de la pression atmosphérique

Conditions généralement clémentes avec ciel dégagé

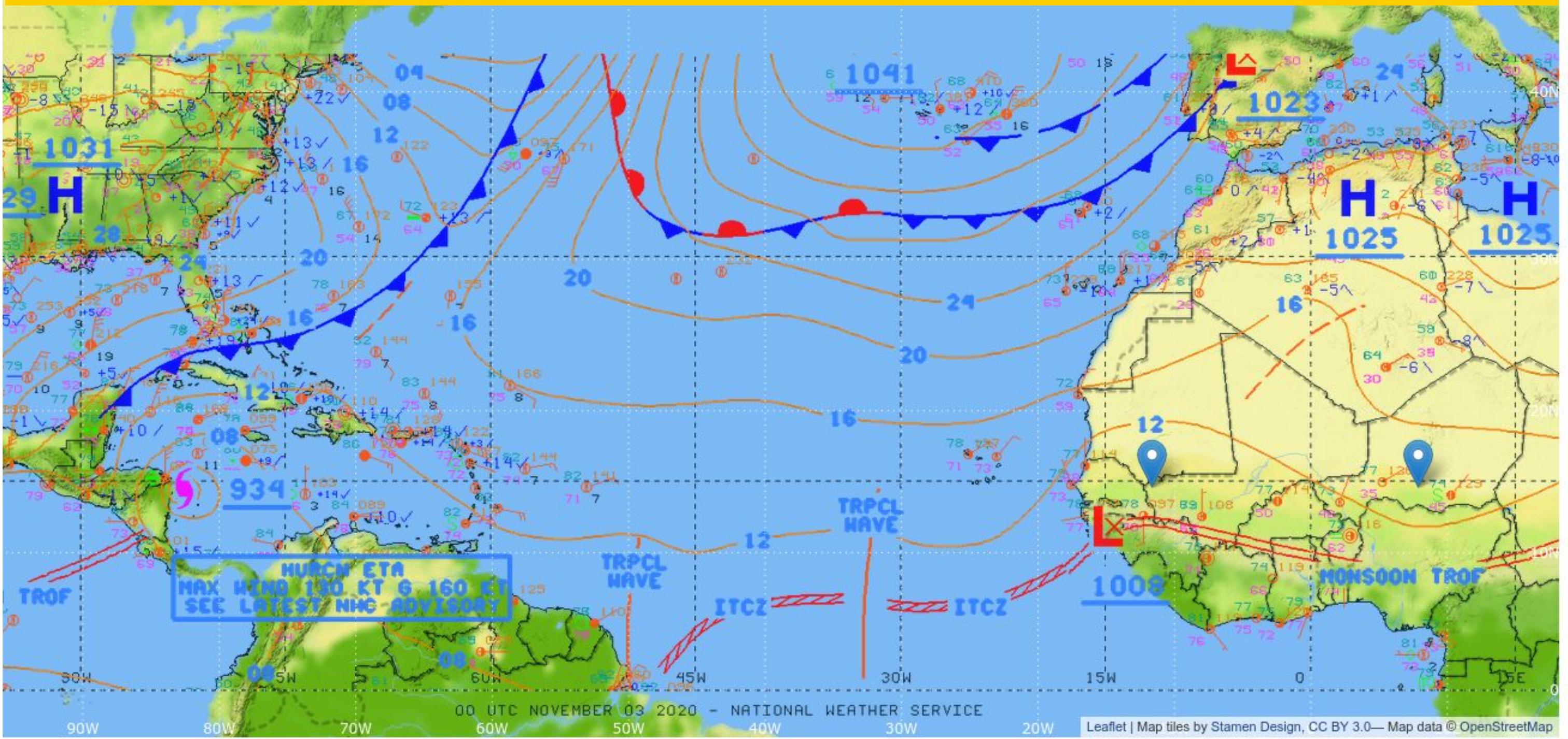
Présence de petits cumulus humilis organisés en "rues de nuages" largeur des rues = environ 2 fois la hauteur de la couche convective

À proximité de l'axe du thalweg

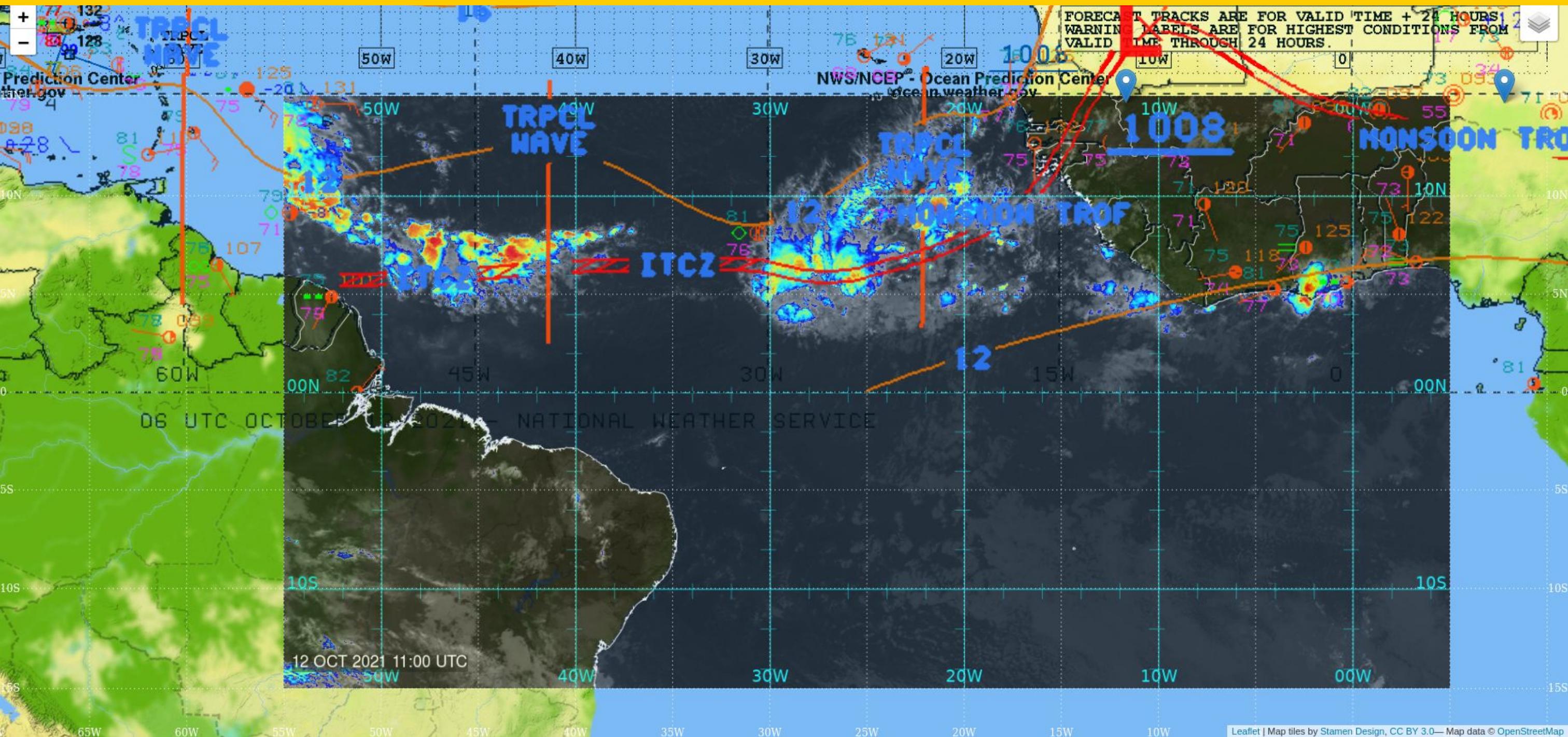
- Développement de cumulus mediocris et congestus
- Organisation en groupes nuageux
- Formation de bandes parallèles au flux (nord-est ou nord-nord-est dans l'hémisphère nord) Espacement entre les bandes: 20 à 30 km

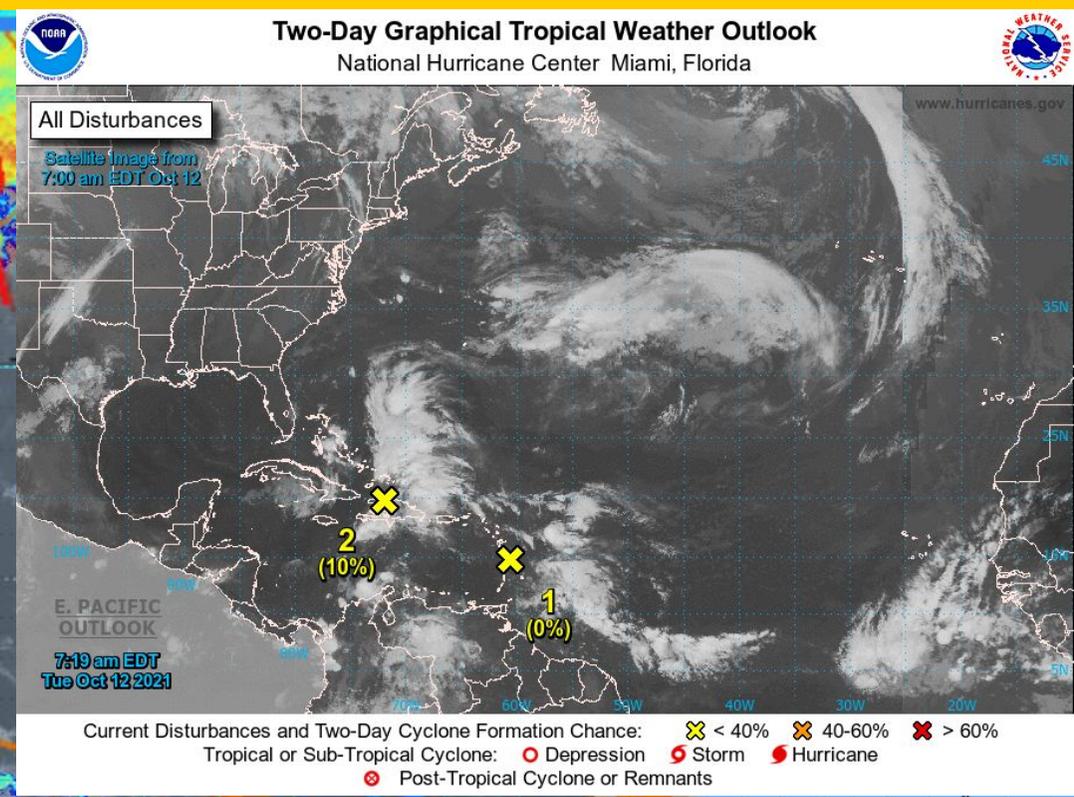
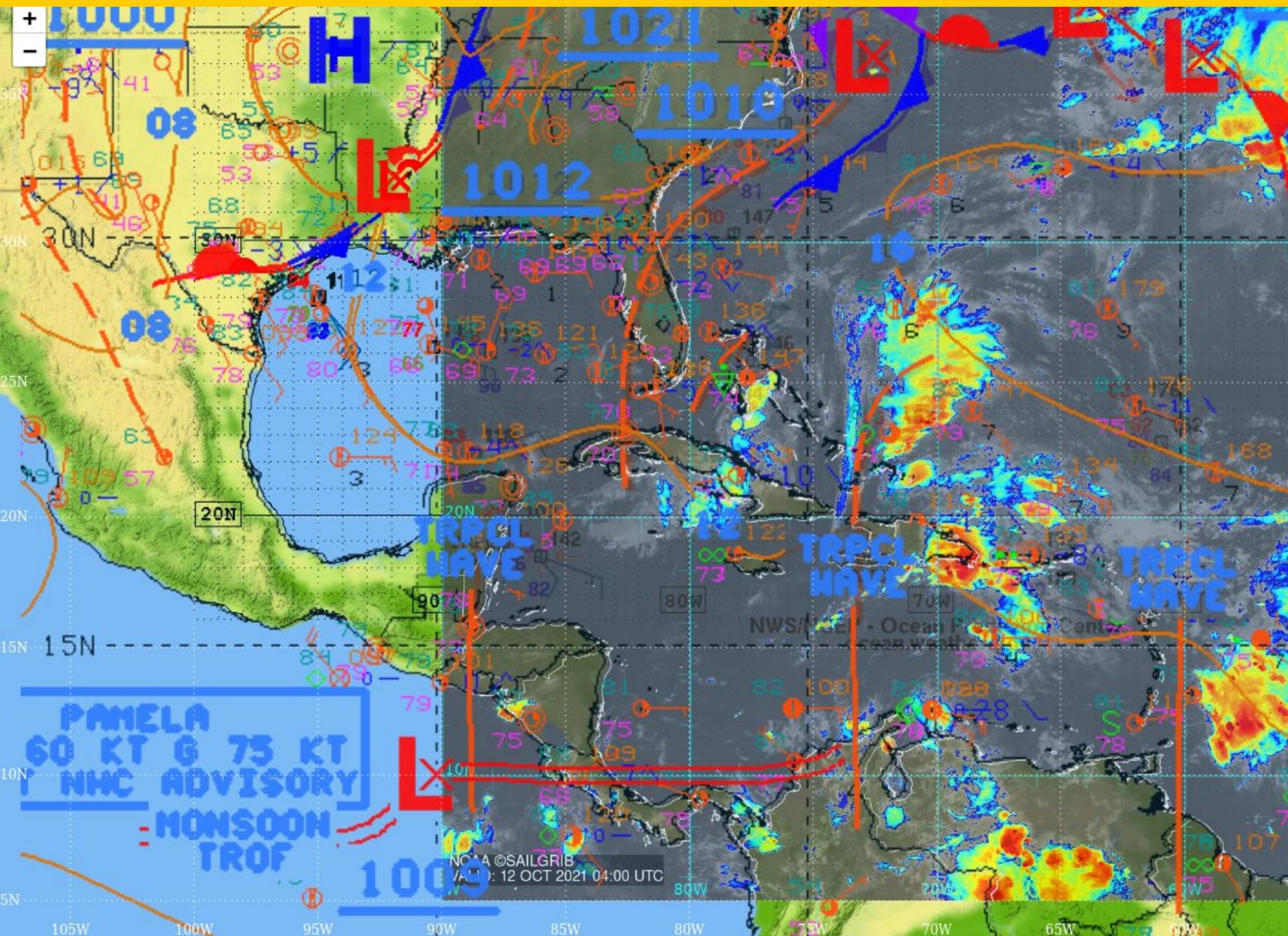
Après le passage de l'axe du thalweg

- Remontée de la pression
- Rotation du vent d'environ 90° vers la droite
- Développement de cumulonimbus avec averses orageuses, alternance d'averses et d'éclaircies



Situation isobarique superposition du 12 Octobre 2021 : Analyse tropicale à 06H UTC & image Infra Rouge à 11H UTC





PANELA
60 KT G 75 KT
NHC ADVISORY
MONSOON TROF

NCA ©SAILGRIB
VALD: 12 OCT 2021 04:00 UTC

9.3 – Les ondes d'Ouest

Caractéristiques

Phénomène principalement observé en saison froide

Ondulations atmosphériques atteignant la limite méridionale de la zone des alizés

Thalwegs mobiles se déplaçant d'ouest en est

Vitesse de déplacement: 10 à 20 nœuds

Direction de propagation opposée au flux dominant des alizés (secteur Est)

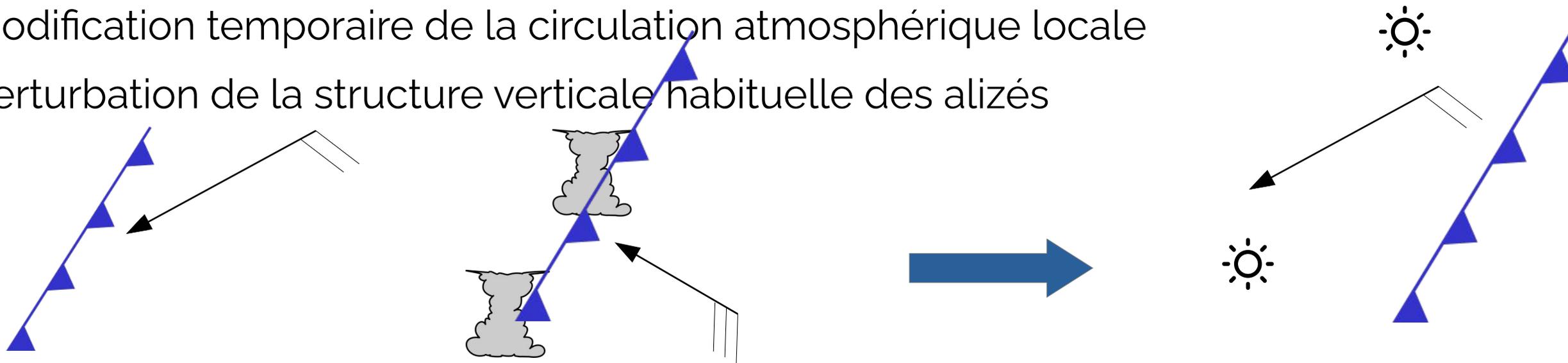
Particularités dynamiques

Incursion temporaire des systèmes des latitudes moyennes dans la zone tropicale

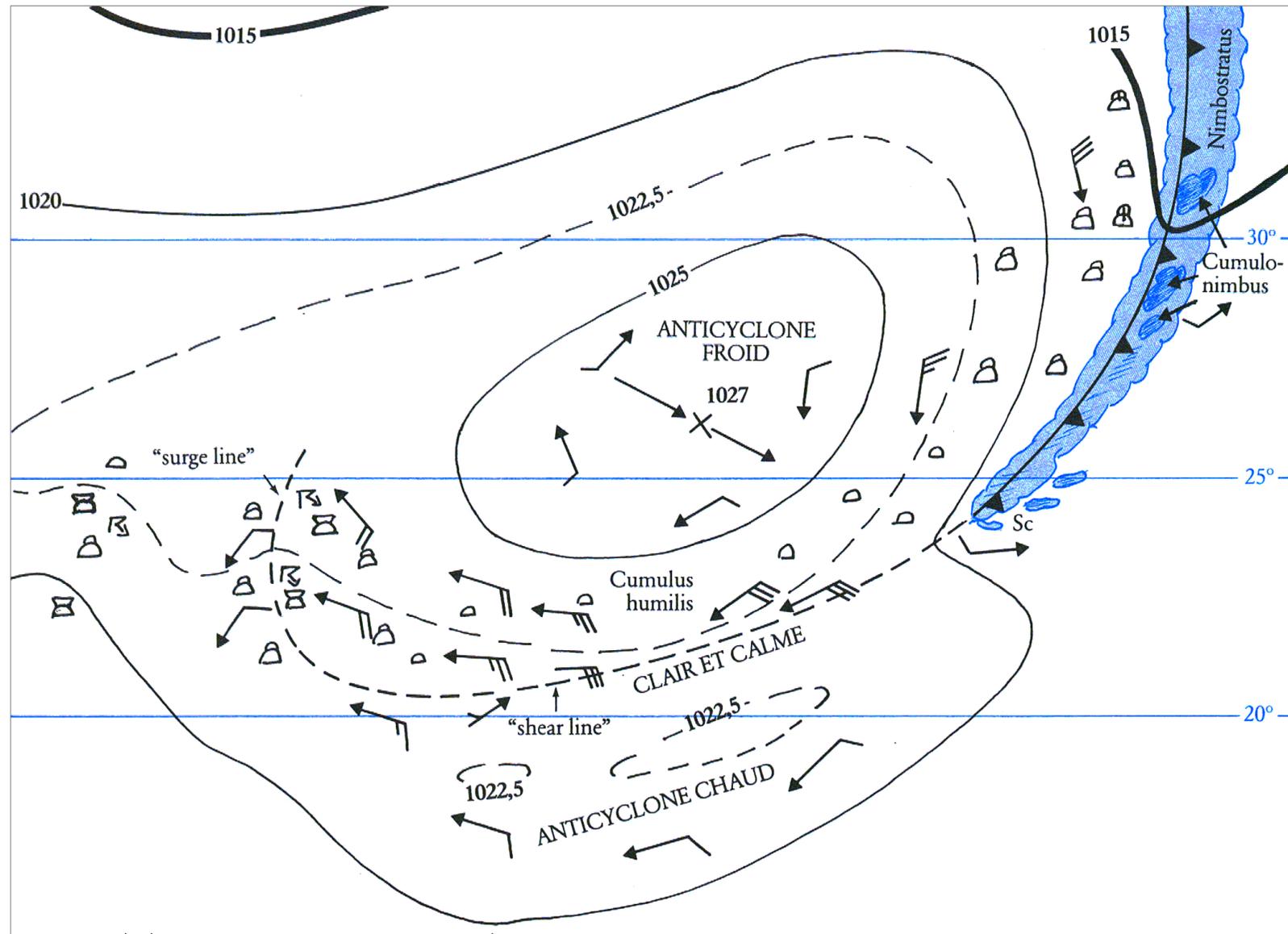
Interaction complexe avec le régime d'alizés établi

Modification temporaire de la circulation atmosphérique locale

Perturbation de la structure verticale habituelle des alizés



9.4 – Les systèmes linéaires



Caractéristiques générales

Structures météorologiques étendues et organisées

Longueur: plusieurs centaines de kilomètres

Largeur: généralement inférieure à 30 km

Perturbations se prolongeant sur des durées significatives

2 systèmes linéaires types

Lignes de grains

- Présence caractéristique de cumulonimbus alignés
- Organisation convective intense
- Précipitations fortes et souvent orageuses
- Cisaillement vertical marqué

Cisaillements sans signature nuageuse

- Simple cisaillement du flux de vent sans développement nuageux significatif
- Souvent issus d'anciens fronts froids se glissant sous l'anticyclone
- Signature nuageuse disparaissant progressivement sous l'effet de la subsidence
- Vents parallèles à la ligne de cisaillement



weather'n'co

Une question, une suggestion à propos de ces pages?
N'hésitez pas à m'envoyer un mail ou me contacter sur Twitter !

Contact

Yann AMICE

Weather forecaster at WeatherNCo

Personnal Email : yann@weathernco.com

Support Email : support@weathernco.com

