

Treize ans d'observation des ondes de gravité en Afrique

■ E. BLANC - T. FARGES - A. LE PICHON - P. HEINRICH / CEA – DAM Île-de-France

Une nouvelle étude, utilisant des enregistrements de la station IS17 (Côte d'Ivoire) du Système de surveillance international (SSI) de vérification du Traité d'Interdiction Complète des Essais nucléaires (TICE), a révélé une activité très intense des ondes de gravité qui suit le mouvement de la zone intertropicale de convergence des vents. Leur origine est essentiellement liée à la convection des orages, très nombreux dans cette région de l'Afrique. L'altitude élevée du sommet des nuages suggère un impact significatif de ces ondes sur la dynamique de la stratosphère, confirmé par des études théoriques récentes.

Exemple d'orage

Les échanges dynamiques de la troposphère vers la stratosphère se font en partie par le biais des ondes atmosphériques qui affectent des échelles spatio-temporelles très larges. Les ondes de gravité, dont la force de rappel est de nature gravitationnelle, sont générées principalement par quatre types de sources: les jet-streams, les fronts dans la basse troposphère, les ondes de montagne et les orages. Elles se propagent verticalement dans les couches supérieures de l'atmosphère en s'amplifiant avec l'altitude. Lorsqu'elles déferlent, elles agissent sur l'écoulement moyen, en transférant une partie de la quantité de mouvement qu'elles transportent. Leur période varie entre 5 minutes et plusieurs heures. Leur vitesse est de l'ordre de 20 à 100 m/s.

Ces ondes sont mesurées dans la partie basse fréquence des capteurs infrason du SSI malgré le filtrage instrumental car leur amplitude est très importante. Les techniques d'observation opérationnelle sont rares. Les études, réalisées sur 13 ans de données en Côte d'Ivoire, montrent que l'activité est importante toute l'année et est liée à celle des

orages. Les nuages sont organisés en lignes de grains qui se propagent d'est en ouest en générant des orages, ce qui est caractéristique de ces régions d'Afrique de l'Ouest. La température au sommet des nuages (**figure 1**) est très faible (-70°C à -80°C) ce qui indique une altitude élevée. L'amplitude des ondes de gravité (**figure 2**) augmente lors du passage des cellules de convection à proximité de la station. L'azimut correspond à celui de l'orage. À 22h00 UT, plusieurs directions se distinguent, indiquant une structure orageuse multicellulaire.

Statistiques

L'azimut des ondes de gravité évolue du sud en février au nord en août. La direction s'inverse en octobre et revient vers le sud en décembre (**figure 3**). Ces variations correspondent à celles des orages mesurés par satellite et à celles de la ceinture des précipitations tropicales en partie liée à la zone de convergence intertropicale des vents (**figure 4**). Cette zone en Afrique de l'Ouest, correspond approximativement à la région où deux masses d'air de nature

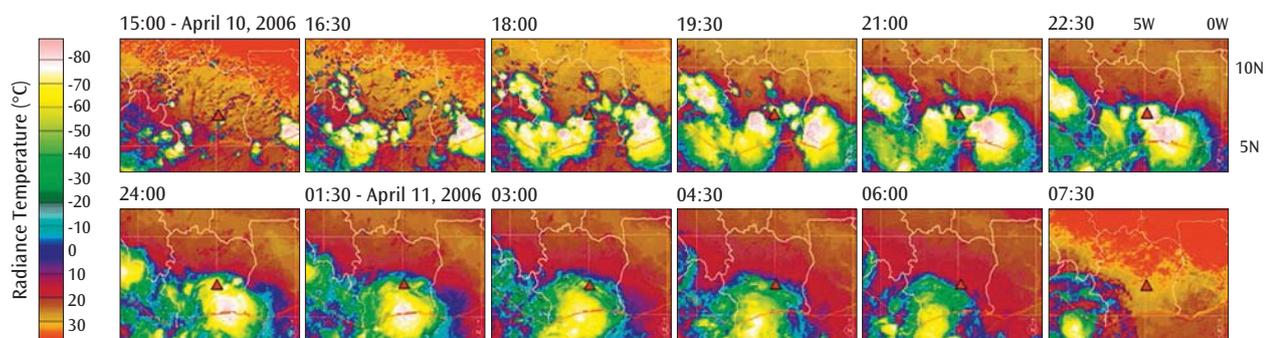
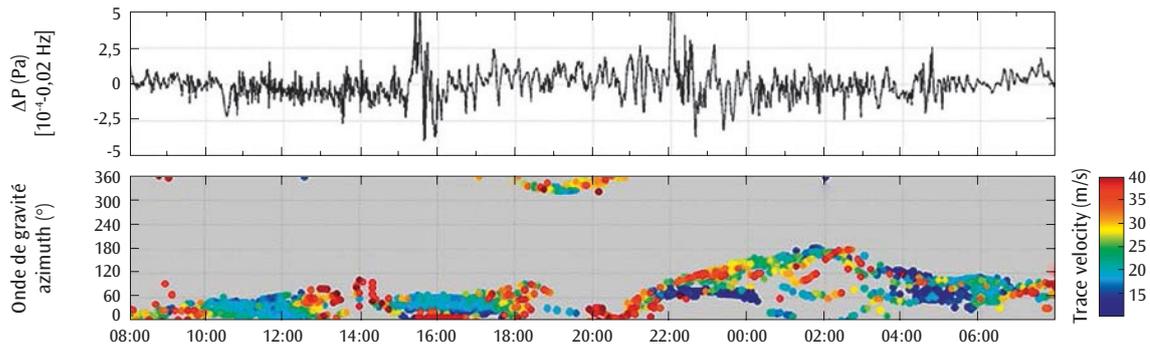


Figure 1. Cartes du satellite METEOSAT6 le 10-11 avril 2006, indiquant la température au sommet des nuages (communiquées par P. Husson, Météo France). Le triangle rouge indique la position de la station.

Figure 2.
Exemple d'ondes de gravité observées pendant l'orage du 10-11 avril 2006.



différente interagissent: une masse d'air océanique humide (mousson) et une masse d'air sec relativement plus chaude.

Ces observations montrent que cette activité intense observée pour la première fois sur une durée aussi importante est essentiellement produite par la convection profonde associée aux orages très nombreux dans cette région d'Afrique. La contribution d'autres sources possibles, comme le vent sur le relief, est faible, car les vents de surface sont faibles. De plus, les régions situées au sud de la station sont couvertes par l'océan. La surveillance des ondes de gravité par les stations infrason permet de déterminer le mouvement de la ceinture tropicale des précipitations [2].

Perspectives

Les études théoriques montrent que les ondes de gravité pénètrent dans la stratosphère et peuvent interagir avec la circulation générale globale [3]. En raison de leur résolution grossière, les modèles paramétrisent l'effet des ondes de gravité, conduisant à des biais sur les températures et les vents atteignant 20 K et 30 m/s au-dessus de 40 km d'altitude. Des modèles régionaux déterminent plus précisément la génération et la propagation de ces ondes dans la stratosphère [4].

Ces mesures présentent un potentiel important pour décrire plus précisément ces interactions. Un enjeu scientifique majeur est de paramétriser ces données afin de pouvoir dans la suite les assimiler dans les modèles de prévision météorologique et de climat. Ces études s'intègrent dans le projet européen ARISE (<http://arise-project.eu>) financé par le programme-cadre Horizon 2020 qui met en réseau des infrastructures de recherche [5].

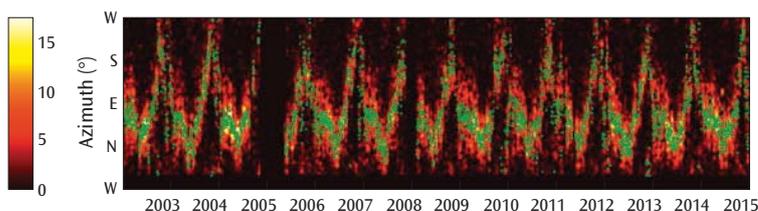


Figure 3.
Statistiques effectuées sur 13 ans de données mesurées à la station infrason IS17. L'échelle en couleur indique le logarithme du nombre de détections.

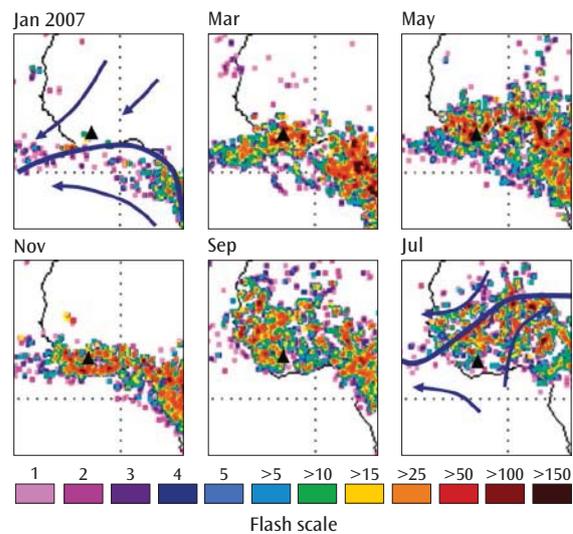


Figure 4.
Localisation des impacts d'éclairs à partir d'observations par satellite (<http://thunder.msfc.nasa.gov>). La position de la zone de convergence intertropicale des vents de surface en janvier et juillet est indiquée en bleu.

Références

- [1] J. MARTY, D. PONCEAU, F. DALAUDIER, "Using the International Monitoring System infrasound network to study gravity waves", *Geophys. Res. Lett.*, 37, L19802 (2010).
- [2] E. BLANC, T. FARGES, A. LE PICHON, P. HEINRICH, "Ten year observations of gravity waves from thunderstorms in western Africa", *J. Geophys. Res. Atmos.*, 119, p. 6409-6418 (2014).
- [3] L. COSTANTINO, P. HEINRICH, "Tropical deep convection and density current signature in surface pressure: comparison between WRF model simulations and infrasound measurements", *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 13, p. 15993-16046 (2013).
- [4] P. HEINRICH, L. COSTANTINO, "Simulation numérique des orages tropicaux", *Chocs*, n°45 (2014).
- [5] E. BLANC, A. LE PICHON, J. ASSINK, D. TAILPIED, P. HEINRICH, L. COSTANTINO, A. DUPONT, "Projet ARISE: De la dynamique de l'atmosphère à la surveillance des événements extrêmes", *Chocs*, n°45 (2014).