



Vers une prévision climatique des types de convection : éléments de méthode

Jean-Claude Bergès, Gérard Beltrando

► **To cite this version:**

Jean-Claude Bergès, Gérard Beltrando. Vers une prévision climatique des types de convection : éléments de méthode. XXVIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Jul 2014, dijon, France. p.109-1114, 2014. <hal-01020969>

HAL Id: hal-01020969

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01020969>

Submitted on 8 Jul 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

VERS UNE PRÉVISION CLIMATIQUE DES TYPES DE CONVECTION : ÉLÉMENTS DE MÉTHODE

BERGÈS J.-C., BELTRANDO G.

Université Paris Diderot – Paris 7, UMR 8586 (PRODIG) 2 rue Valette 75005 Paris cedex 05, France
[zebulon@univ-paris1.fr ; beltrando@univ-paris-diderot.fr]

Résumé – L'objectif de notre travail est de présenter une relation entre les paramètres météorologiques restitués par les modèles généraux de circulation et les types de convection. Ce papier présente une première étape où nous explicitons une méthode de suivi ainsi que la comparaison de résultats obtenus sur une période courte (trois périodes entre octobre 2013 et janvier 2014) avec les données de réanalyse.

Mots-clés : système convectif, télédétections, cisaillement de vent.

Abstract – Our work address the issue of relationship between atmospheric parameters extracted from global circulation models and convective systems type. This paper presents a first step where a convective system follow up is described and the results have been compared with reanalysis data.

Keywords: convective system, remote sensing, wind shear.

Introduction

La connaissance du mécanisme des précipitations convectives est récente et encore fragmentaire. Du fait que la condensation se produit dans des flux ascendants qui ne sont pas associés à une flottabilité hydrostatique (Houze, 2004), leur intensité ne peut pas se déduire directement d'un indice d'instabilité. Déjà en 1988, Rotuno *et al.* ont postulé que les conditions optimales pour le maintien d'une convection organisée en ligne de grains consistaient en un équilibre entre, d'une part, le cisaillement du vent en basse couche, les caractéristiques de la goutte froide, d'autre part. Cette théorie, qui différait sensiblement du modèle proposé par Thorpe *et al.* (1982), a été depuis partiellement confirmée. Ce type de modélisation est d'une utilisation immédiate difficile dans un contexte de prévisibilité des événements climatiques extrêmes parce qu'elle suppose la connaissance de paramètres difficilement accessibles comme le taux instantané de précipitation. Mais cette modélisation peut fournir des indications sur les paramètres aérologiques à considérer lors d'une étude statistique des facteurs déterminant les types de convection.

Par ailleurs, à travers la couverture de satellites géostationnaires, nous disposons d'observations sur l'ensemble des systèmes convectifs des zones tropicales et des latitudes moyennes. Il existe donc la possibilité théorique de définir d'une part une typologie de phénomènes convectifs et d'autre part d'établir des relations statistiquement significatives entre types de convection et paramètres aérologiques à l'échelle des données de *réanalyse* et des modèles globaux de circulation. Nous nous proposons donc d'établir une méthode de suivi automatique des zones de précipitations intenses qui pourrait servir de base à cette démarche.

1. Données et méthodes

Les données aérologiques proviennent des réanalyses à 6h UTC de la base NCEP/NCAR. Les données satellites sont extraites de la base maintenue par l'Observatoire de Physique du Globe de Clermont-Ferrand (OPGC) qui maintient une archive continue depuis 2010. Ce travail à un caractère préliminaire ; il vise à développer et valider une méthodologie de traitement en se basant sur un jeu de données d'une durée significative mais suffisamment limitée pour permettre des *retraitements* faciles. Aussi, nous avons traité uniquement les données MSG sur trois périodes où nous disposons de données continues (1/10/2013-31/10/2013, 16/12/2013-7/1/2014 et 8/1/2014-31/1/2014). Afin d'éviter les effets de parallaxe, seule la partie centrale des images a été considérée (45W-45E).

Le suivi automatique des phénomènes nuageux à partir de l'imagerie des satellites géostationnaires n'est pas réellement une activité nouvelle. Certains genres de nuages sont utilisés comme marqueurs des flux à méso-échelle et des produits opérationnels sont basés sur ces méthodes (Eumetsat, 2011). Le suivi des systèmes nuageux associés à la convection profonde est très différent parce qu'il n'existe pas une relation simple avec les vents à différents niveaux et parce que le déplacement apparent de ces systèmes résulte d'une série de déformations continues. La restitution de la trajectoire des phénomènes violents et clairement différenciés de leur environnement, comme les cyclones tropicaux, est bien sûr facile. Mais la difficulté réside dans la prise en compte de l'ensemble des phénomènes pluvio-orageux, de durée très diverse et, pour certains, intégrés dans des amas nuageux des étages inférieurs. Plusieurs algorithmes de suivi, basés sur des seuils et des adaptations de validité locale, ont démontré leur efficacité mais sont vraisemblablement adaptés au type de convection prédominant dans une région.

La conception d'un algorithme de suivi suppose d'une part une interprétation d'images et d'autre part une méthode d'héritage.

- Pour l'interprétation des images, nous nous basons sur la propriété des cellules matures de présenter des températures de sommet de nuage plus froides que la tropopause. Cette propriété permet un repérage non ambigu de ces cellules dans la mesure où ce sont les seules formations nuageuses à pouvoir présenter cette propriété. Mais cette méthode ne prend pas en compte les cellules natives qui peuvent présenter des taux de précipitations importants. Dans la mesure où notre visée n'est pas de cartographier les zones de précipitations à un instant donné mais de caractériser les systèmes convectifs, ce biais est considéré comme secondaire. Ainsi, notre approche se différencie nettement de celle adoptée par Météo France au sein du SAF NWC avec la méthode RDT (Rapid Development Thunderstorm ; Morel, 2002). La détermination effective des zones associées aux cellules matures s'opère en comparant la température du canal infrarouge 10.8 μm avec celle fournie par les réanalyses NCEP/NCAR. La question d'identification d'un système à méso-échelle composé de plusieurs cellules est d'autant plus complexe que la nécessité de traiter de longues séries de données pour obtenir une base statistique significative nous impose de ne sélectionner que des algorithmes rapides permettant de limiter le temps de calcul. Afin de pouvoir utiliser un seuil de discrimination fixe, nous nous limitons à la ceinture tropicale et subtropicale (soit 40°N-40°S). Dans cette zone, les données NCEP/NCAR indiquent une température de sommet pour les nuages de l'étage moyen de l'ordre de -40°C. Cette valeur, proche du seuil calculé expérimentalement par Arkin (1979) pour le GPI, est couramment sélectionnée pour les algorithmes de suivi. De plus, dans une optique de microphysique des nuages, ce seuil correspond également à la température de nucléation de l'eau. Contrairement au seuil basé sur la température de la tropopause, la discrimination obtenue est ambiguë puisque qu'elle englobe d'autres formations nuageuses du système convectif, dont la zone stratiforme associée à son tourbillon à méso-échelle, mais également des phénomènes sans rapport immédiat comme les couvertures cirriformes. Pour cette raison, que ce soit au niveau d'une cellule ou d'un système, le paramètre de surface ne sera calculé que pour les pixels plus froids que la tropopause et les amas ayant une surface moyenne inférieure à l'unité ne seront pas pris en compte. Par la suite, nous interpréterons comme systèmes convectifs les amas calculés à partir du seuil -40°C et satisfaisant au critère précédent, alors que le terme de cellule convective fera référence au seuil de température de la tropopause. À titre d'illustration, la figure 1 présente les deux données d'entrée : température radiative (Fig. 1 a) et température de la tropopause (Fig. 1 b) et la figure 2 les deux images dérivées en cellules (Fig. 2 a) et systèmes convectifs (Fig. 2 b).

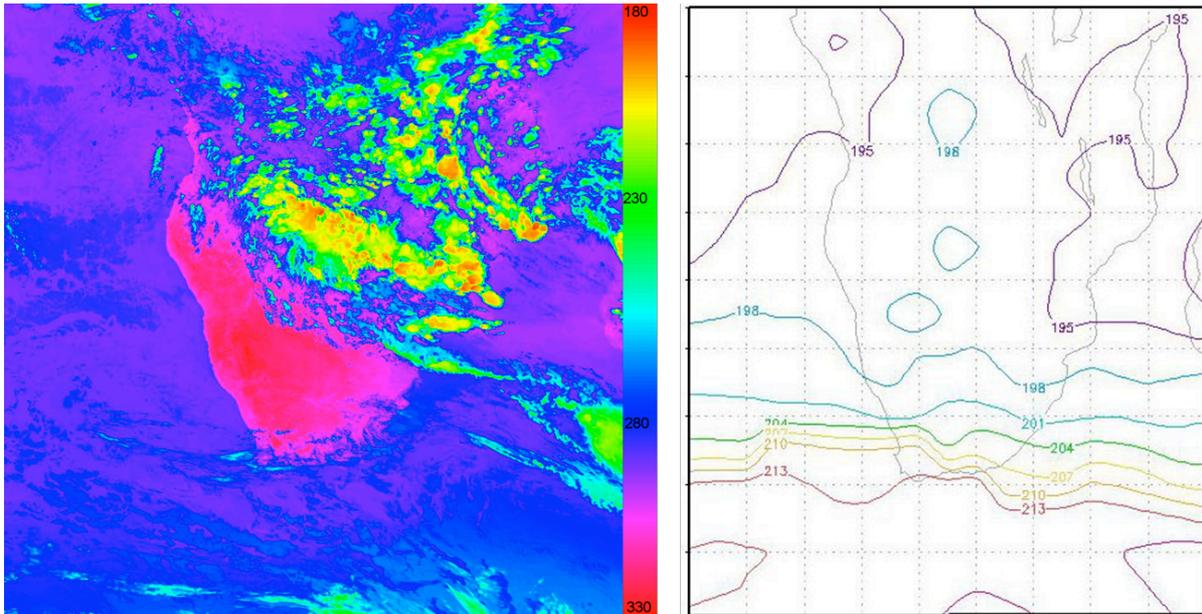


Figure 1 : Situation du 16 décembre 2013 à 14 h UTC. Extraction sur une fenêtre 0-45°E/0-45°S
La figure de gauche (a) représente les températures de brillance fournies par le canal 10.8 μm (valeur mini en orange, maxi en violet) et celle de droite (b) la température de la tropopause (en ° K) (source NCEP/NCAR)

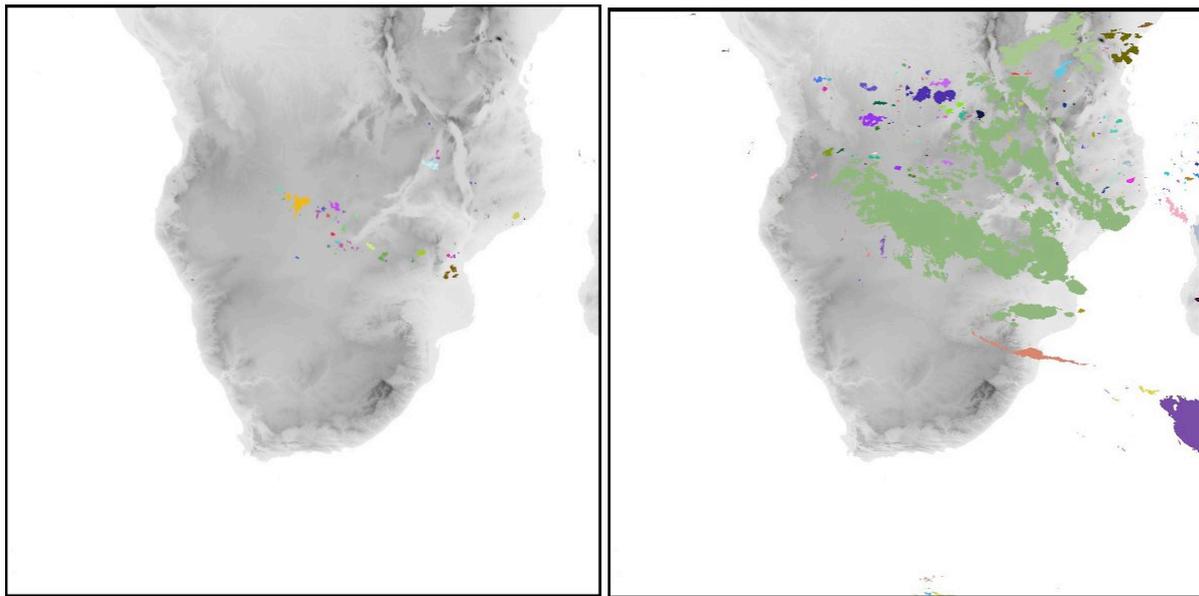


Figure 2 : Labellisation sur la situation du 16 décembre 2013 à 14 h UTC.
La figure de gauche représente la labellisation réalisée par cellule et celle de droite la labellisation effectuée par système. Les couleurs sont attribuées aléatoirement pour différencier les objets (cellules ou systèmes). Ces amas sont superposés à un modèle numérique de terrain codé en niveaux de gris

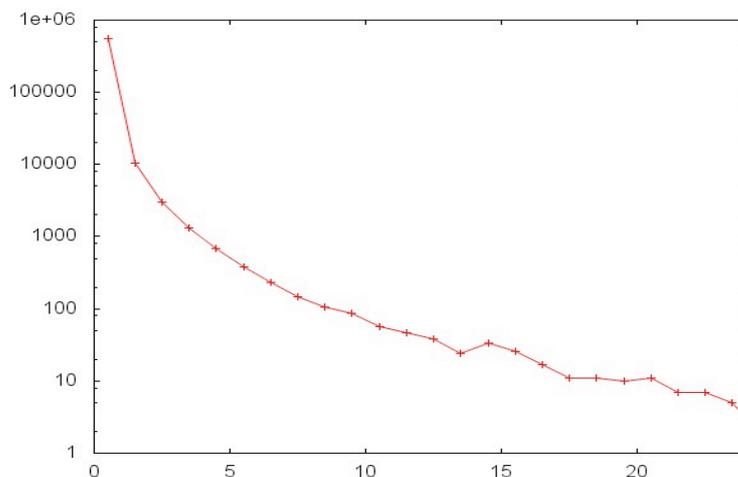
- L'algorithme d'héritage consiste à identifier comme appartenant à la même unité (cellule ou système) deux zones dans des images successives et à leur affecter une étiquette commune. Nous procédons, comme pour la plupart des méthodes de suivi, en nous basant sur les recouvrements. Tant que les objets ne se segmentent pas et ne s'agrègent pas, leur identification entre deux images successives est immédiate. Cette difficulté a amené certains auteurs à introduire des systèmes complexes de seuillage et d'élagage pour restituer les trajectoires. Bien qu'elles puissent être efficaces localement, ces méthodes reposent sur des paramètres d'ajustement qui restent spécifiques d'un environnement et d'un type de phénomène convectif. Aussi, nous avons choisi de ne faire intervenir aucun seuil et de nous

placer dans le cadre général des recherches de connexité. En assimilant le temps à la troisième dimension, l'algorithme d'héritage se ramène à une labellisation en 3D. Fiolleau et Roca (2012) ont une approche voisine de la nôtre mais qui repose sur un algorithme de ligne de partage des eaux. Cette méthode permet de prendre en compte les phénomènes convectifs dès leur initiation, mais est susceptible d'induire une sur-segmentation et est plus adapté à la restitution de taux instantanés de précipitation qu'à une perspective climatologique.

Bien que ces algorithmes soient bien connus, leur mise en œuvre est difficile du fait du volume de données. Les algorithmes standards sont basés sur la récursivité et impliquent donc un accès aléatoire à la mémoire. Or, un seul mois de données sur la zone centrale MSG, représente un volume d'une centaine de Giga-octets et nous avons donc été amenés à développer un algorithme original de labellisation 3D. Cet algorithme procède en deux passes. Au cours de la première passe, chaque plan 2D est labellisé, puis est comparé au plan précédent. En cas de scission d'objet, une même étiquette est attribuée aux deux composantes. En revanche, en cas de jonction, le recodage des images précédentes n'est pas effectué immédiatement, car cela impliquerait un parcours de l'ensemble des plans déjà traités, mais ce recodage sera mémorisé dans une liste. À la fin de la première passe, cette liste est transformée en une table de transcodage. La deuxième passe consiste à appliquer la table de transcodage à l'ensemble des données.

2. Premiers résultats

En figure 3, l'histogramme des durées de système a été tracé. Les systèmes de courte durée (moins d'une heure) sont massivement dominants et au-delà de douze heures les effectifs très faibles ne permettent plus d'extraire des indicateurs statistiques. La faible représentation des systèmes de plus longue durée ne permet pas d'aborder directement la question d'une



typologie. Dans un contexte de validation de l'algorithme d'identification et de suivi, nous nous sommes donc limités à l'analyse de paramètres élémentaires.

Figure 3 : Distribution de la durée des systèmes convectifs. Les durées sont indiquées en heures sur l'axe horizontal et le nombre d'occurrences est codé sur une échelle logarithmique sur l'axe vertical

La répartition spatiale des cellules et des systèmes convectifs au cours du mois d'octobre 2013 est tracée en figure 4. Outre la répartition zonale associée à la zone de convergence, on remarquera l'association des systèmes de plus longue durée avec des reliefs et l'effet massif du contraste terre/mer sur l'Atlantique sud.

Malgré la faiblesse de notre échantillon, des relations entre durée des systèmes et profil vertical du vent peuvent être mises en évidence. En figure 5, les courbes de la vitesse moyenne de cisaillement avec le niveau 1 000 hPa ont été tracées pour trois niveaux : 925 hPa, 850 hPa et 700 hPa. Les systèmes de plus courte durée se signalent par les valeurs les plus élevées. Les systèmes d'une durée comprise entre trois et huit heures ont des valeurs très homogènes. Au-delà de huit heures, les faibles effectifs induisent une dispersion des résultats qui ne permet plus de les exploiter. Ces valeurs peuvent être mises en relation avec la

vitesse moyenne de cisaillement du vent telle qu'extraite des réanalyses. Ces moyennes ont été calculées sur toute l'année 2013 pour chaque bande zonale de 2.5°. Les vitesses correspondant aux durées supérieures à trois heures sont toujours supérieures à ces vitesses moyennes. Ceci est particulièrement important pour le niveau 700 hPa où la vitesse de cisaillement est le double de la valeur moyenne. Les convections de durée intermédiaire apparaissent donc associées à un profil de cisaillement plus élevé que les valeurs moyennes observées et un écart positif à ce profil semble jouer un rôle inhibant sur la durée de vie des systèmes. Cette constatation n'est pas en contradiction avec la modélisation RKW qui suggère un profil optimal de cisaillement pour assurer la stabilité des systèmes convectifs.

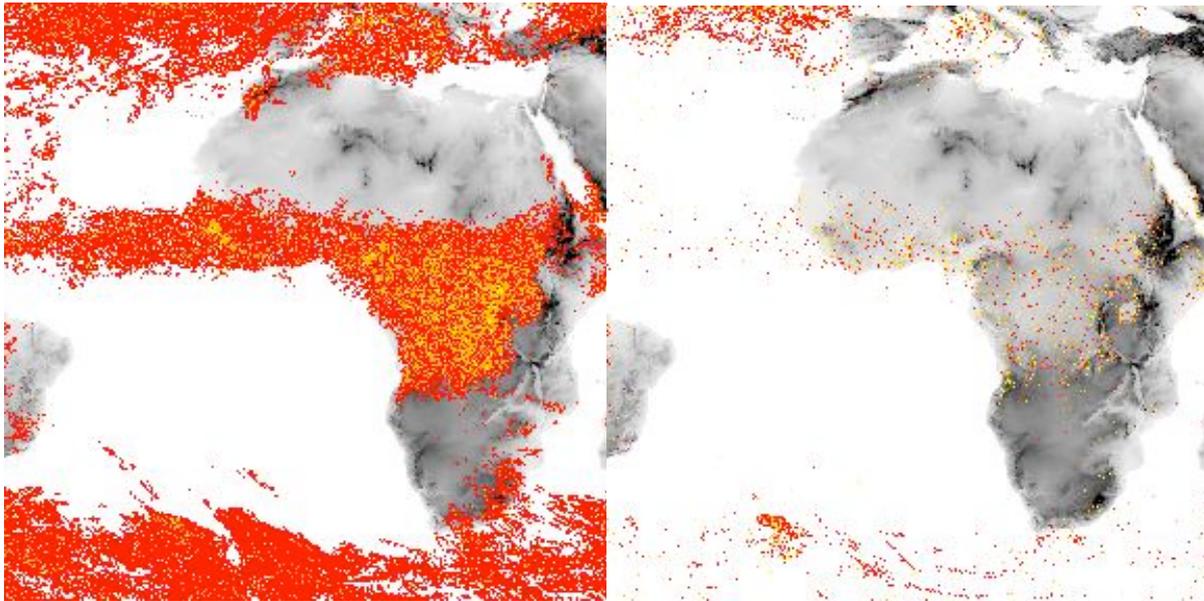


Figure 4 : Distribution spatiale des cellules et systèmes convectifs du mois d'octobre 2013.

Sur la figure de gauche (resp. droite), les cellules (resp. systèmes) convectifs sont représentées par une palette de couleur indiquant leur durée : inférieure à 1h en rouge, entre 1 et 3h en orange et plus de 3 h en jaune

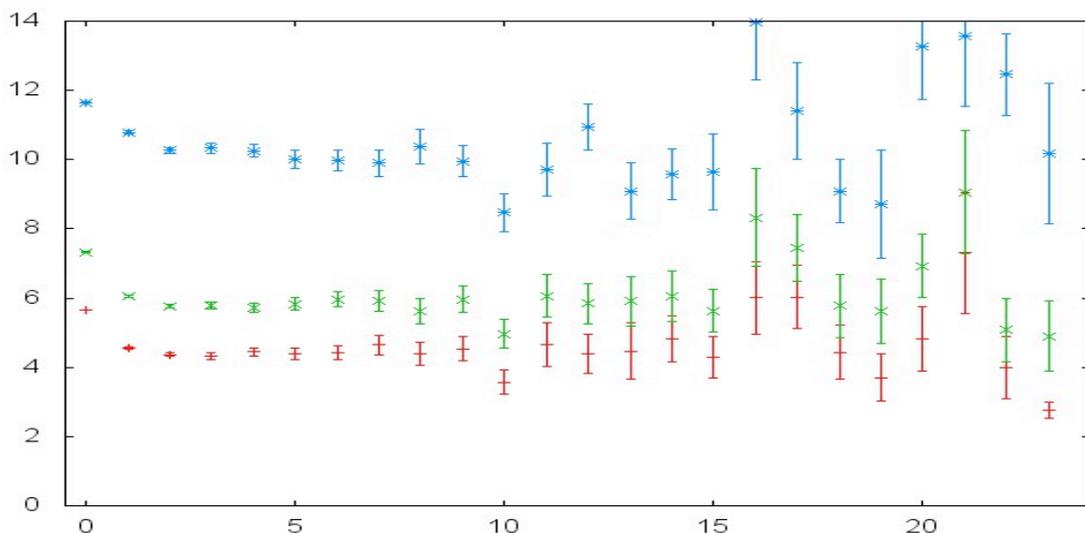


Figure 5 : Durée des systèmes convectifs en fonction du cisaillement de vent

Conclusion

Une étape préliminaire pour la recherche des événements de précipitations extrêmes et leur prévisibilité est d'établir une typologie des systèmes convectifs à méso-échelle à partir des Données de Géostationnaires. Nous avons montré ici une méthode rapide de suivi, ainsi que

des premiers résultats qui sont en accord avec la modélisation. L'étape suivante va être d'étendre spatialement et temporellement ce travail pour améliorer la validation des résultats.

Références bibliographiques

Arkin P.A., 1979: The relationship between the fractional coverage of high cloud and rainfall accumulations during GATE over the B-array. *Monthly Weather Review*, **107**, 1 382-1 387.

EUMETSAT MSG, 2011: *Meteorological Products Extraction Facility Algorithm Specification*. Document edited by EUMETSAT. Reference: EUM.MSG.SPE.022, 259 p.

Fioleau T., Roca R., 2013: An algorithm for the detection and tracking of tropical mesoscale systems using infrared images from geostationary satellite. *IEEE transactions on Geoscience and Remote Sensing*, **139**, 941-953, DOI:10.1109/TGRS.2012.2227762.

Houze R.A., 2004: Mesoscale convective systems. *Rev. Geophys.*, **42**, 150-193.

Morel C. and Senesi S., 2002: A climatology of mesoscale convective systems over Europe using satellite infrared imagery, I: Methodology, *Q. J. Roy. Meteorol. Soc.*, **128**, 1 953-1 971.

Thorpe A.J., Miller M.J. and Moncrieff M.W., 1982: Two-dimensional convection in nonconstant shear: A model of midlatitude squall lines. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **108**, 739-762.

Rotunno R., Klemp J.B., and Weisman M.L., 1988: A theory for strong long-lived squall lines. *J. Atmos. Sci.*, **45**, 463-485.