

LES ORAGES DU 23 AVRIL 2014

Exemple du rôle des courants de densité dans la propagation des cellules orageuses



Impacts de foudre à Strasbourg (67) le 23/04/2014 vers 17h30 © Julien Kristof

Le 23 avril 2014, un risque d'averses orageuses diffus et aléatoire est identifié par nos services, avec un risque plus marqué près des massifs vosgiens et de la Forêt Noire. Durant l'après-midi, des averses et orages se manifestent effectivement sur les deux massifs mais finissent également par déborder jusqu'en plaine bas-rhinoise en fin de journée, notamment sur Strasbourg, puis à nouveau en milieu de soirée sur le Haut-Rhin.

Cette situation illustre comment des cellules orageuses parviennent à se développer et à se propager dans une situation où les forçages synoptiques sont pourtant quasi inexistants.

INTRODUCTION. Le développement et la durée de vie d'une cellule orageuse dépendent de trois ingrédients fondamentaux. Il faut de l'instabilité pour permettre à l'air de se soulever sur toute l'épaisseur de la troposphère (entre 6000 et 10 000m), un forçage d'échelle synoptique ou non pour initier le mouvement ascendant de la particule d'air (un front froid ou une convergence locale des vents par exemple), et enfin des cisaillements de vent pour séparer la zone de précipitations et d'alimentation de l'orage. Cette séparation est nécessaire pour assurer une plus longue durée de vie à l'orage.

Lorsque ces trois ingrédients sont présents simultanément et de façon marquée, des orages violents peuvent se produire. A l'inverse, certaines situations présentent un déficit ou une absence totale de l'un de ces éléments. Par exemple, une situation très instable mais sans forçage suffisant pourra ne générer aucune cellule orageuse. A l'inverse, un violent forçage sans instabilité ne provoquera généralement que des pluies non orageuses.

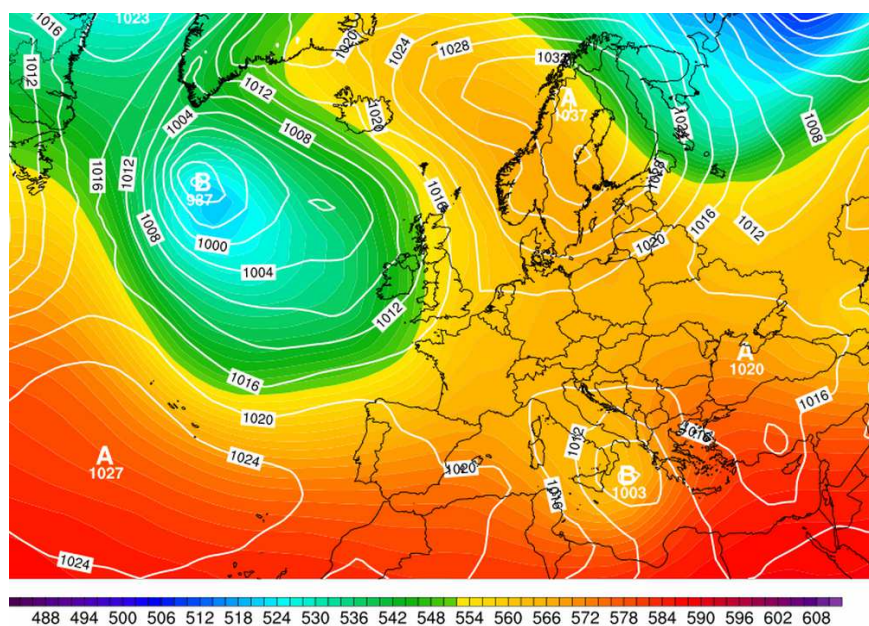
La situation de ce 23 avril 2014 a eu pour particularité de ne présenter aucun forçage et de très faibles cisaillements. A l'inverse, les valeurs d'instabilité étaient largement suffisantes pour supporter des développements orageux. Pourquoi des cellules orageuses ont donc réussi à se développer et à se propager dans cet environnement à priori peu favorable ?

Après un rapide exposé de la situation météo générale, nous verrons le rôle fondamental que peut jouer le courant de densité (outflow) issu des orages puis nous détaillerons l'utilisation opérationnelle de ces observations dans les méthodes prévisionnelles et de suivi.

1/ SITUATION METEO GENERALE DU 24 AVRIL 2014

La synoptique du jour est dominée par une vaste goutte froide d'altitude (cut off) sur l'Atlantique et par une dorsale sur l'Europe centrale doublée d'un anticyclone de surface sur la Scandinavie (figure 1). Ces deux centres d'action sont toutefois très éloignés de l'Alsace. Par conséquent, le flux d'altitude est particulièrement faible au dessus de notre région, avec un max de vents à 11m/s (40km/h) vers 8000m d'altitude à très légère tendance SSO.

Aucune cassure et rapide de Jet ni d'anomalie dynamique de tropopause ne sont donc présents à proximité de la région et ne peuvent de fait, agir en tant que forçage d'altitude à la convection. Il n'y a pas non plus de thalweg dans les niveaux intermédiaires (autour de 500hPa) ni de front en surface malgré la présence d'air doux et humide (23.8°C à Strasbourg-Entzheim). Avec l'échauffement diurne causé par l'ensoleillement mais aussi la présence de traces d'air froid en altitude, les profils s'instabilisent en journée avec quelques centaines de J/kg de CAPE mesurés sur le radiosondage de Stuttgart (figure 2).



Situation météo générale du 23/04/2014 à 12h00 UTC sur le modèle ECMWF (source : météo.network.it).

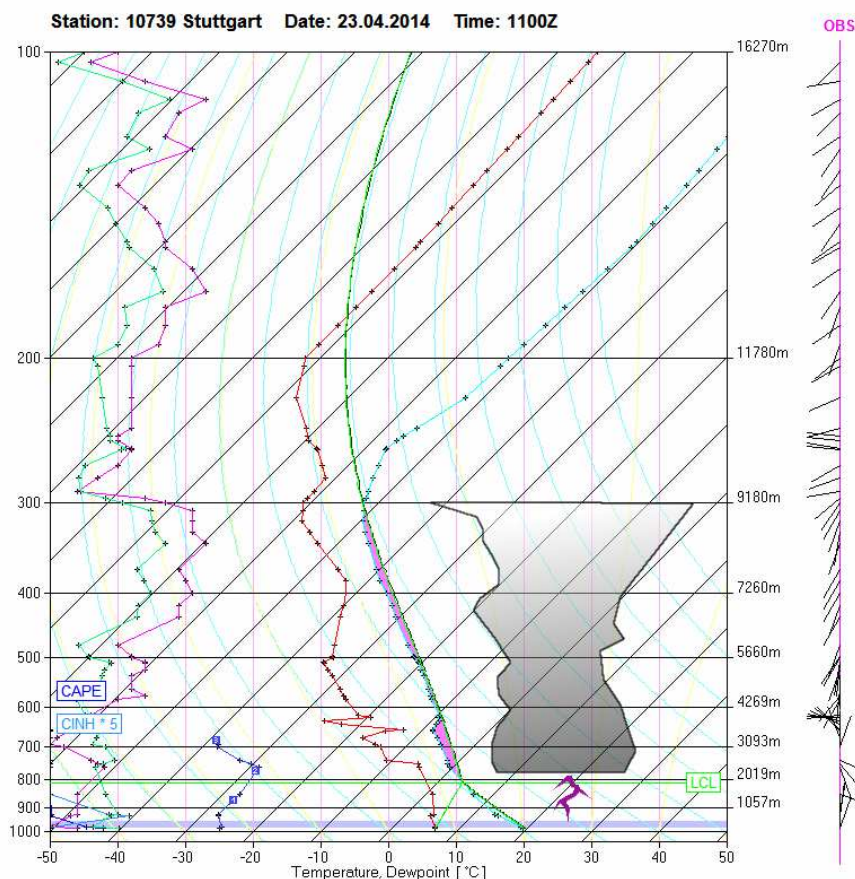


Figure 2. Radiosondage tiré de Stuttgart du 23/04/2014 à 11h00 UTC (13h00 locales) (source : Bernhard Oker/Skywarn Schweiz).

L'analyse plus fine du radiosondage laisse apparaître une petite inversion de températures vers 650hPa surplombée d'une masse d'air plus sec. Le profil reste toutefois instable jusque vers 300hPa, suggérant une CAPE totale d'environ 250J/kg. La plupart des indices composites permettant d'évaluer l'instabilité sont également favorables (KO index de -8, LI index de -0,7 et TT index de 51).

La situation météorologique est donc particulièrement molle sur l'Alsace et une grande partie de l'Europe. Sans divergence en altitude ni convergence au niveau du sol, et dans une instabilité dite « conditionnelle », la convection profonde ne pourra s'effectuer qu'avec l'aide de l'orographie (soulèvement des particules d'air le long des pentes des massifs montagneux).

II/ INFLUENCE DE L'OROGRAPHIE ET DES COURANTS DE DENSITE

C'est exactement ce qu'il se produit à partir de la fin de matinée où des premiers cumulus commencent à se former au dessus des massifs, et en particulier sur la Forêt Noire. Ces cumulus parviennent jusqu'au stade de l'averse puis de l'orage dès le début d'après-midi, essentiellement sur le piémont de la Forêt Noire.

Ces orages sont typiques de la situation en étant constitué d'une seule cellule convective de petite dimension et à faible durée de vie (15 à 30min seulement). En effet, lorsque les précipitations commencent à tomber au sol, elles sont accompagnées d'un courant descendant d'air froid en provenance des niveaux supérieurs de la troposphère (entre 4000 et 6000m). Cet air froid a pour effet de couper l'alimentation chaude de l'orage qui s'affaisse rapidement sur lui-même. Plus dense que l'air chaud qui environne l'orage, ce courant froid s'étale alors au sol dans toutes les directions autour de l'averse (figure 3). C'est cet étalement d'air froid que l'on appelle courant de densité.

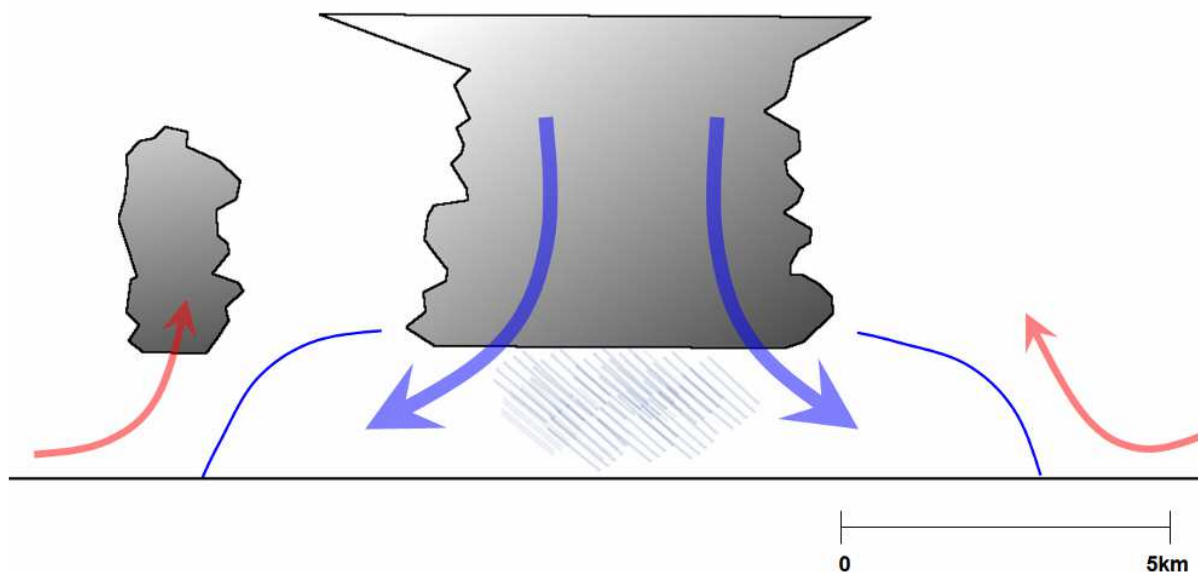


Figure 3. Principe du courant de densité en situation peu cisailée © ATMO-RISK. L'air froid en provenance d'une cellule orageuse mature se propage en périphérie de celle-ci au niveau du sol. Faisant office de « pseudo front froid » en convergeant avec l'air chaud environnant, le courant de densité agit comme un forçage à la convection et permet le développement de nouvelles cellules en périphérie de la cellule mature.

Le courant de densité issu des premiers orages sur la Forêt Noire se propage en direction de la plaine d'Alsace. Une convergence s'installe entre cette masse d'air froid localisée et le vent chaud de secteur NE qui souffle sur la plaine (figure 4). Ceci explique notamment pourquoi de nouvelles cellules se sont développées sur le quadrant Nord-Ouest des cellules existantes alors que le quadrant Sud-Ouest est resté vierge faute de convergence et probablement aussi de conditions moins favorables (nébulosité plus importante avec résidus d'enclumes).

Cette convergence s'illustre parfaitement sur les relevés de la station de Strasbourg-Entzheim qui enregistre un vent de secteur NE à 25km/h à 15h et 16h locales. A 17h00 locales, une rafale à 55km/h de secteur SE est enregistrée à la station, accompagnée d'une baisse de température de 5°C, ce qui correspond à l'arrivée du courant de densité des orages allemands.

En début de soirée, les orages s'essouffent sur le nord du Bas-Rhin, probablement par manque d'instabilité (l'énergie disponible ayant été consommée) mais aussi parce que les nombreuses petites averses nouvellement formées sur le Kochersberg finissent par désorganiser la convergence de basse couche.

Enfin en soirée, quelques averses orageuses se développent sur les trois frontières entre Bâle et Saint-Louis. Là encore, une nouvelle propagation s'effectue en direction du NE avec la formation d'averses instables sur la plaine haut-rhinoise entre 21h et 23h00. Par manque d'instabilité, le caractère orageux s'estompe toutefois très rapidement mais les averses sont peu mobiles, aboutissant à un cumul de 12mm à la station de Colmar-Meyenheim.

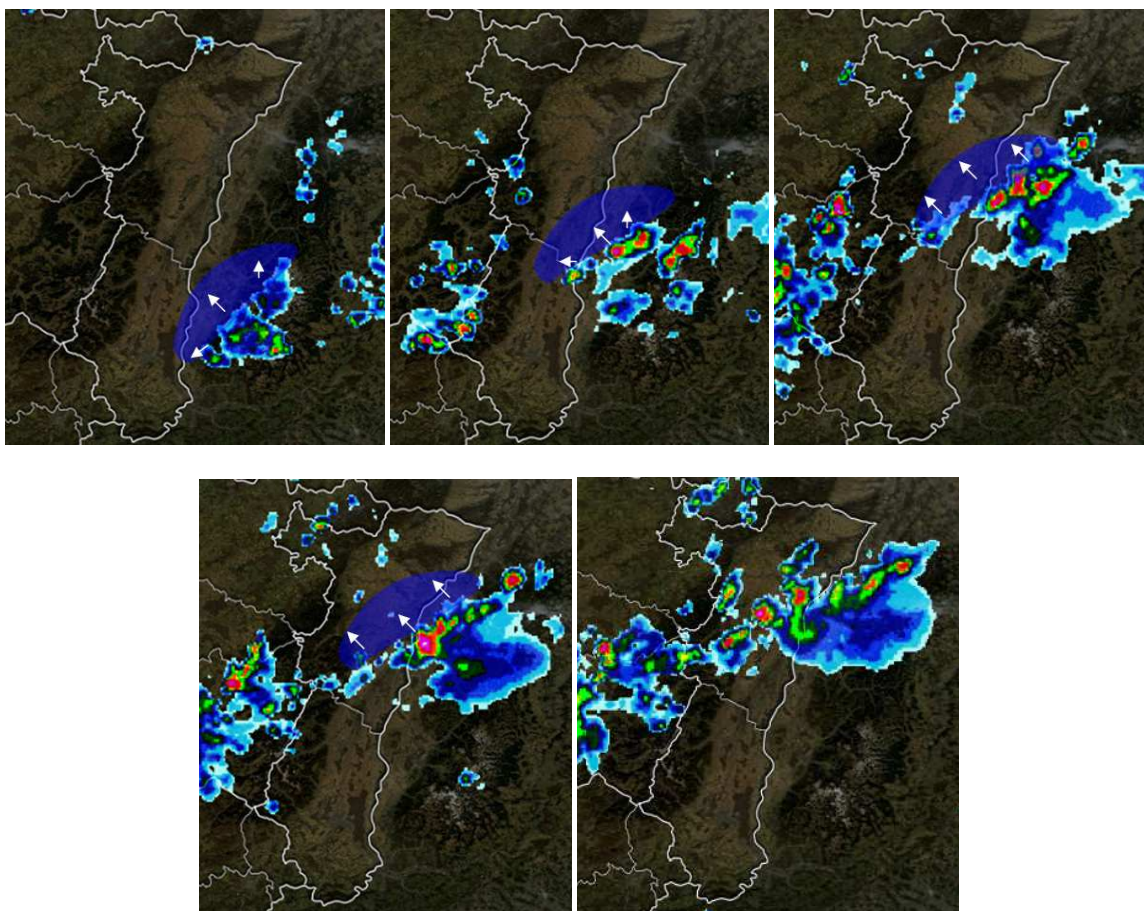


Figure 4. Séquence radar du 23/04/2014 entre 13h00 et 17h30 locales mettant en évidence la propagation des cellules orageuses en fonction du courant de densité (plage bleue et flèches blanches) © Info-Climat/ATMO-RISK.

III/ METHODOLOGIE OPERATIONNELLE

La prévision amont (à 24H d'échéance) de la situation météorologique ne pose pas de difficulté particulière. ATMO-RISK identifie un risque d'averses orageuses ponctuelles et anarchiques dans ses prévisions du jour (figure 5).

Dans ces situations non cisillées et sans forçage dynamique, le prévisionniste doit rester vigilant sur les conditions de basses couches et sur des paramètres relativement fins intervenant dans la propagation des cellules orageuses (storm-motion notamment). Certains champs des modèles météo disponibles permettent d'évaluer la propagation des cellules orageuses (figure 6) en suggérant notamment la vitesse de déplacement et l'orientation des nouvelles cellules par rapport aux anciennes.

L'étude minutieuse des champs de précipitations des modèles météo à mailles fines peut également donner de précieuses indications sur le comportement des cellules orageuses. Ainsi, le modèle WRF développé par Info-Climat donne une prévision particulièrement réaliste dans sa sortie du 22/04 à 12hUTC (figure 7).

Malgré cette batterie d'éléments, la prévision de cellules orageuses ordinaires en situation peu dynamique reste un exercice très délicat. Le prévisionniste à tout intérêt à « lisser » sa prévision pour pallier à tout développement non modélisé, ce qui reste relativement fréquent dans ce genre de situation. Ainsi, ATMO-RISK a émis un risque d'intempérie significative à toute la région en intégrant l'éventualité de débordements orageux jusqu'en plaine, plutôt que de le limiter aux massifs montagneux.



Prévisions du mercredi 23 avril 2014 | Actualisées à 06h30

MERCREDI 23/04	07h-09h	09h-11h	11h-13h	13h-15h	15h-17h	17h-19h	19h-21h	21h-23h	23h-01h	01h-03h	03h-05h	05h-07h
PARAMETRES	Eclaircies	Eclaircies	Eclaircies	Risque d'averses orageuses loc.	Risque d'averses orageuses loc.	Risque d'averses orageuses loc.	Risque d'averses orageuses loc.	Risque d'averses orageuses loc.	Risque d'averses orageuses loc.	Risque d'averses orageuses loc.	Nuageux ou éclaircies	Nuageux ou éclaircies
TEMPERATURES	7°C	14°C	16°C	18°C	20°C	18°C	16°C	14°C	12°C	10°C	8°C	8°C
RISQUE GEL												
TEMPERATURE DU SOL à 10cm	5°C	10°C	15°C	20°C	22°C	20°C	14°C	12°C	10°C	8°C	6°C	6°C
HUMIDITE RELATIVE	90%	70%	58%	45%	48%	55%	65%	75%	80%	85%	85%	88%
RISQUE DE PRECIPITATIONS	0	0	0	0 à 10 ou +	0 à 10 ou +	0 à 10 ou +	0 à 10 ou +	0 à 10 ou +	0 à 10 ou +	0 à 10 ou +	0	0
CUMUL MAX PRECIP. (mm)	0	0	0	var 10 raf 30-50km/h sous averse/orage	var 15 raf 30-50km/h sous averse/orage	var 15 raf 30-50km/h sous averse/orage	var 15 raf 30-50km/h sous averse/orage	var 15 raf 30-50km/h sous averse/orage	var 12 raf 30-50km/h sous averse/orage	var 10 raf 30-50km/h sous averse/orage	0	0
VENT RAFALES (dir. km/h)	var 10	var 10	var 10								var 10	var 10

Ecart température du jour avec moyenne mensuelle (10.4°C):

+3.1°C

Degré-Jour-Croissance (base 0) : 13,5

Degré-Jour-Croissance (base 6) : 7,5

Degré-Jour-Croissance (base 10) : 3,5

Eclaircies & averses loc. orageuses. Ce mercredi matin, le temps est calme avec un ciel variable. Les éclaircies dominent avec des passages nuageux ou grisaille inoffensifs. Dès la mi-journée et durant l'après-midi, des cumulus plus instables et nombreux que la veille bourgeonnent sur les Vosges et la Forêt Noire. Ils pourront générer des averses ponctuelles parfois orageuses. Ce risque orageux restera aléatoire et diffus, pouvant localement déborder en plaine mais pas partout. Cette menace d'averses persistera en soirée et même jusqu'en début de nuit. Sous un orage, une petite chute de grêle ne peut être exclue mais sans sévérité particulière.

TEMPERATURES. Les minimales ce matin affichent 7 à 10°C. Cet après-midi, les maximales atteindront 20 à 22°C.

VENT. Le vent est faible et assez variable, quelques petites rafales à proximité des averses cet après-midi.

ENSOLEILLEMENT. 3 à 6h selon éclaircies, plus fréquentes le matin.

BILAN HYDRIQUE & CUMULS DE PLUIE

ETP du jour: 1,0mm |

Cumul de pluie prévu sur 24Hrs: 0 à 5mm sous la plupart des averses prévues, mais un cumul jusqu'à 10mm ou plus ne peut être écarté localement en cas de forte averse orageuse, notamment sur les Vosges.



Cumul mensuel de précipitations AVRIL 2014: 3mm [6.5% de la moyenne mensuelle (45.9mm)]

Cumul annuel de précipitations 2014: 83,2mm - fort déficit, sécheresse superficielle (sols et eaux de surface)

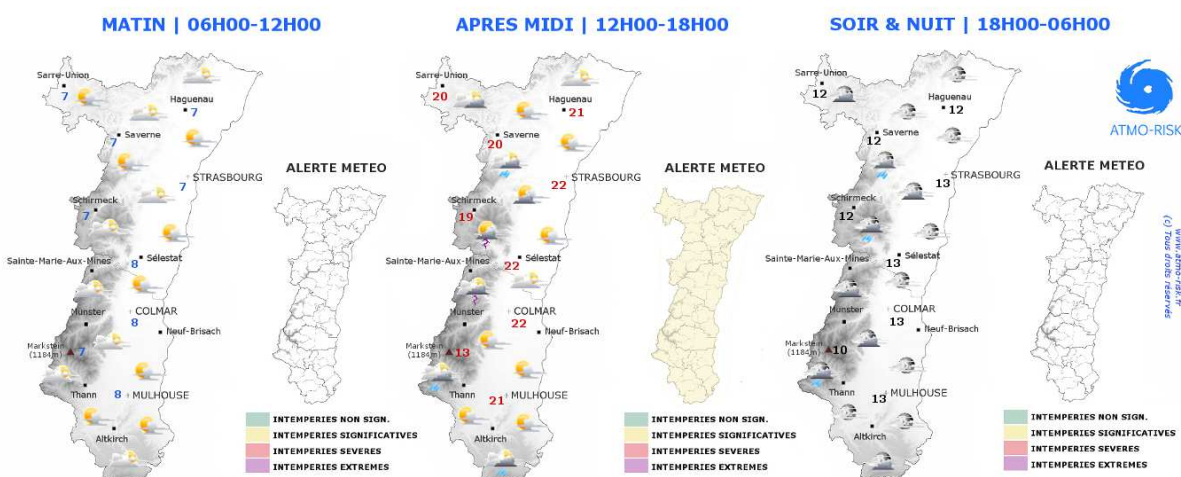


Figure 5. Prévisions initiales à destination des agriculteurs émises par ATMO-RISK le 23/04/2014 à 07h00 locales et cartes de prévision « grand public » mises en ligne à la même heure sur le site web atmo-risk.fr.

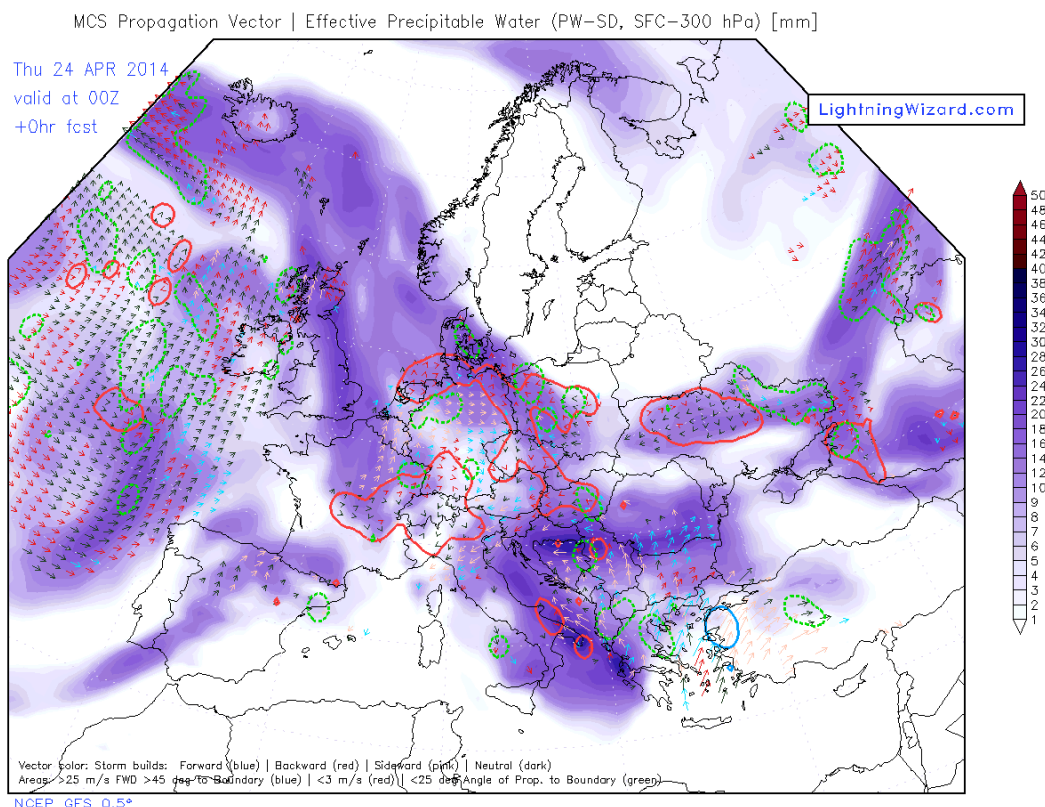
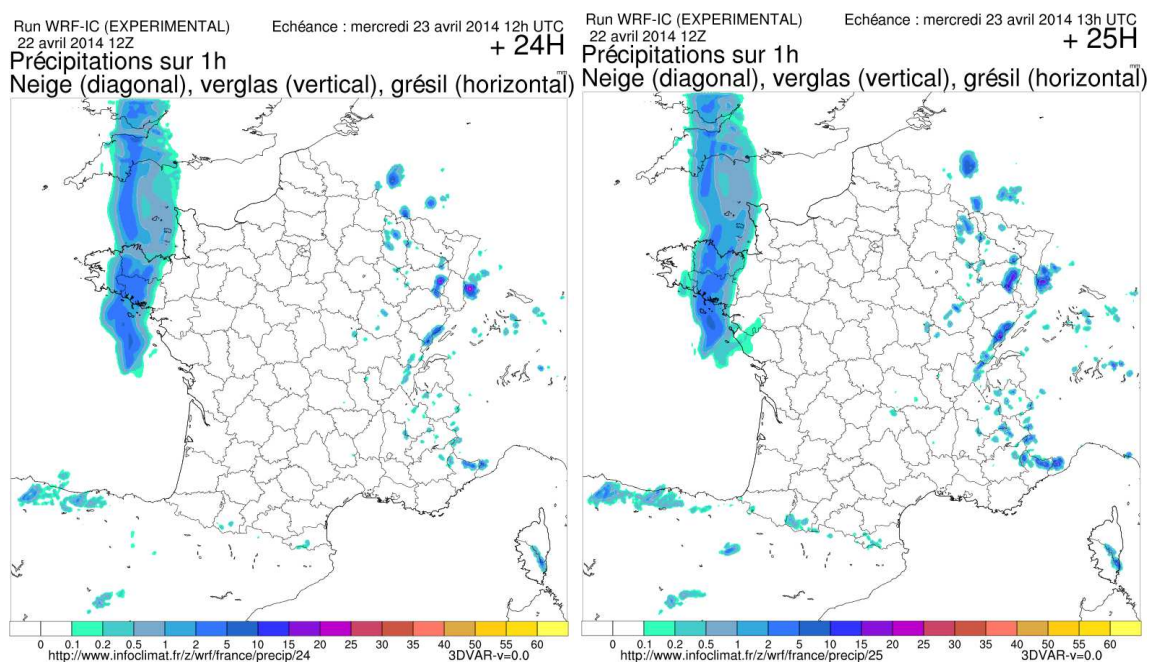


Figure 6. Champ du modèle GFS 0.5° développé par Oscar Van der Velde sur le site lightning-wizard.com. Ce champ combine à la fois la vitesse et l'orientation de propagation des systèmes orageux mais aussi les quantités d'eau précipitable (PWAT). Cette combinaison est particulièrement judicieuse car elle permet rapidement d'identifier les zones où existe un risque de stationnarité de cellules orageuses diluviennes, capables de précipiter d'importantes quantités d'eau. Dans l'exemple ci-dessus, le prévisionniste remarquera une zone à risque important sur le versant nord des Balkans, mais aussi dans une moindre mesure le long de la frontière entre l'Allemagne et la Pologne jusqu'en République Tchèque et en Hongrie et sur le centre-est de la France.



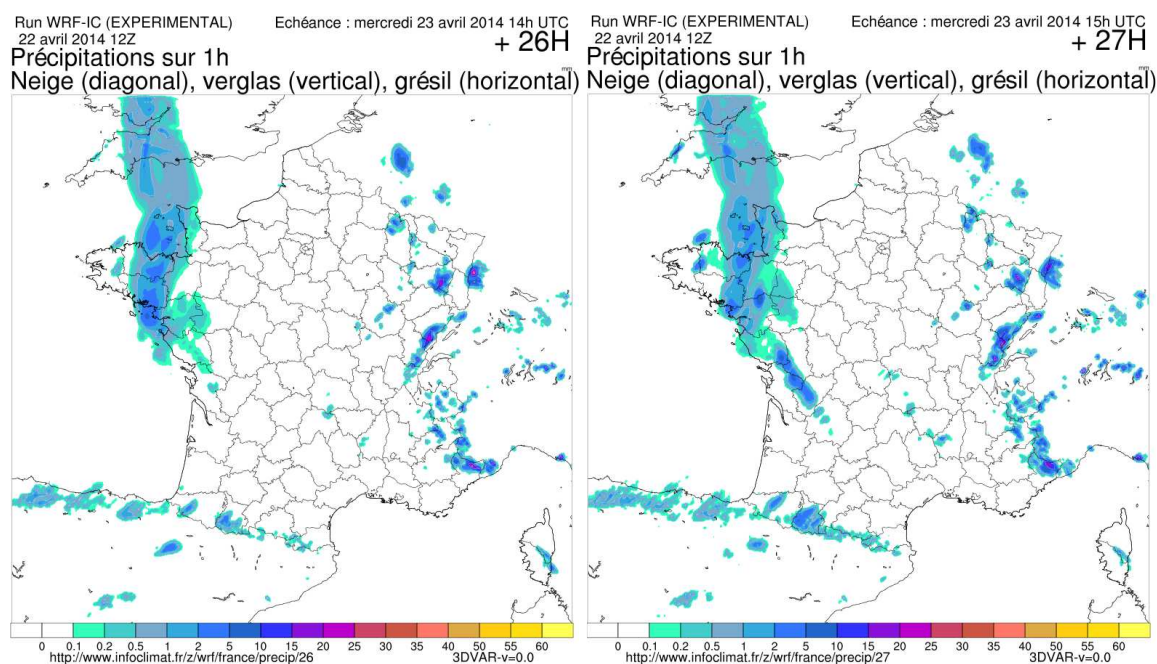


Figure 7. Champ précipitations 1h sur le run du 22/04/2014 à 12hUTC du modèle WRF développé par InfoClimat. Le comportement modélisé des orages sur les massifs des Vosges et de la Forêt Noire est particulièrement réaliste (à comparer aux images radar précédentes). Le modèle présente toutefois le défaut de surestimer les lames d'eau horaires mais le prévisionniste expérimenté sait en faire abstraction (cf. extraits des prévisions d'ATMO-RISK de la page 6).



Enfin, la prévision immédiate et le suivi en temps réel revêtent une importance capitale dans ce type de situation. Le prévisionniste pourra en effet rapidement corriger et cibler la prévision en étudiant attentivement le comportement radar et satellite des cellules orageuses (figure 8). L'étude rigoureuse des données radar, combinées au satellite et aux données d'observations des stations au sol, permet de déduire ce genre d'évolutions à des échéances de 10 à 60 minutes à l'échelle de la région.

Figure 8. Alerte émise sur la page facebook d'ATMO-RISK 30 minutes environ avant l'occurrence de l'orage sur la CUS.

CONCLUSION

Cette étude de cas montre la complexité que peut revêtir certaines situations orageuses d'apparence anodines. Le rôle des courants de densité sur l'initiation de cellules orageuses n'est pas à négliger, à fortiori lorsque les autres forçages sont faibles ou inexistantes. La situation étudiée ici s'est produite en tout début de saison, sur une instabilité relativement faible et les phénomènes orageux sont restés d'intensité ordinaire. Néanmoins, la sous-estimation de ce type de configurations orageuses, survenant plus tard dans

la saison, sur des fortes instabilités, peut s'avérer dangereuse, car les orages pourront cette fois-ci aboutir à des phénomènes sévères ou extrêmes (crues éclairs, coulées de boue ou grosse grêle).