



ATMO-RISK

ORAGE EXTREME DU 20 JUIN 2007 SUR LE CANTON DE KAYSERSBERG

Un exemple de crue-éclair dans le massif vosgien



La Weiss le 20 Juin 2007 en début de soirée. © N-D.

Le 20 Juin 2007 en fin d'après midi, un orage diluvien et peu mobile frappe les communes du canton de Kayserberg et de Lapoutroie. Il génère des cumuls de précipitations exceptionnels de 60 à 100L/m² en seulement 1 à 3 heures. A Kayserberg, le record de pluie en un jour est battu avec 92mm/24Hrs (contre 88.6mm le 08 Août 1984). Ces intenses précipitations se sont accompagnées de grêlons de 2 à 4cm de diamètre sur le piémont viticole de Bennwihr et Ammerschwihr, générant coulées de boue et lourdes pertes agricoles. Cet orage s'est produit durant la campagne de mesures scientifiques COPS (*Convective and Orographically-induced Precipitation Study*) portant notamment sur la microphysique des précipitations convectives. Cette vaste campagne de mesure s'est déroulée en Alsace pendant tout l'été 2007. Les nombreuses données collectées et générées par cette opération ont permis une analyse particulièrement détaillée de cet épisode orageux.

INTRODUCTION. Les régions montagneuses méditerranéennes comme les Cévennes sont bien connues pour être fréquemment sujettes aux phénomènes de « crues éclairs » provoquées par des orages excessivement pluvieux et stationnaires. De nombreuses tragédies associées à ces épisodes jalonnent ces dernières décennies dont parmi les plus marquantes Vaison-la-Romaine en 1992, Draguignan en 2010 ou encore Le Grand-Bornand en 1987.

Pourtant, ce phénomène n'est pas véritablement spécifique aux régions méditerranéennes. Une crue éclair peut en fait survenir dans n'importe quelle région montagneuse ou même seulement vallonnée. Des événements d'une violence parfois invraisemblable peuvent se produire dans tous les massifs d'Europe, y compris les plus insignifiants (la catastrophe de Boscastle au Royaume Uni en 2004 en constitue un bel exemple).

Le massif vosgien est une place de choix pour ce type d'épisodes, beaucoup plus fréquents qu'on ne le pense. La fréquence des lames d'eau extrêmes sur le département du Haut-Rhin est en effet comparable à celles de certains départements méditerranéens (figure 1). Avec en moyenne 1 à 3 épisodes >100mm/24H chaque année, le Haut-Rhin connaît une fréquence semblable à celle des départements de la Drôme, du Vaucluse ou des Hautes-Alpes !

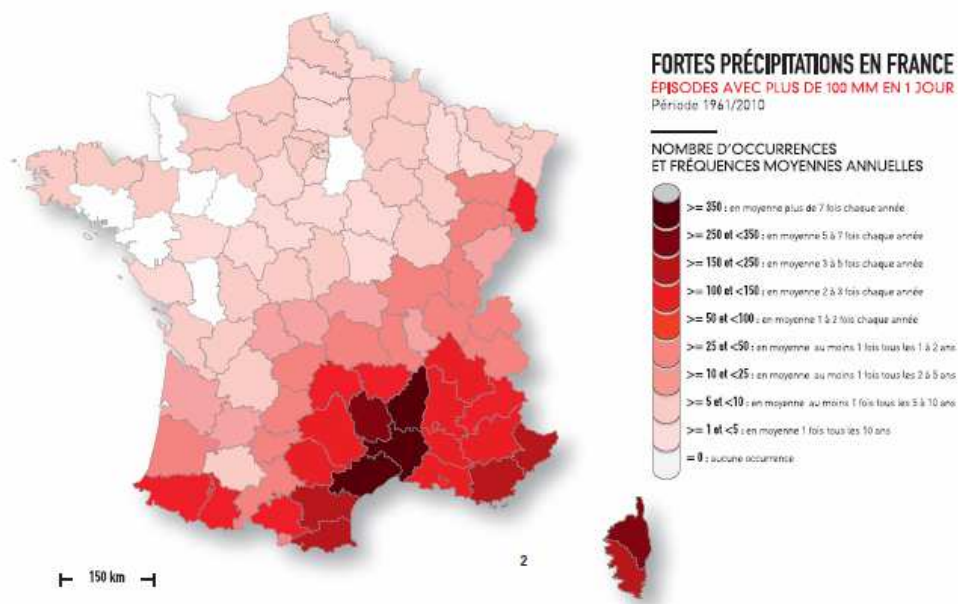
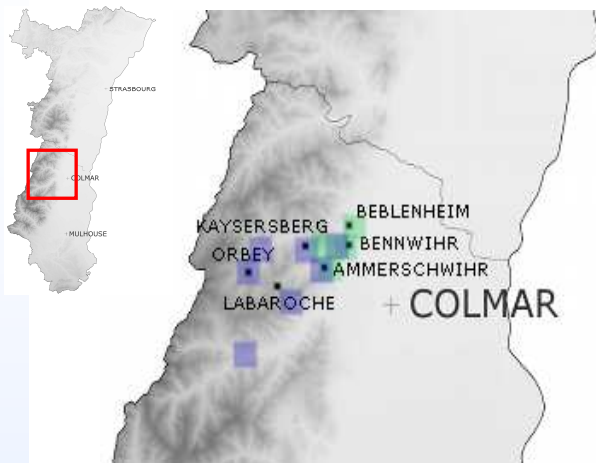


FIGURE 1. Cartographie des cumuls de précipitations >100mm/24Hrs sur la période 1961-2010. Source : Météo-France.

Sur les Vosges, les origines météorologiques de ces épisodes fortement pluvieux peuvent être de deux types. Le premier intervient préférentiellement en saison hivernale et est associé à des perturbations pluvieuses très actives en provenance de l'océan. Avec l'effet orographique, les pluies se renforcent au contact du massif vosgien avant de rapidement s'estomper par effet de foehn sur la plaine d'Alsace. Le rapport entre les quantités relevées dans les fonds de vallée de la Doller ou de la Thur et les quantités relevées à Colmar ou Rouffach peuvent ainsi atteindre ou dépasser un facteur 10 !

Ces fortes pluies sont souvent associées à des vents violents sur les crêtes et à un brutal redoux ce qui peut parfois générer des crues torrentielles pluvionivales particulièrement violentes.

La seconde est d'origine convective et tout aussi redoutable. En été, le massif vosgien connaît en moyenne 35 à 40 jours d'orages. Lorsque les conditions sont réunies, ces orages peuvent littéralement se « fixer » sur le relief et se déverser sur place pendant plusieurs heures. C'est ce type d'orage qui a généré l'épisode du 20 Juin 2007 sur la vallée de la Weiss (figure 2).



DES CONDITIONS METEOROLOGIQUES PARTICULIERES.

De nombreux facteurs météorologiques interviennent dans la mise en place d'orages stationnaires peu mobiles diluviens. Dans les Vosges, il faut généralement une masse d'air particulièrement chaude et humide positionnée sur l'ensemble de la façade Est du pays dans un flux de secteur Sud ou Sud-Ouest en haute altitude.

Dans le même temps, un marais barométrique domine au niveau du sol sous la forme d'un champ de pressions plus ou moins homogène sans véritable gradient de pression. De faibles creux de surfaces se forment alors sous l'action du réchauffement diurne et peuvent générer un contexte fortement convergent. Cette convergence des vents à méso-

échelle peut être localement renforcée par les brises de pentes. (figure 3).

FIGURE 2. Localisation des principaux reports d'intempéries du 20 juin 2007. En bleu, les fortes lames d'eau mesurées ou les phénomènes de coulées de boue/crue éclair observés. En vert, les chutes de grêle.

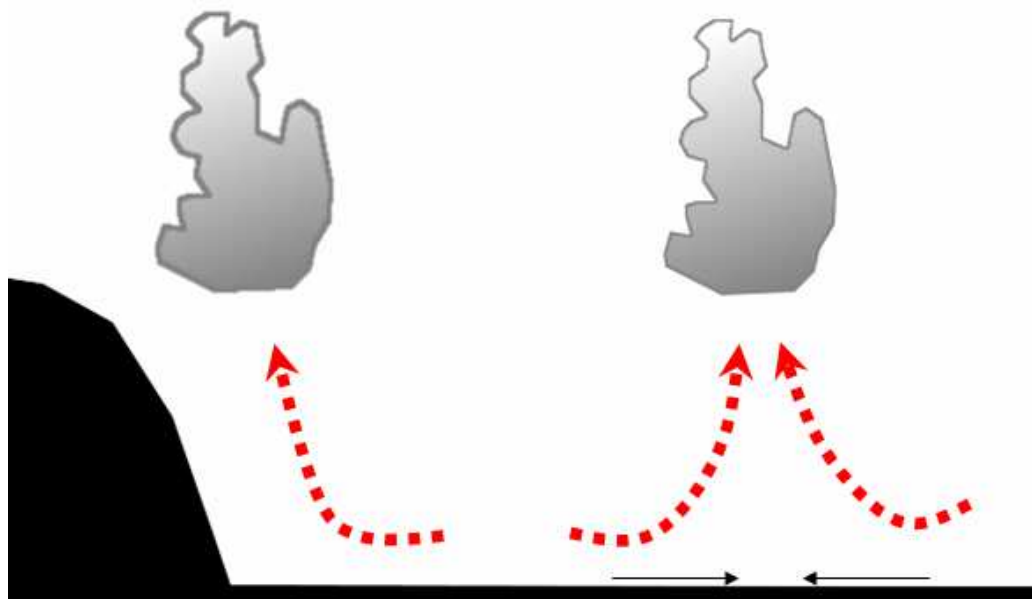


FIGURE 3. Schémas théoriques d'ascendance et de convection humide par forçage orographique à gauche et par convergence au sol à droite. © ATMO-RISK.

Avec les températures élevées au niveau du sol, la masse d'air devient conditionnellement instable, avec des valeurs en CAPE pouvant dépasser 2000J/kg. De l'humidité peut également affluer par les régions de l'Ouest entre 900 et 800hPa. Avec la convergence des vents en surface, l'instabilité conditionnelle peut alors aboutir à une convection profonde humide, c'est le développement du cumulonimbus.

Cette combinaison entre des vents puissants et divergents en altitude et faibles et convergents au sol permet la mise en place d'une convection profonde quasi immobile (figure 4) car les courants descendants et ascendants au sein de la cellule convective se retrouvent séparés. L'invasion d'air froid descendant en provenance du

nuage ne coupe plus l'ascendance au bout de quelques dizaines de minutes mais se retrouve rejetée en aval dans le flux. Tant que les vents convergent sur place, l'orage continue par conséquent à s'alimenter en air chaud et humide. On peut alors observer une propagation rétrograde, c'est-à-dire une régénération de l'orage à contre-sens du flux (figure 4). C'est une situation de ce type qui a généré l'orage du 20 Juin 2007 sur la vallée de la Weiss.

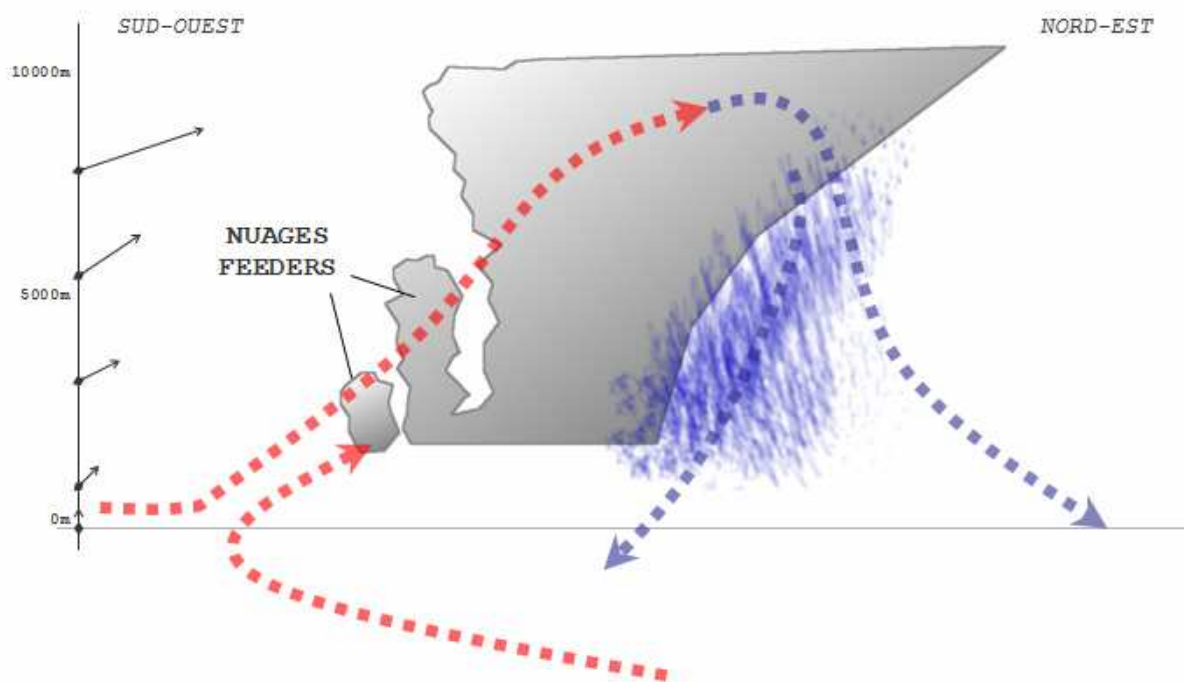


FIGURE 4. Organisation de la convection profonde en situation cisailée. © ATMO-RISK. Les nuages feeders donnent naissance à de nouvelles cellules convectives en amont du flux dominant tandis que les précipitations sont rejetées loin en aval en direction du Nord-Est (pour un flux dominant de Sud-Ouest). Par conséquent, les vents au sol convergents ne sont pas perturbés par l'arrivée d'air froid et peuvent se maintenir indéfiniment.

SITUATION METEOROLOGIQUE DU 20 JUIN 2007.

La situation météorologique générale sur l'Europe est dominée par un profond thalweg à mi-niveaux positionné sur les îles britanniques et l'axe d'une dorsale anticyclonique qui s'étend de l'Italie à la Scandinavie en passant par l'Europe centrale. Entre ces deux axes, la circulation de Sud-Ouest s'accélère en altitude avec la présence d'un Jet Streak à 40m/s et de secteur Sud qui s'étend du golfe de Gascogne à la mer du Nord (figure 5).

Le flux général prend ainsi une courbure de plus en plus cyclonique sur la façade Est de la France à environ 15m/s à 5500m. En surface, une zone frontale s'étire du Danemark à l'Espagne en passant par le nord-est de la France. Le contexte devient ainsi fortement convergent le long de cette limite frontale d'autant que les vents au sol sont particulièrement faibles (voire nuls) et de direction variable (figure 5).

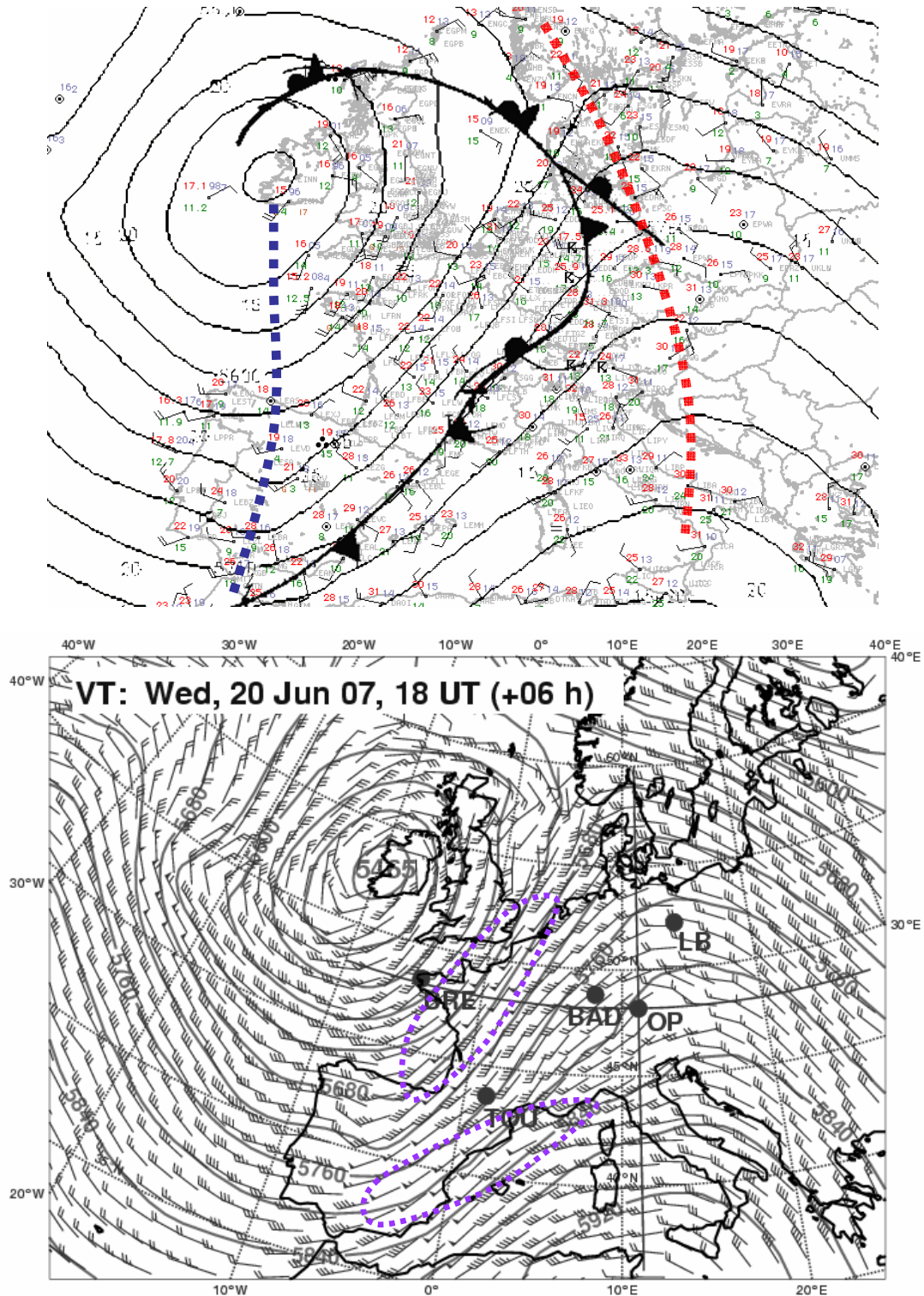


FIGURE 5. Géopotentiels à 500hPa le 20 juin 2007 à 18HTU. La ligne en pointillés bleus représente l'axe de thalweg, les pointillés rouges l'axe de dorsale anticyclonique. Sont également visibles le système frontal et les observations de surface. La seconde carte issue du modèle ECMWF (sortie déterministe à échéance +06h du 20 juin 2007 à 12hTU), représente le champ de vent à 5500m. Les rapides de jet ou « Jet Streak » sont ici matérialisés en pointillés mauves.

Le long de cette limite frontale, la masse d'air s'humidifie fortement dans les basses couches. Les radiosondages effectués en tout début de matinée indiquent en effet déjà une couche très humide dans les 1000 premiers mètres de l'atmosphère.

Par conséquent, la situation devient fortement instable avec l'effet ajouté de l'important rayonnement diurne. Les températures maximales relevées sont proches de 30°C en plaine rhénane. Les champs prévisionnels du modèle ECMWF suggéraient ainsi en sortie déterministe plus de 1000J/kg de CAPE (figure 6). En fait, les valeurs en CAPE réellement mesurées font état de plus 2000J/kg à 17hTU (figure 7).

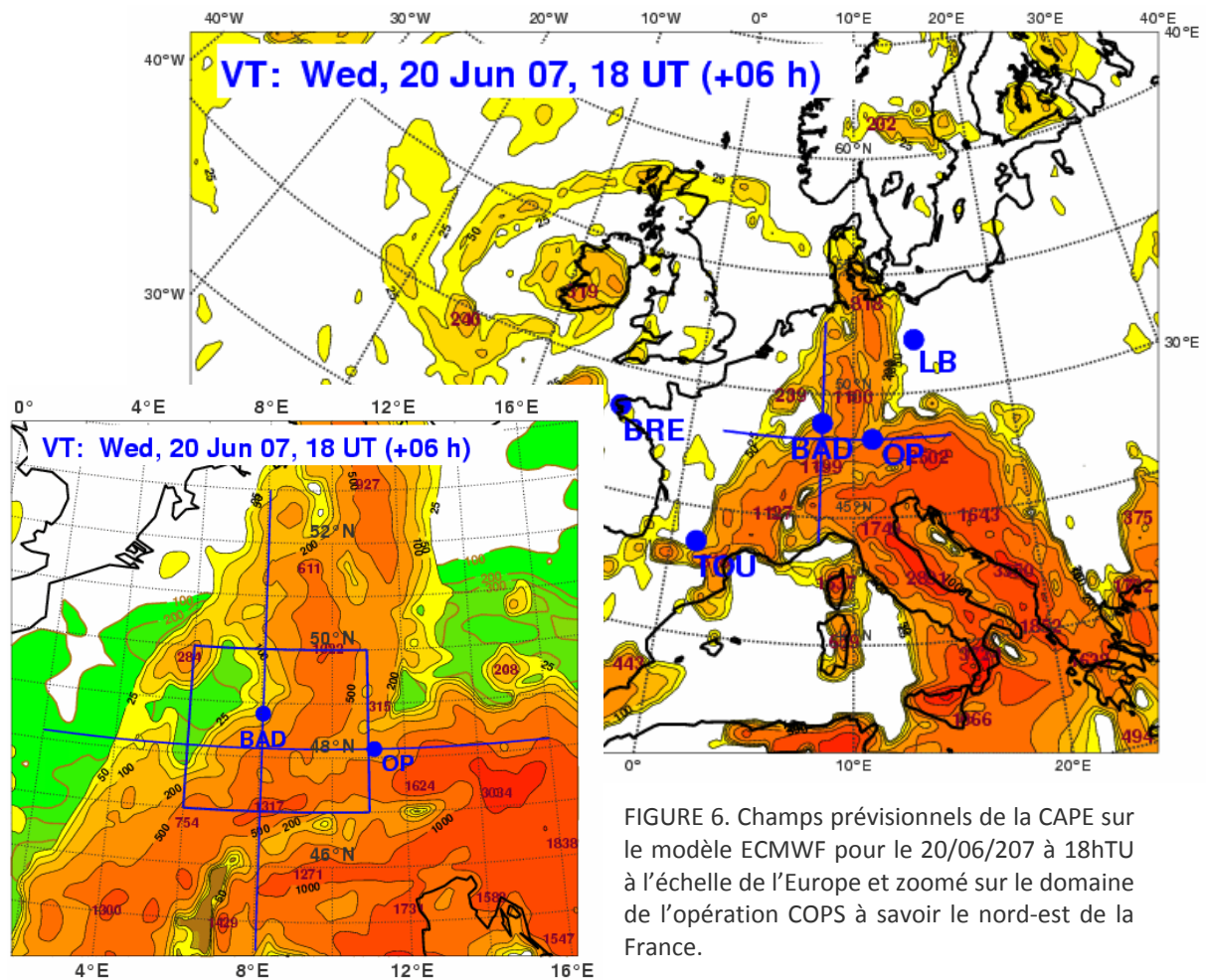


FIGURE 6. Champs prévisionnels de la CAPE sur le modèle ECMWF pour le 20/06/2007 à 18hTU à l'échelle de l'Europe et zoomé sur le domaine de l'opération COPS à savoir le nord-est de la France.

Les Radiosondages effectués à Burnhaupt (figure 7) le 20 juin 2007 à 14hTU et à 17hTU soit en pleine phase d'initiation et de maturité de l'orage indiquent que la plupart des indices de temps violent convectif dépassent les seuils critiques. Le **TT index** affiche une valeur de 50 proche des seuils favorables à des orages violents déterminés aux Etats-Unis. Cet indice est un bon indicateur des conditions d'instabilité entre 850 et 500hPa ainsi que des conditions d'humidité à 850hPa.

Formule du TT index :

$$\begin{aligned} \text{TT} &= \text{VT} + \text{CT} \\ \text{VT} &= T(850 \text{ mb}) - T(500 \text{ mb}) \\ \text{CT} &= T_d(850 \text{ mb}) - T(500 \text{ mb}) \end{aligned}$$

Avec T les températures à 850hPa et 500hPa et Td la température du point de rosée.

Le **K index** est un indice semblable au TT index mais ce dernier est plus sensible aux conditions d'humidité à 700hPa. De fait, il peut donner une bonne indication sur le potentiel pluvieux des orages. Sa formule, indiquée ci-dessous, intègre donc la température à 850hPa, la température du point de rosée à 850hPa, la température à 500hPa et la dépression du point de rosée au niveau 700hPa.

$$K = T(850 \text{ mb}) + Td(850 \text{ mb}) - T(500 \text{ mb}) - DD(700 \text{ mb})$$

Avec une valeur de 37°C mesurée à 17hTU, le K index indique un fort potentiel orageux, avec un risque significatif de très fortes précipitations.

Les profils réalisés à Burnhaupt mettent en évidence la distribution verticale favorable des conditions d'humidité et de vent au dessus du massif vosgien durant l'après midi du 20 juin 2007. On constate ainsi une accélération très progressive du vent en altitude (qui reste néanmoins relativement faible), toujours orienté de secteur Sud-Ouest. Dans le même temps, le vent reste très faible voire nul au sol et très variable avec un important cisaillement directionnel dans les 1000 premiers mètres. Enfin, on analysera la répartition verticale de l'humidité, caractéristique d'un profil à orage diluvien. En effet, on observe une advection d'air très sec à 600hPa qui se maintient durant tout l'après midi même si elle tend à s'atténuer à 17hTU. Dès 700hPa, les conditions deviennent nettement plus humides approchant la saturation vers 750hPa. Ce type de profil en « entonnoir » tend à accélérer les mouvements descendants au sein du cumulonimbus et suggère également la possibilité de micro-rafales humides. On notera également les valeurs élevées en CAPE, supérieures à 2000J/kg !

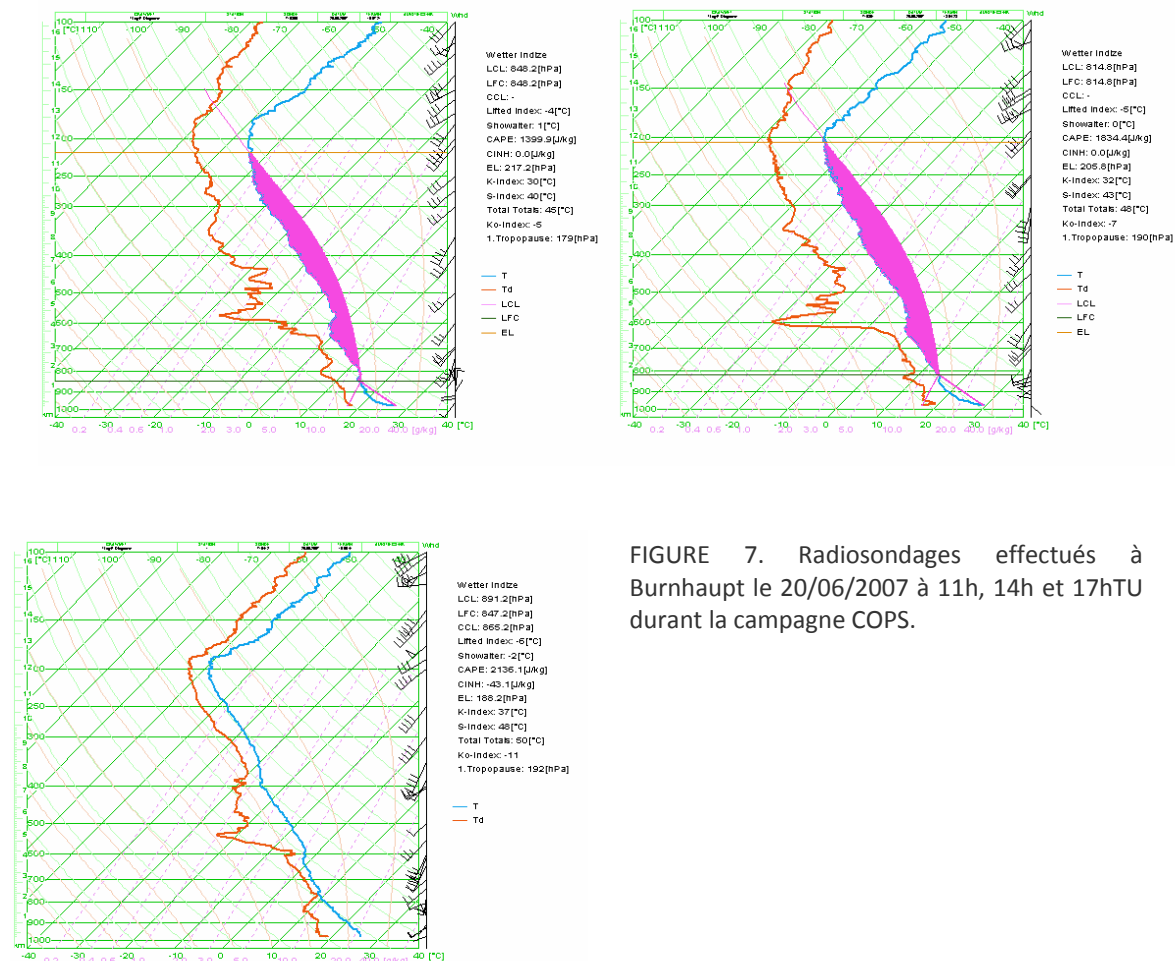


FIGURE 7. Radiosondages effectués à Burnhaupt le 20/06/2007 à 11h, 14h et 17hTU durant la campagne COPS.

EVOLUTION & COMPORTEMENT DE LA CONVECTION PAR SUIVI RADAR

L'après midi de ce 20 Juin est chaude et lourde en Alsace. Très vite, des nuages convectifs bourgeonnent sur l'ensemble du massif vosgien dès la mi-journée. Une première série d'averses et d'orages se développent sur les Vosges Haut-rhinoises puis progressent rapidement vers le Bas-Rhin. Relativement mobiles, ces orages ne génèrent pas de lames d'eau significative.

Vers 17h30, de nouvelles tours convectives bourgeonnent sur le massif du Tanet [1292m] puis y occasionnent une averse de plus en plus intense (figure 8a). La cellule convective s'étend rapidement sur le val d'Orbey (figure 8b) puis se divise (phénomène de storm-splitting). La cellule appelée moteur-gauche s'échappe alors en direction de la vallée de Ste Marie Aux Mines vers le nord-ouest tandis que la cellule moteur droit arrose déjà Kaysersberg avant de s'affaiblir assez rapidement sur le piémont (figure 8c).

Parallèlement, la convection profonde prend son point d'attache sur les massifs du Tanet et du Hohneck où une nouvelle cellule convective se met en place (figure 8d).

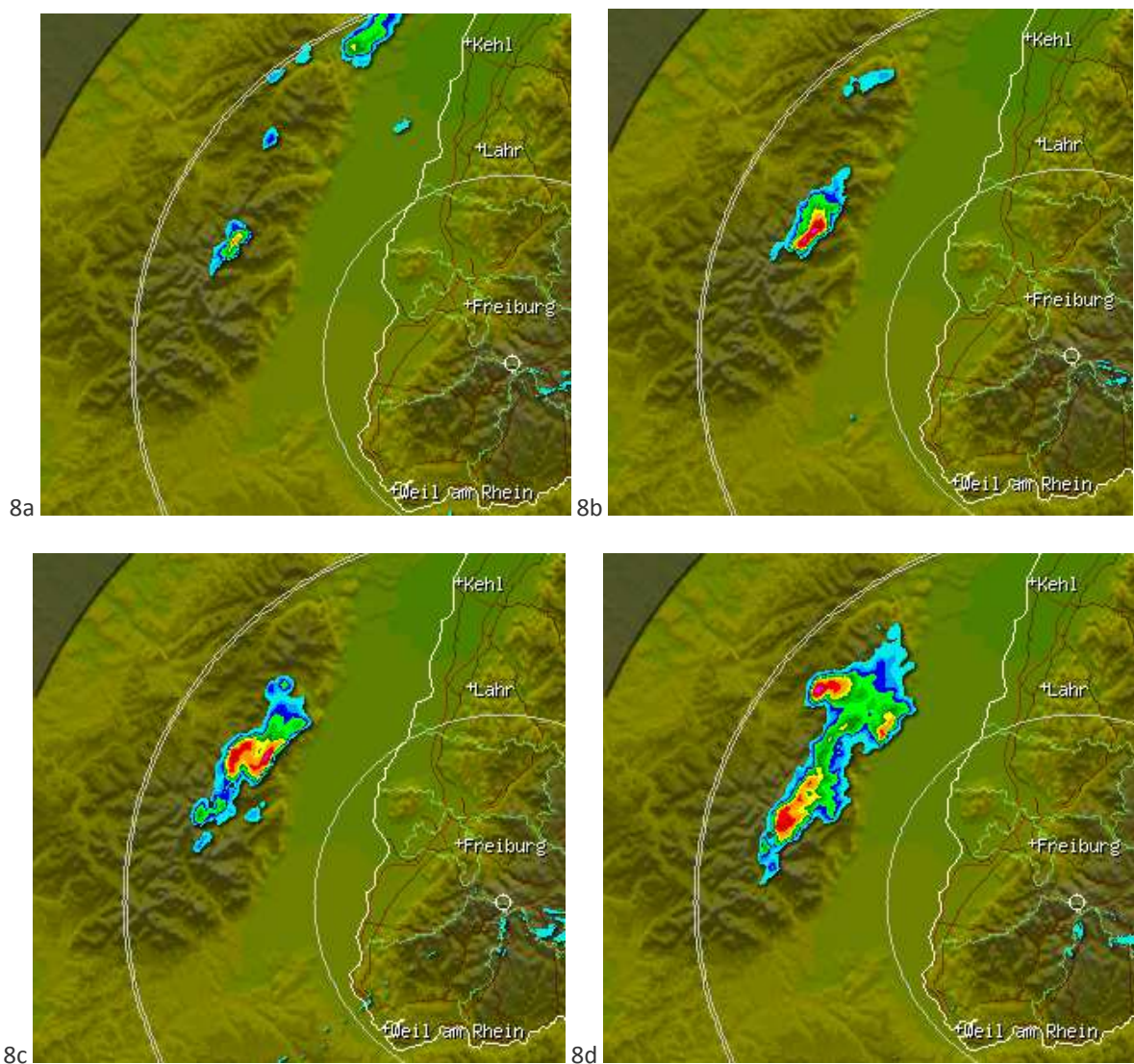


FIGURE 8a. Image radar doppler haute résolution du 20/06/2007 à 17h30 loc. FIGURE 8b. à 17h55 loc. FIGURE 8c. à 18h20 loc. et FIGURE 8d. à 18h45 loc. Les couleurs représentent les plages de réflectivités en DBZ. Les plus fortes pluies apparaissent en rouge.

Cette pointe d'alimentation va dès lors rester figée sur un périmètre de moins de 10km entre les massifs du Hohneck [1363m] à l'ouest, du Schnepfenried [1258m] au sud et du Petit Ballon [1272m] à l'est, et ce pendant plus de deux heures (figure 9).

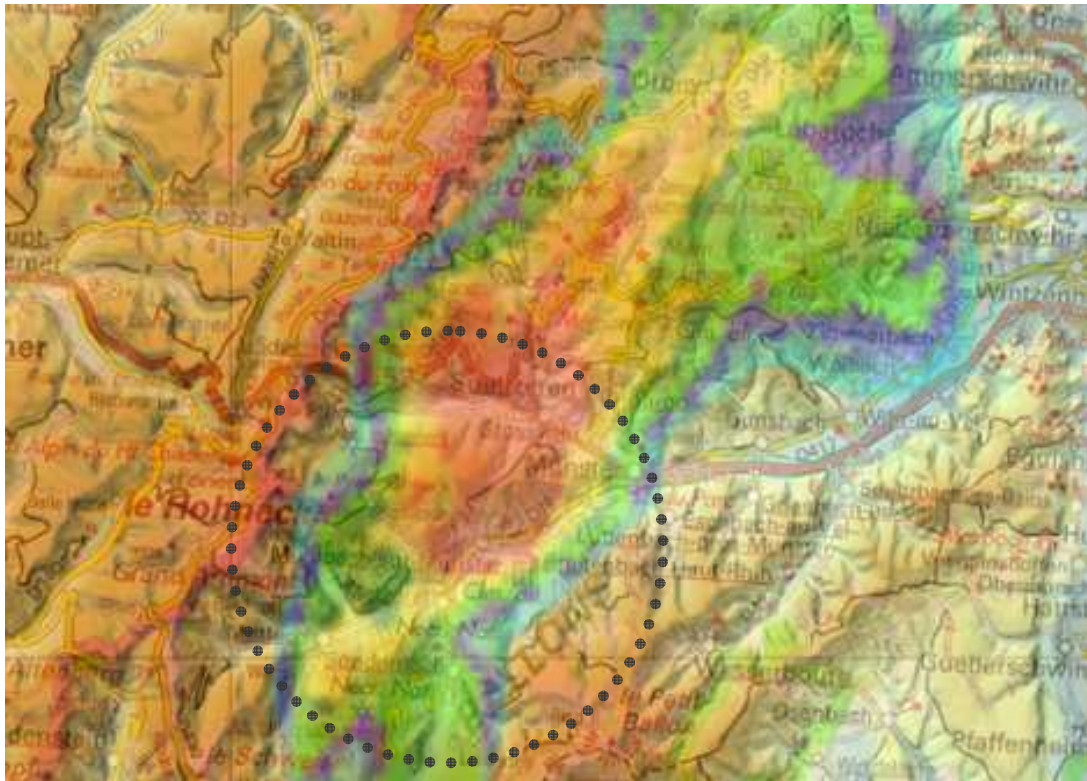


FIGURE 9. Superposition imagerie radar doppler haute résolution du 20/06/2007 à 18h50 et fond de carte IGN 1 :145989. Le cercle gris représente la zone d'alimentation du système orageux qui s'étend sur environ 6 à 8km de diamètre. Les plus fortes intensités se localisent sur la commune de Sultzeren puis s'étendent en direction du val d'Orbey et du canton de Kaysersberg.

Entre 18h50 et 19h40 loc., tout le secteur situé entre la vallée de la Weiss et la haute vallée de la Fecht est soumis à de violentes précipitations (figure 10a), souvent supérieures à 200mm/h (réflectivité de 50 à 60DBZ). Vers 19h30, les réflectivités les plus intenses parviennent jusqu'aux communes viticoles du piémont où elles se renforcent encore brusquement (figure 10b). Le passage à 63 DBZ (une valeur véritablement extrême dans nos régions) indique l'occurrence soudaine de grosse grêle sur ce secteur (figure 10c).

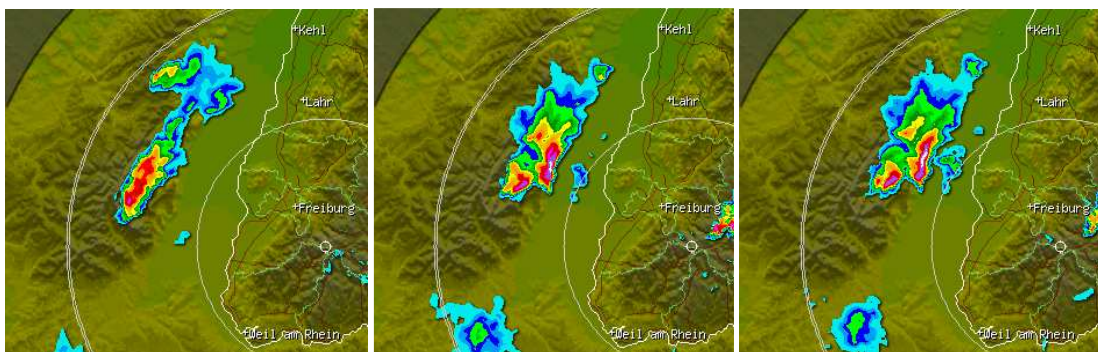


FIGURE 10a. Image radar doppler haute résolution du 20/06/2007 à 19h00 loc. FIGURE 10b. à 19h40 loc. et FIGURE 10c à 19h45 loc. Notons sur cette séquence qu'il continue de pleuvoir fortement sur la vallée de la Fecht avec une alimentation en pointe toujours parfaitement évidente et vigoureuse.

Les facteurs météorologiques ayant pu favoriser l'apparition de la grêle sur le piémont et la plaine demeurent inconnus. On peut néanmoins suggérer l'apport d'air très chaud et très humide en provenance de la plaine rhénane cette fois-ci, sur un secteur possiblement inhibé par la présence de CIN. Les courants ascendants émergeant sur le flanc du système ayant pu alors devenir particulièrement intenses. Après 20h00, une nouvelle pulsation se met en place par la pointe d'alimentation et de violentes pluies frappent à nouveau l'ensemble du bassin versant de la Weiss.(d'une superficie d'environ 169km²) (figure 11).

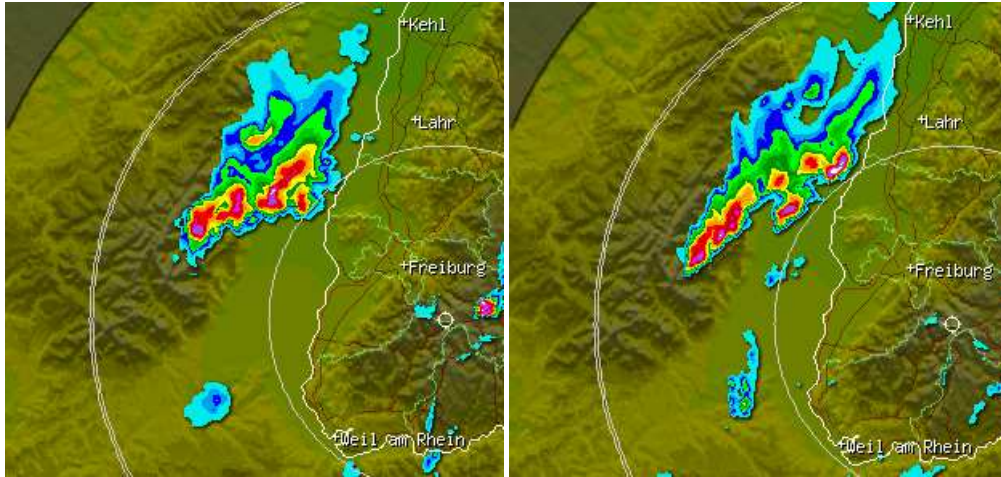


FIGURE 11. Images radar doppler haute résolution du 20/06/2007 à 20h00 et 20h25 loc. Le système orageux, bien que toujours durablement ancré sur les vallées de la Fecht et de la Weiss tend également à se multicellulariser sur la plaine d'Alsace au dessus du Ried Bas-rhinois.

Vers 20h40, des cellules orageuses commencent à se développer au dessus de la plaine Haut-rhinoise. Même si le système génère encore de violentes précipitations sur le Petit Ballon et sur les vallées de la Fecht et de la Weiss, il laisse néanmoins apparaître sur imagerie radar ses premiers signes d'essoufflement. La convergence localisée jusque là imperturbable semble en effet de plus en plus perturbée par des foyers orageux de plus en plus nombreux le long du Rhin. De plus, l'intensité du rayonnement a considérablement diminué depuis le milieu d'après midi et la situation en altitude tend à devenir plus dynamique. Les conditions deviennent alors beaucoup moins idéales au maintien d'une structure aussi stable. Les réflectivités s'affaiblissent en deçà de 40DBZ à partir de 21h30 et les dernières gouttes de pluie cessent de tomber sur la vallée de la Weiss vers 21h55 (figure 12). Les localités du secteur viennent alors de vivre plus de 4 heures d'orage en continu !

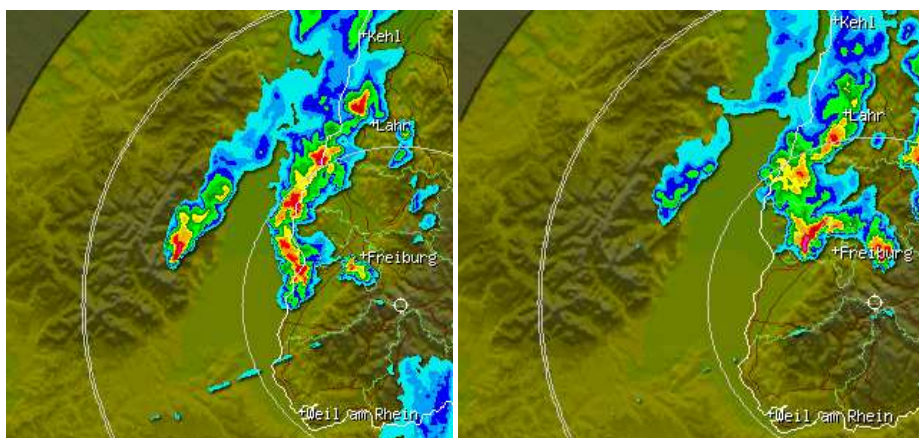


FIGURE 12. Images radar doppler haute résolution du 20/06/2007 à 21h15 loc. et 21h40 loc. Affaiblissement et dissipation du système orageux vosgien.

CUMULS PLUVIOMETRIQUES

Durant tout ce laps de temps, approximativement de 17h30 à 21h50, l'orage génère une **lame d'eau voisine de 100 mm sur le bassin versant de la Weiss, de la Fecht et du Walbach**. On relève **96.5mm aux Trois-Epis** dont 71 mm/3Hrs, **92mm à Kayersberg**, **82.7 mm à Munster** dont 45 mm/1Hr, **79mm à Orbey** et 60mm à Aubure. Il est néanmoins fortement probable que la lame d'eau ait pu dépasser localement 120 à 150mm. Les précipitations finissent ensuite par atteindre le piémont viticole d'Ammerschwihr et Bennwihr sous la forme d'une violente averse de grosse grêle. Les grêlons font parfois 3 à 4cm de diamètre.

REACTIONS HYDROLOGIQUES & DOMMAGES

Les réactions hydrologiques générées au cours de cet épisode sont significatives. En effet, le **débit instantané maximal observé à Kayersberg sur la Weiss a atteint 30.8m³/s à 19h30**. Ce qui en fait, encore aujourd'hui 12 avril 2013, le débit maximal observé à la station. Néanmoins, cette valeur est à relativiser car la station n'a été mise en service qu'en 2006. Notons que le débit maximal instantané jamais observé depuis le début des mesures à Kayersberg est de 54m³/s lors des crues du 15 février 1990 (mesures de l'ancienne station située plus en amont).

Si dans l'absolu ces valeurs ne sont donc probablement pas historiques, il est à noter que la Weiss était plus ou moins en situation d'étiage estival avant l'orage, loin des débits moyens observés en hiver. On observe ainsi un débit moyen d'1,8m³/s en Juin contre 4,1m³/s de moyenne en Février. La capacité à avoir pu générer une crue d'une ampleur aussi remarquable en plein été témoigne donc des quantités de pluies colossales tombées en seulement 3heures. La réaction hydrologique est également particulièrement rapide puisque le pic de crue intervient dès 19h30 alors que l'orage stationne encore sur le bassin versant. Notons également que le bassin versant reste assez peu urbanisé et très majoritairement occupé par le couvert forestier et les prairies. Là encore, les capacités d'interception par la végétation relativement importantes du bassin versant tendent à mettre en évidence le caractère exceptionnel des précipitations.

Le Walbach a également très fortement réagit, au point de détruire totalement la RD 11 entre Ammerchwihr et Labaroche, piégeant une dizaine d'automobilistes (figure 13).



FIGURE 13. La RD 11 pendant l'orage le 20/06/2007 à gauche (photo : L'Alsace) et quelques jours plus tard à droite (source : site officiel de Labaroche).

Enfin, sur les pentes du piémont viticole, les coulées de boues ont été inévitables au passage de l'orage. La commune de Bennwihr a été la plus touchée. Les dégâts agricoles sur les vignes causés par la grêle sont parfois très importants (certaines parcelles ont été détruites à quasi 100%) (figure 14).

CONCLUSIONS

Cet article tient d'abord à rappeler le danger que peuvent revêtir certains orages, y compris en Alsace ou dans les Vosges. Les phénomènes météorologiques n'y sont pas moins extrêmes qu'ailleurs, bien au contraire. En analysant très précisément les conditions météorologiques du jour, cette étude de cas permet également de poser des premiers repères prévisionnels en matière de détection de situations à risque d'orages diluviens stationnaires sur les reliefs de l'Est de la France. Malgré les données climatologiques disponibles sur les lames d'eau dites extrêmes (supérieures à 80mm/24Hrs), ces dernières n'ont pas encore été discriminées par type d'épisode météorologique. Il est alors encore très difficile d'estimer une fréquence climatologique de tels orages à l'échelle du massif vosgien. Cette étude de cas vient donc apporter des premiers éléments dans cette ébauche climatologique inédite menée actuellement par ATMO-RISK. Enfin, elle démontre le précieux apport d'outils de suivi performants et précis qui ont été mis à contribution durant la campagne COPS.



FIGURE 14. Grêlons ramassés à Bennwihr le 20 Juin 2007. © Julien SCHMITT

REFERENCES

Toutes les données fournies dans cette études et bien d'autres sont disponibles sur le site de la campagne COPS à l'adresse suivante : <http://www.cops2007.de/> (page consultée le 13/04/2013).

Soubeyrou J-M., 2012. Climatologie des épisodes pluvieux extrêmes en France. Météo - Le magazine N°14 pp22-25.

© Christophe MERTZ – ATMO-RISK – *Tous droits réservés. Reproduction interdite, même partiellement.*

Avril 2013