

Les inondations azuréennes du 3 octobre 2015 : une catastrophe annoncée? Premières considérations.

Pierre CARREGA

Professeur émérite à l'université Nice-Sophia Antipolis
carrega@unice.fr

Dans la soirée du 3 octobre de très fortes pluies ont balayé la Provence d'Ouest en Est en s'intensifiant sur le littoral azuréen dont la partie occidentale, surtout entre Villeneuve-Loubet et Mandelieu a été recouverte par les eaux, avec un bilan humain très lourd (20 morts et 2 disparus à l'heure actuelle) et des dégâts phénoménaux.

Evidemment les réflexes habituels surgissent de toutes parts, à la recherche des responsables, se demandant si c'était évitable et si cela ne risque pas de se reproduire.

Ce triste bilan est en fait la partie émergée d'un iceberg, un résultat d'une série de phénomènes et de conditions dont la combinaison a abouti à ce désastre, et une grille de lecture est plus que jamais nécessaire pour comprendre le cheminement de l'eau depuis son nuage jusqu'à la mer, et l'enchaînement des événements, au sens propre et figuré.

Les risques dits naturels auxquels appartiennent les inondations peuvent être décomposés en aléa, susceptibilité et vulnérabilité.

L'aléa est ici non pas la crue, mais la pluie sans laquelle il n'y aurait pas eu de crue. Il faut donc l'étudier en détail puisqu'il est la source, la cause génétique des inondations.

La susceptibilité du milieu environnant va conditionner la prise en charge des gouttes d'eau tombées au sol : plus ce dernier est imperméable, plus le ruissellement en surface augmente, ce qui accroît le volume d'eau à écouler. Ce potentiel dépend de nombreux facteurs comme la pente qui accélère la vitesse d'écoulement ; la nature géologique du sol et son mode d'occupation : la texture, et la structure de la terre végétale et de la roche favorisant l'infiltration (calcaire, sable) ou non (argiles, béton, goudron) ; la végétation du sol qui exerce un effet de rétention de l'eau et freine l'écoulement d'autant plus qu'elle est dense, etc.

Un autre point important est également la structure du réseau hydrographique, plus ou moins hiérarchisé, faisant plus ou moins converger divers affluents vers un même lieu ou au contraire étalant les apports. Un point capital est aussi de savoir si cette pluie se répartit sur un ou plusieurs bassins-versants, ce qui concentrera toute l'eau en écoulement vers un, ou plusieurs exutoires : une averse de 150 mm soit 150 litres/m², sur une surface de 100 km² (cent millions de m²) produit donc 15 milliards de litres (15 millions de m³) qui doivent s'infiltrer ou ruisseler, vers un, ou plusieurs exutoires, ce qui se traduit très différemment dans les hauteurs d'eau...En fonction de cette susceptibilité le débit des cours d'eau augmente, le niveau de l'eau monte plus ou moins, pour une même averse.

Les dégâts vont être liés aux caractéristiques de la crue ET à la vulnérabilité du lieu affecté : celle-ci comprend les enjeux (densités humaines, constructions humaines, véhicules, tous objets créés par l'homme) et l'ensemble des moyens de lutte contre la crue (systèmes d'alerte, de prévention, éducation aux risques, digues, bassins de rétention...) mis en œuvre pour que son passage soit le moins douloureux possible.

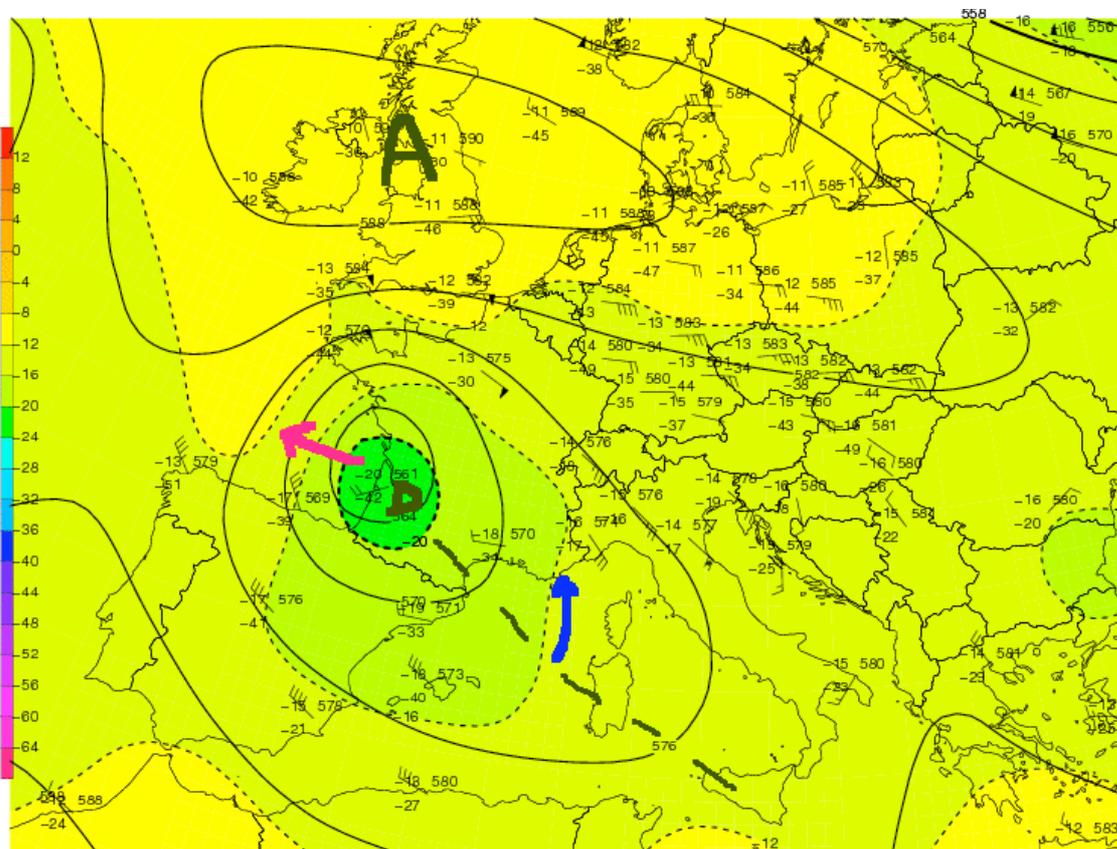
Nous tentons, encore un peu « à chaud », d'analyser cet événement en insistant sur ses composantes, en particulier sur l'aléa, qui semble particulièrement extraordinaire

pour la région affectée au sens où on ne trouve pas de cas équivalent depuis la moitié du XXème siècle, période de début d'installation des postes météorologiques.

1- L'Aléa : mécanismes atmosphériques et pluviométrie résultante.

La situation météorologique du samedi 3 en soirée ressemble à celle de nombreux autres cas : approche d'un talweg froid par l'ouest, avec une alimentation chaude et humide en basses couches, dans un contexte automnal associant de l'air méditerranéen encore chaud et humide et une reprise de circulation atmosphérique dynamique après la pause estivale

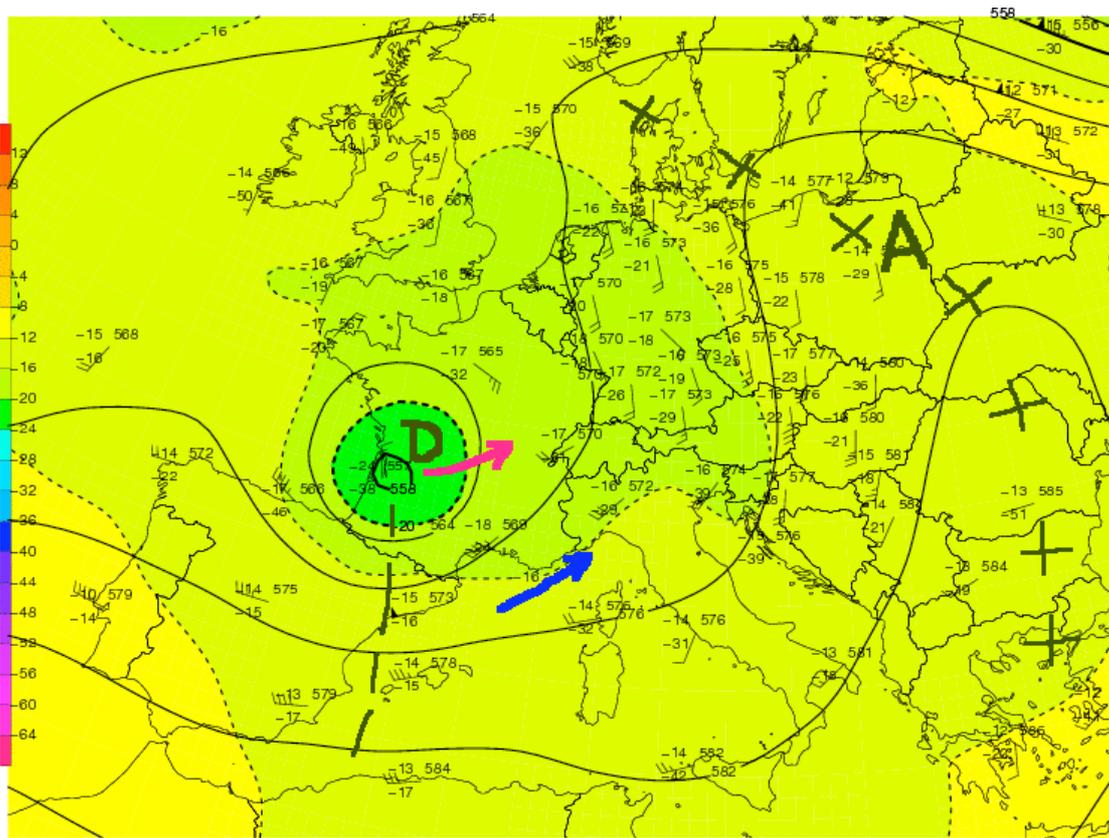
Plus original, ce talweg est en fait une ancienne goutte froide ayant migré en sens inverse de l'habitude, d'Est en Ouest, sur le flanc sud du puissant anticyclone recouvrant le nord de l'Europe, puis repartant vers l'Est (fig1).



500 hPa temp./geop.h plot/151002/0000 <http://meteocentre.com/to ulo use/>

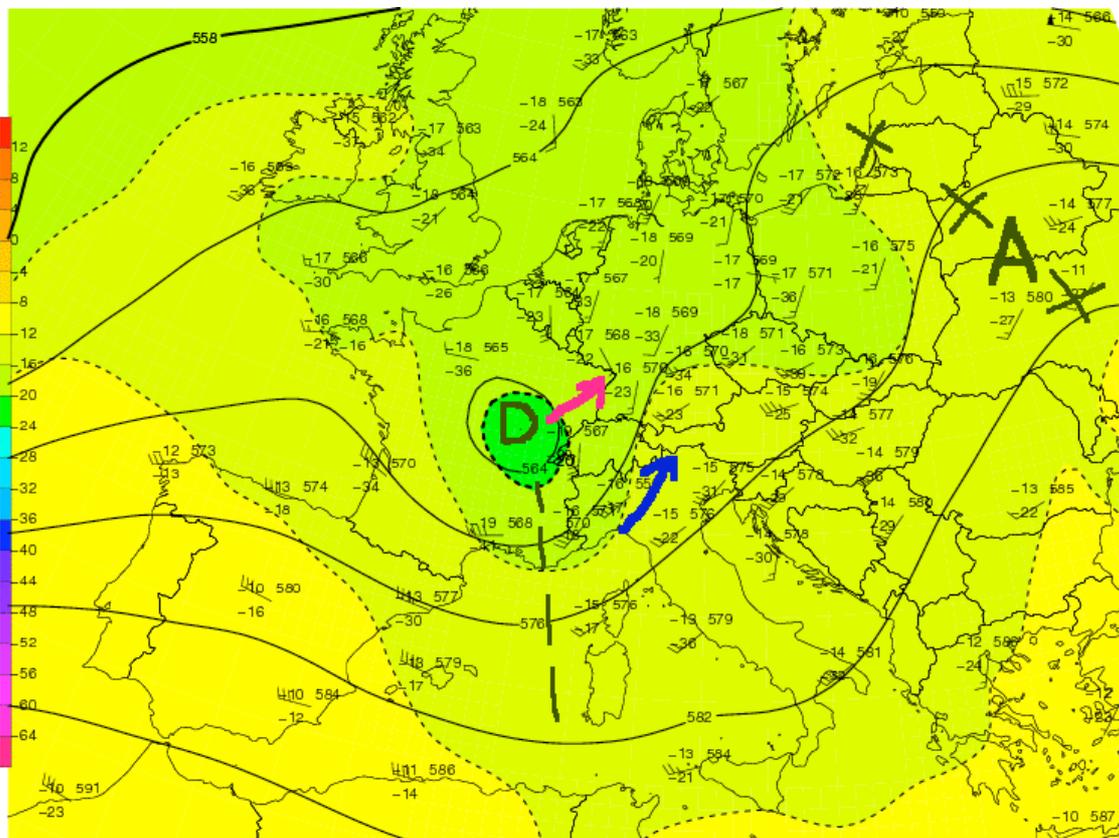
Figure 1. Géopotential 500 hPa à 00h, le 2 octobre 2015. Flèche rouge : déplacement de la goutte froide. Flèche bleue : direction du flux vers 5700 m d'altitude. Source : Météocentre.

Ce point est très important, car le cyclonisme, et donc la force de soulèvement massif de l'air attaché à ce talweg, a provoqué deux épisodes pluvieux distincts mais proches dans le temps : le premier dans un flux de SE (passage de la goutte froide plus au nord, se décalant vers l'ouest) pendant toute la journée du vendredi 2, le second dans un flux de SW lorsque ce relativement bas géopotential repasse d'ouest en est, en soirée du 3 (fig 2 et fig 3).



500 hPa temp./geop.h plot'151003/1200 <http://meteocentre.com/toulouse/>

Figure 2. Géopotential 500 hPa à 12h, le 3 octobre 2015. Flèche rouge : déplacement de la goutte froide. Flèche bleue : direction du flux. Source : Météocentre.



500 hPa temp./geop.h plot'151004/0000 <http://meteocentre.com/toulouse/>

Figure 3. Géopotential 500 hPa à 24h, le 3 octobre 2015. Flèche rouge : déplacement de la goutte froide. Flèche bleue : direction du flux. Source : Météocentre.

Cette journée du 2 octobre semble bien peu évoquée sinon ignorée par les commentateurs de l'épisode du 3, pourtant, c'est elle qui va saturer le sol, avec des cumuls en soirée du 2 atteignant 80-100mm : 91 mm à Vence ; 96 mm à Nice-Carlone, station du campus universitaire Carlone à l'ouest de Nice ; 84 mm à Cannes), ce qui est loin d'être dérisoire.

Le 3 octobre la nouvelle perturbation traverse lentement la moitié sud de la France, arrosant inégalement les Cévennes et la vallée du Rhône placées en vigilance orange par MétéoFrance (MF), avant le Var et les Alpes-Maritimes (fig 4).

Sur le pays, et même dans le Sud-est, le gradient de pression est faible en surface avec un flux de SE sur la Provence à l'avant du talweg centré sur la vallée du Rhône à 18h TU (20h locales).

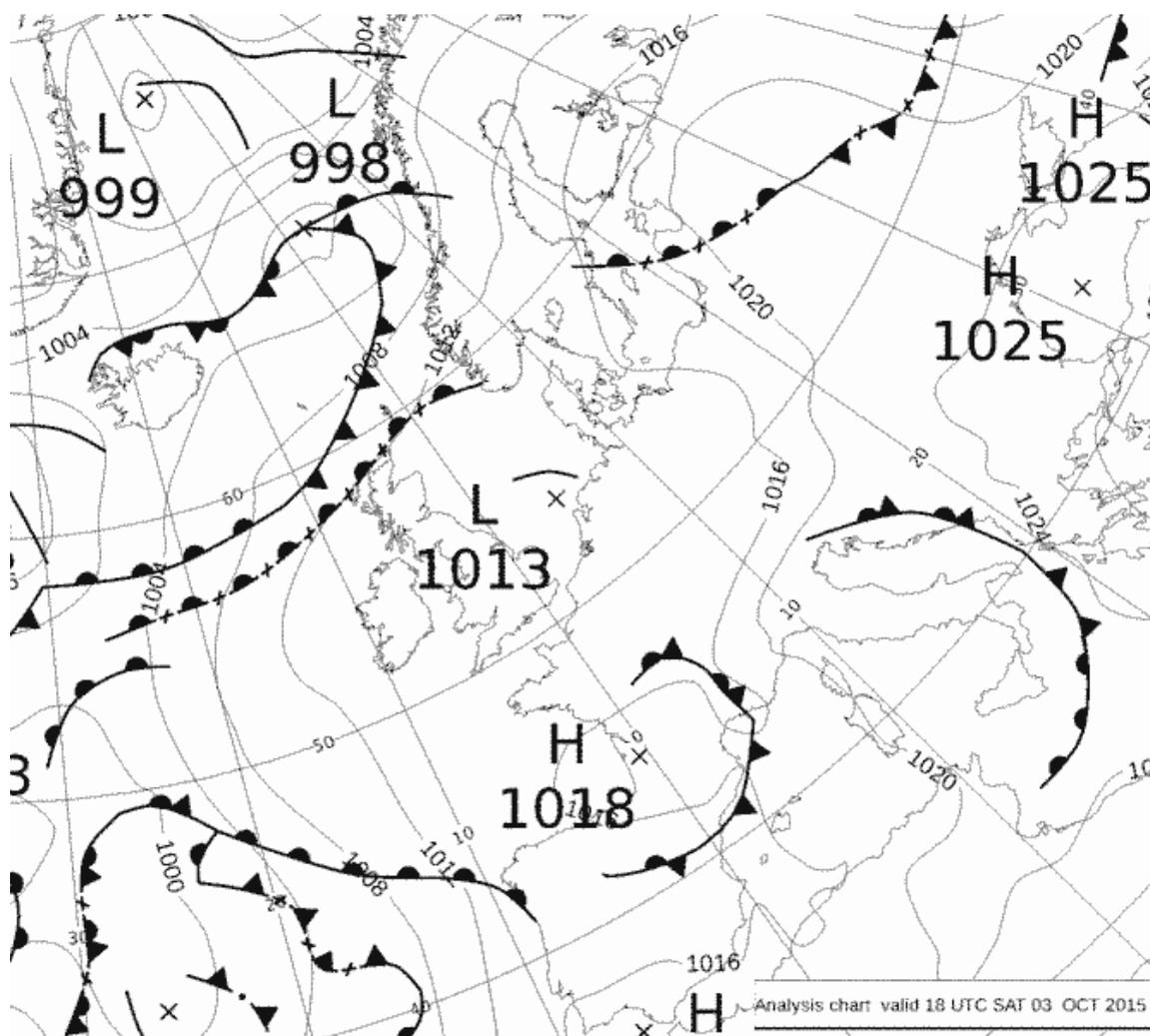


Figure 4. Situation en surface à 20h locales, le 3 octobre 2015. Source : Bracknell, Metoffice.

Mais la carte plus précise des isobares à 19h TU, donc en plein orage sur l'ouest de la Côte d'Azur montre un gradient de surface localement plus fort et donc une probable convergence forte en basses couches, par flux général de Sud à Sud-Est, lequel est localement remplacé par un flux de Nord soit par l'orage en cours, soit rejeté en altitude par la brise de terre comme à Nice (fig 5).

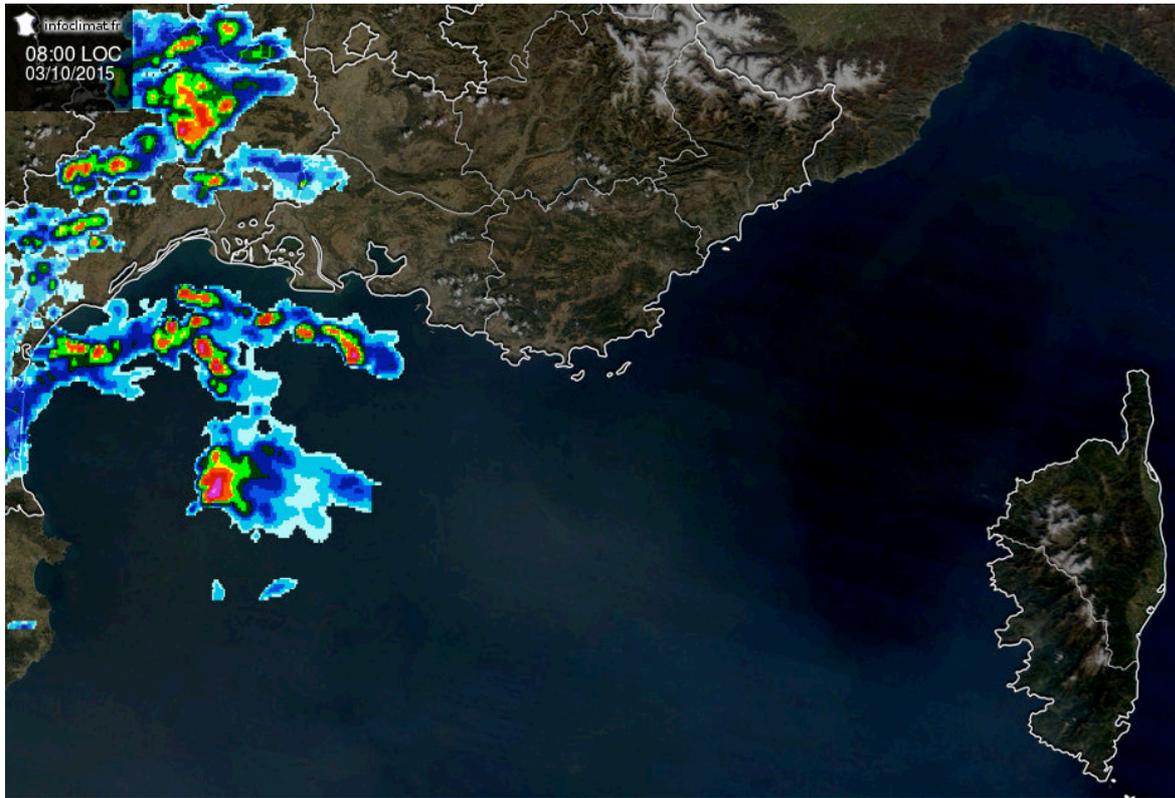


Figure 6. Image radar des précipitations instantanées à 8h00 locales, le 3 octobre. Source : Infoclimat.

A 13h locales, l'agglomérat de cellules a atteint l'Est de la Provence, mais les intensités maximales très impressionnantes (plusieurs centaines de mm/heure) concernent surtout la Camargue.

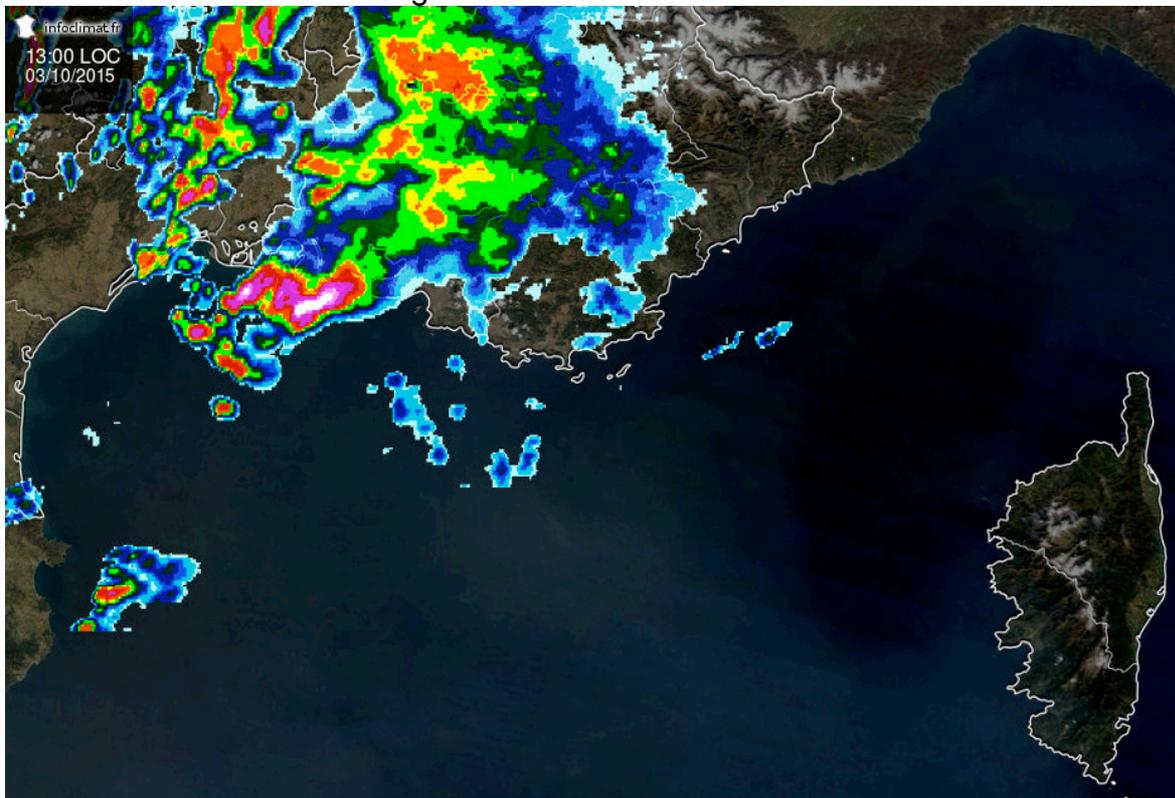


Figure 7. Image radar des précipitations instantanées à 13h00 locales, le 3 octobre. Source : Infoclimat.

A 17h locales, quelques faibles écharpes pluvieuses ont déjà traversé les Alpes-Maritimes, plutôt en montagne, et l'axe pluvieux majeur est encore loin, sur l'ouest des Bouches du Rhône et le Vaucluse (d'où les 96 mm d'Avignon). On note une montée en puissance de cellules sur l'ouest du Var, près de la côte, et en amont de l'axe principal.

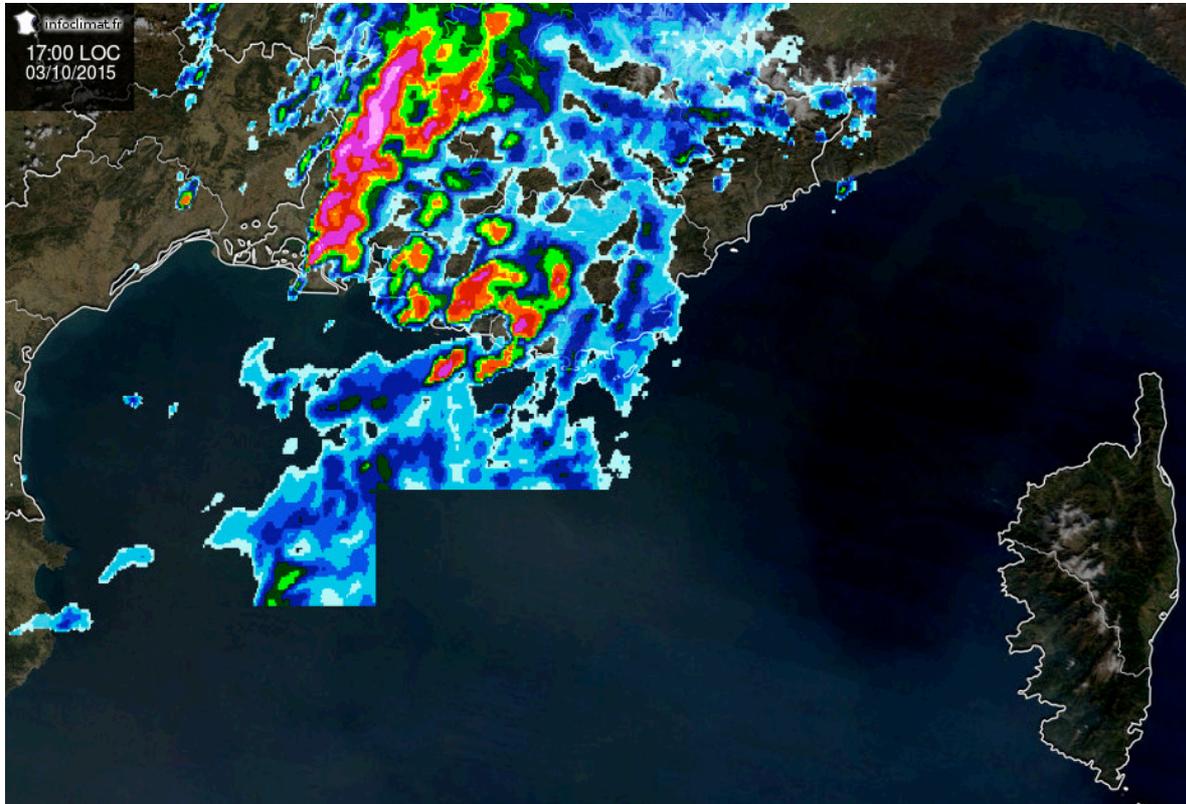


Figure 8. Image radar des précipitations instantanées à 17h00 locales, le 3 octobre. Source : Infoclimat.

A 19h locales, ces cellules secondaires se sont bien décalées vers l'est (les Maures) fusionnant en une grosse cellule étendue et intense, tandis qu'une pluie faible a atteint la frontière italienne (fig 9). Les pluies intenses débutent peu avant 20h00 sur la région de Mandelieu, tandis qu'il pleut déjà vigoureusement aussi, sous des cellules traversant le centre montagneux des Alpes-Maritimes et sur les Préalpes de Grasse.

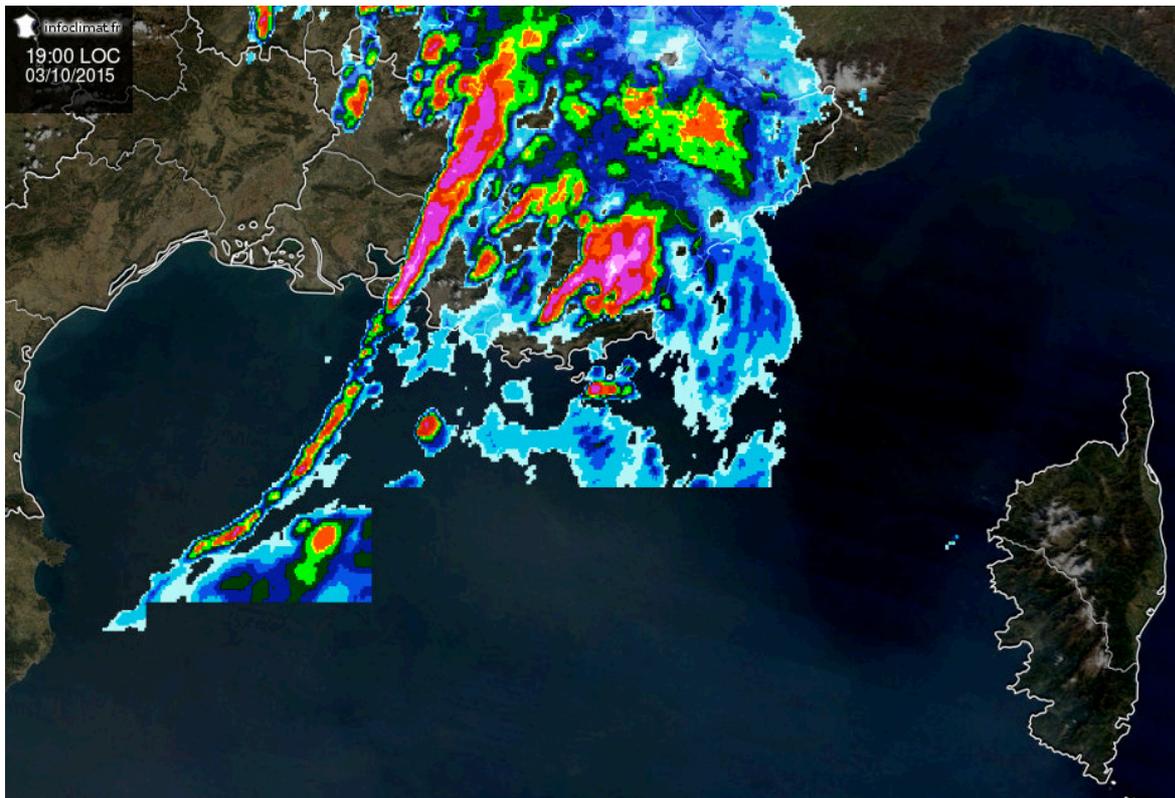


Figure 9. Image radar des précipitations instantanées à 19h00 locales, le 3 octobre. Source : Infoclimat.

A 20h les pluies très intenses s'installent sur le sud-ouest du département 06 (AM).

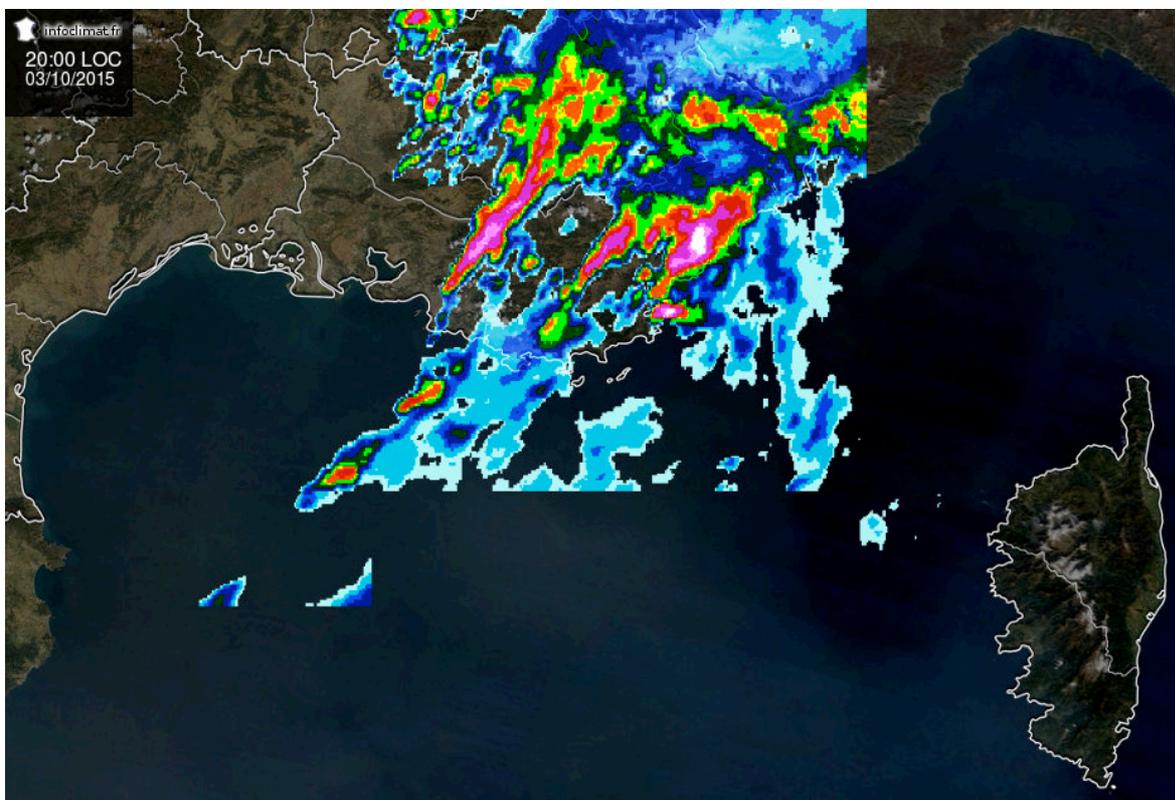


Figure 10. Image radar des précipitations instantanées à 20h00 locales, le 3 octobre. Source : Infoclimat.

A 20h45 locales cette cellule très intense concerne toujours le sud-ouest des AM, et s'est allongée en une bande de plus de 70 km, du nord de St Tropez jusqu'à la Tinée, avec un maximum entre l'Estérel et les Baous (fig11).

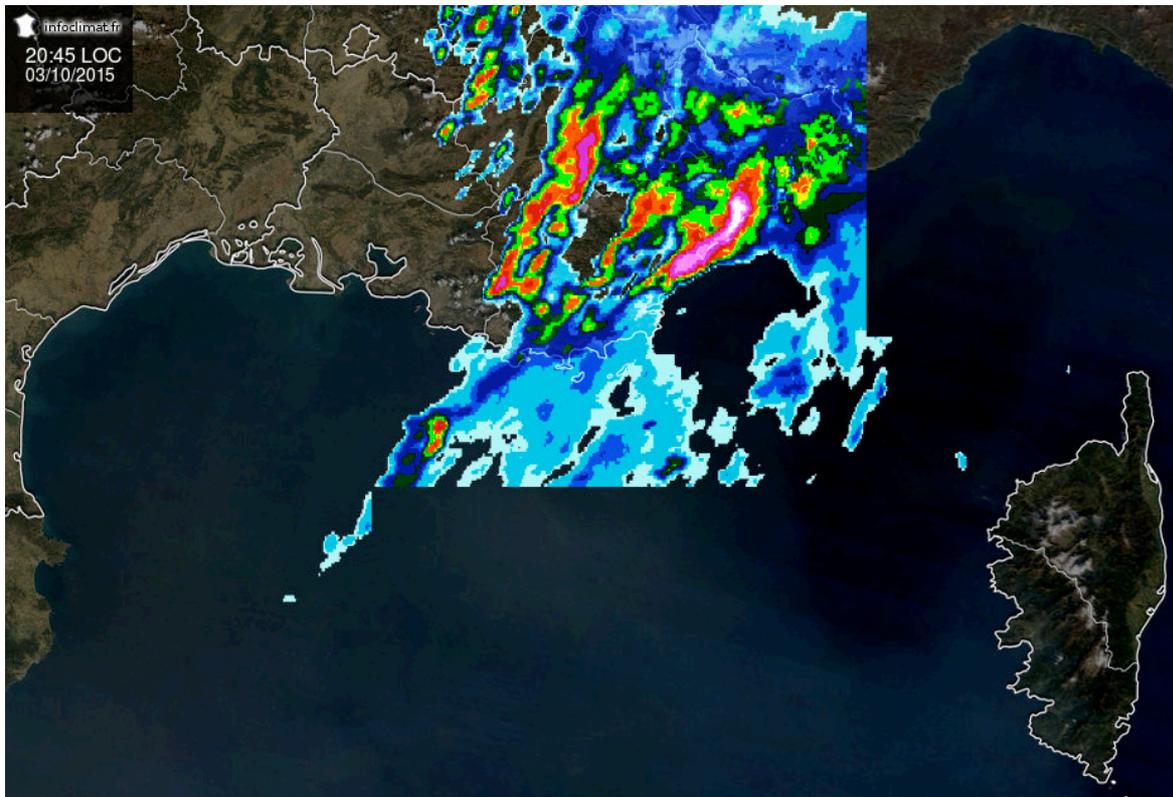


Figure 11. Image radar des précipitations instantanées à 20h45 locales, le 3 octobre.
Source : Infoclimat.

Ce n'est qu'à 22h00 que le temps s'éclaircit à Cannes tandis que la cellule se décale vers l'est en perdant de l'intensité.

Au total la bande perturbée s'est décalée vers l'Est tout en se régénérant localement sur le littoral ouest des AM qui a été soumis pendant environ 2 heures à un « déluge » accompagné localement de grêle, avec une forte activité orageuse (fig 12).

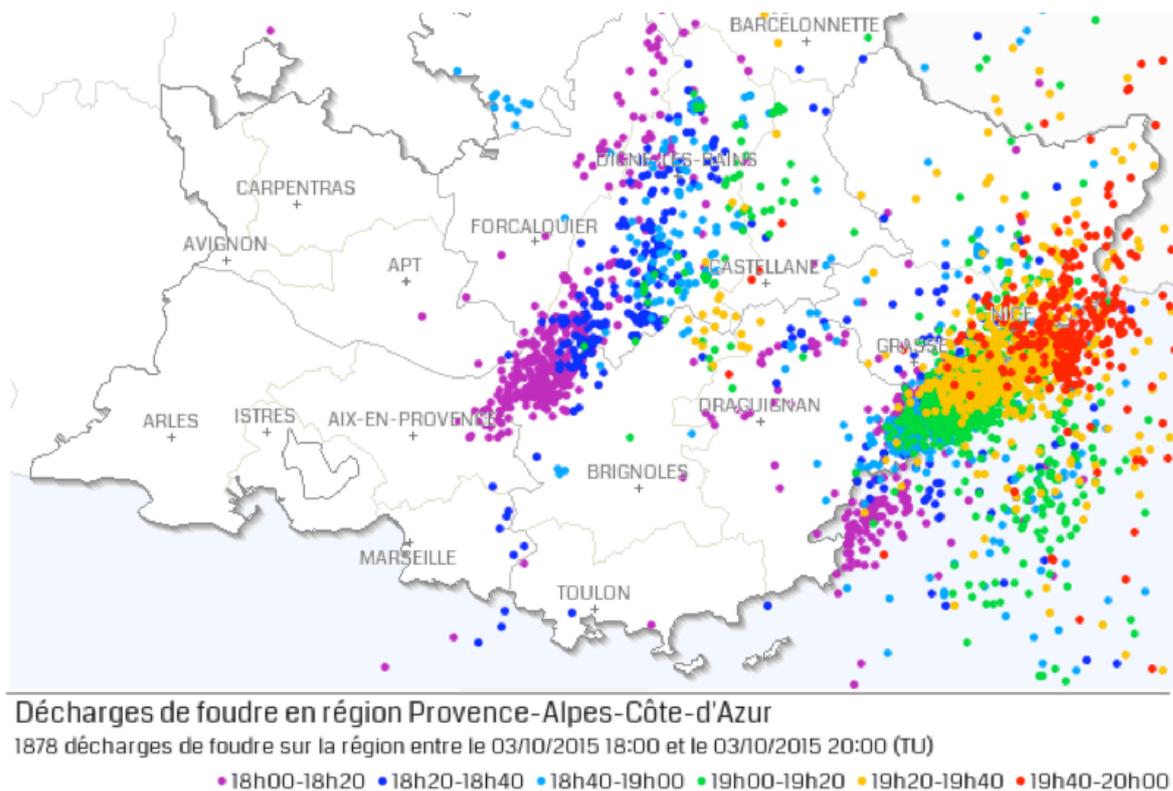


Figure 12. Impacts de foudre entre 20h00 et 22h00 locales sur la région. Source : Keraunos.

L'épicentre des pluies a longtemps concerné ce secteur d'où les cumuls impressionnants en quelques heures pour cet épisode du 3 octobre en soirée ayant débordé d'une ou deux heures sur la journée suivante du 4 :

Selon MétéoSudest, l'épisode a donné 196 mm à Cannes, 159 mm à Mandelieu la Napoule, 128 mm à Antibes, 109 mm à Nice-aéroport, 107 mm à Valbonne. La station personnelle de Vence, située en bordure nord de l'épicentre a enregistré 83 mm, celle de Nice-Carlone, 100 mm.

Keraunos a proposé dès le 4 octobre une première carte des pluies illustrant bien le problème de la spatialisation (fig13) : on distingue la partie ouest des Bouches du Rhône et le Vaucluse, les premiers arrosés chronologiquement, avec 96 mm à Avignon, et 97 à Carpentras.

Le Var littoral a reçu peu d'eau (sauf l'extrême est) mais davantage au centre, avec 55 mm à Brignoles. L'arrière-pays des AM a été épargné mais la moitié sud est fortement arrosée (50-100 mm), tandis qu'une bande littorale de 45 km de long sur 8 à 10 km de profondeur a reçu plus de 100 mm et jusqu'à 200mm.

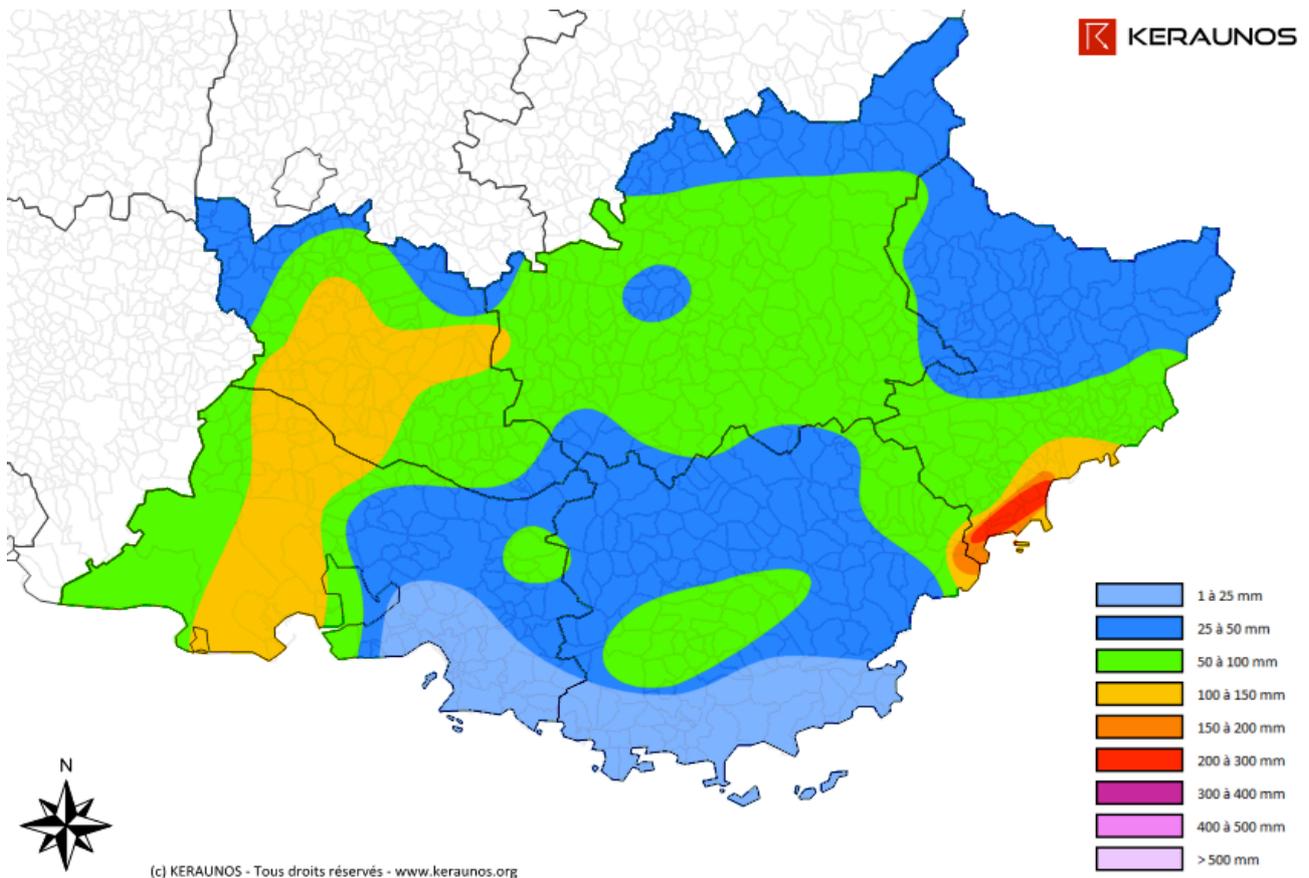


Figure 13. Cartographie des précipitations du 3 octobre 2015 sur la région PACA. Par Keraunos.

Une grave erreur serait de ne prendre en compte que ces valeurs du 3 octobre car elles sont venues se cumuler à celles, importantes de la veille : les pluies du 2 octobre qui ont duré toute la journée n'ont pas été intenses et ont donc eu le temps de s'infiltrer et de saturer le sol. Ceci est capital en terme de susceptibilité (voir plus loin).

Ainsi, selon les données MF téléchargeables à Météociel, entre le 1^{er} octobre à 22h locales et le 4 octobre à 1h locale (deux épisodes distincts), c'est 282,6mm qui ont été précipités (2 + 84 + 179,6 + 17) à Cannes !

A Nice-aéroport, 203,2mm (2,4 + 89,8 + 96,2 + 14,8), à Nice-Carlone 195 mm, et à Vence 174 mm.

On constate aussi des intensités extraordinaires :

15,8 mm en 5 minutes à la station de Nice-Carlone (21h40), 23 mm en 10 minutes, et 29,4 mm en 15 minutes ! ce qui est corroboré par les 21,6 mm en 6 minutes à Nice-aéroport (selon Infoclimat).

Et à Cannes (MF) 17,8 mm en 6 minutes, 43,8 mm en 18 minutes, 68,8 mm en 30 minutes, 109 mm en 1 heure, et 175 mm en 2 heures, d'après InfoClimat....

Se pose évidemment la question de la cause de telles valeurs de cumul et d'intensité.

A priori trois éléments se sont combinés :

- une bonne disponibilité de vapeur d'eau qui est la matière première de la pluie. En surface, sur le littoral la température du point de rosée (td) qui traduit l'humidité absolue (puisque fonctionnellement liée à la tension de vapeur ou au rapport de mélange) oscille entre 15 et 18° (fig 5). On retrouve une forte humidité en altitude

avec un td de 10° environ à 850 hPa (1500m environ) et encore -1° à 700 hPa (3000m). Le modèle Arome de MF donne de fortes quantités d'eau précipitable (36 mm, voire plus) ce qui est beaucoup, car bien plus qu'un stock d'eau, un cumulonimbus est une pompe qui aspire de la vapeur et produit pluie ou grêle. Or même très puissante, une pompe contient peu d'eau, mais en fait transiter beaucoup...

- De très vigoureuses ascendances de l'air jusqu'à de très hautes altitudes : d'après Keraunos, le sommet du cumulonimbus a atteint une température (exceptionnelle) de -68°C (fig 14).

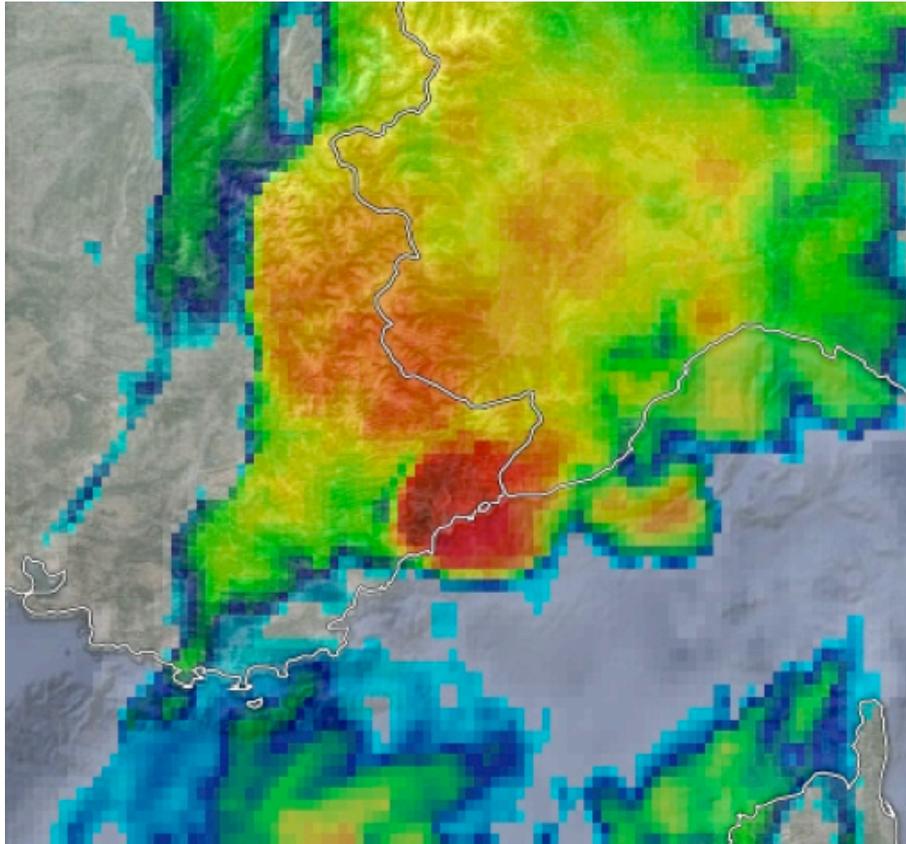


Figure 14. « Image satellite thermique du système orageux qui a frappé la Côte d'Azur, par Keraunos » (citation intégrale).

Le rouge foncé est le plus froid donc le plus haut, formant un arc de cercle centré sur Cannes où se trouve probablement la convection maximale (orage en U).

Ces ascendances sont très fortes comme indiqué par le modèle Arome de MF (fig 15). La « bulle » de soulèvement maximal est bien centrée à 20h00 locales sur le Sud-ouest des AM, avec des vitesses inconnues car totalement hors norme d'après la légende (bien au-delà de -180 hPa/heure), or ce modèle bien que paraissant le moins erroné, a pourtant nettement sous-estimé l'averse (voir plus loin). Les vitesses verticales vraies sont donc probablement encore plus fortes...

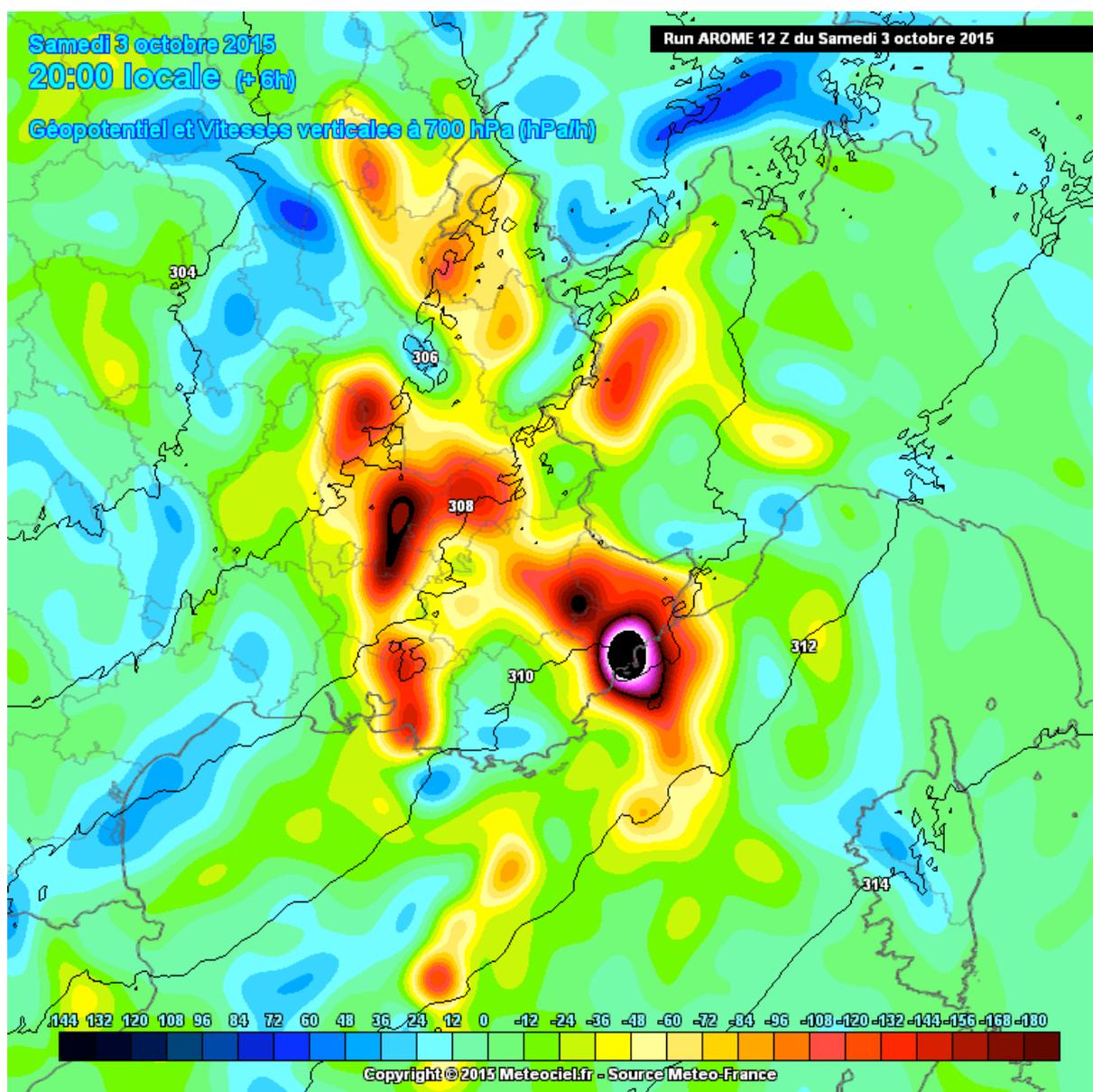


Figure 15. Vitesses verticales de l'air à 700 hPa exprimées en hPa/heure : l'air ascendant perd de la pression d'où les valeurs négatives qui lui sont associées. Modèle Arome MF. Source : Météociel.

Ces ascendances exceptionnelles sont liées à :

* un cyclonisme très fort, voire exceptionnel, capable de soulever en masse, et violemment cet air humide.

Différents indicateurs le suggèrent, comme la présence d'un jet stream d'altitude assez rapide (60-70 noeuds le 3 octobre pour Nîmes à 250 hPa (environ 10500m d'altitude), et 100 noeuds le soir pour Cuneo) et l'existence d'une diffuence très marquée en altitude sur le Sud-est de la France, ce qui favorise l'ascendance (fig 16).

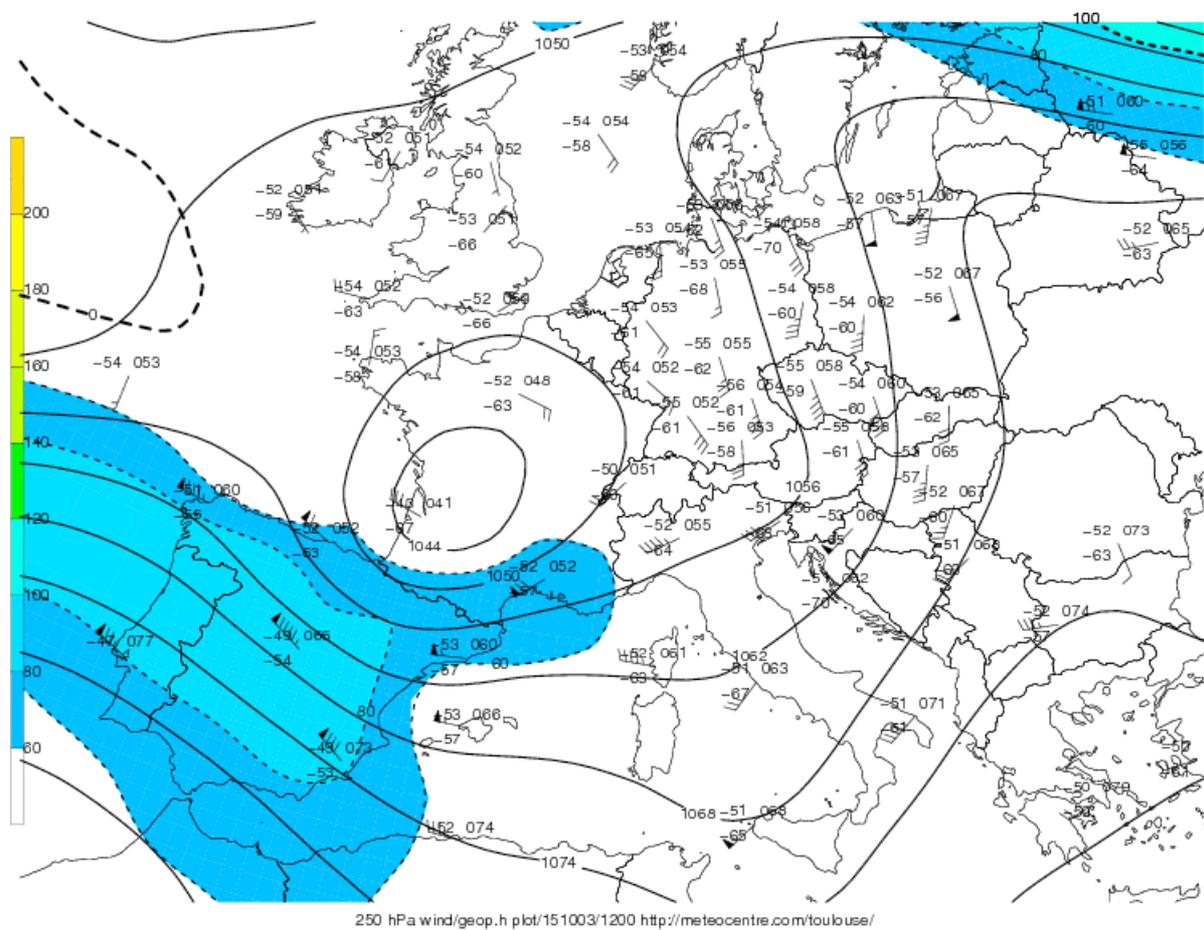


Figure 16. Altitude et vent du géopotiel 250 hPa. Source : Météocentre.

Autre indicateur du cyclonisme : la forte anomalie de tropopause exprimée par le fort gradient d'altitude de la 1,5 PVU (Unité de Vorticité Potentielle) qui, pour simplifier, traduit indirectement la force d'aspiration de l'air vers le haut juste en amont (à l'Est) de l'abaissement de tropopause responsable du talweg d'altitude (fig 17).

On constate une très grande différence d'altitude géopotentielle de la tropopause prévue à 21h00 locale par le modèle Arome, entre l'ouest des Alpes-Maritimes (>11000 m) et la vallée du Rhône (<4500m), générant un déséquilibre évident.

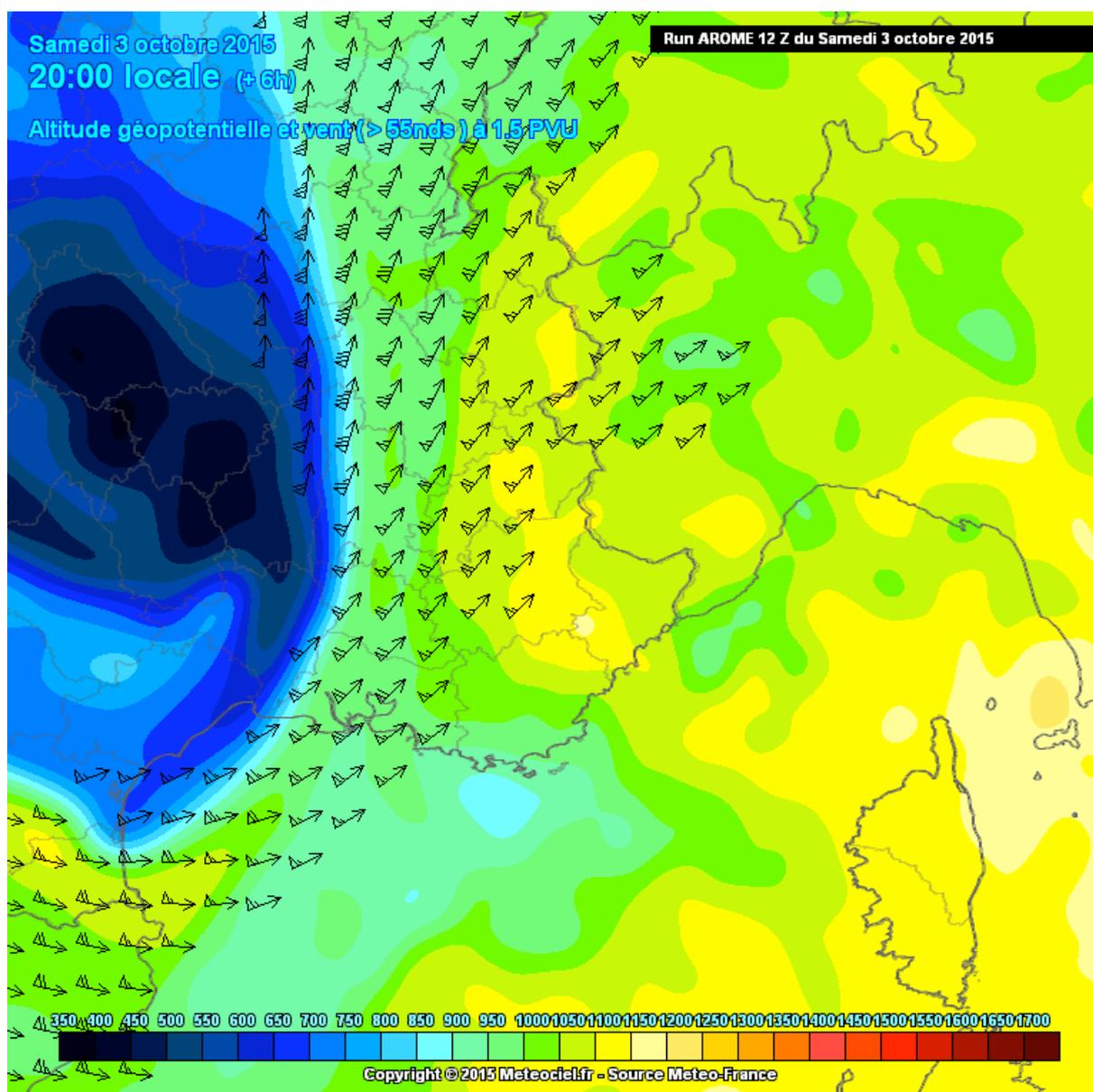


Figure 17. Altitude et vent à 1,5 PVU. Modèle Arome MF. Source : Météociel.

* une convection thermique (instabilité verticale de l'air) avec la classique superposition d'advection d'air « frais » ou froid en altitude, sur une mer encore chaude en cette saison (d'où les td élevés). La CAPE (énergie de flotabilité liée à ce déséquilibre thermique) est donc probablement élevée, et même si aucun sondage réel n'est disponible pour Nice ou Cannes, celui de Nîmes à 12h TU le 3 octobre donne une idée de cette instabilité (fig 18) : l'air saturé dès la surface du sol offre une courbe d'état (profil thermique vertical, en rouge) quasiment parallèle à la courbe adiabatique saturée 15°C (en vert plein), prouvant que l'air monte tout seul, par simple différence de densité avec son environnement.

Le profil vertical sur la Côte d'Azur que l'on ne connaîtra jamais en l'absence de mesure, est probablement encore plus favorable à une instabilité explosive...

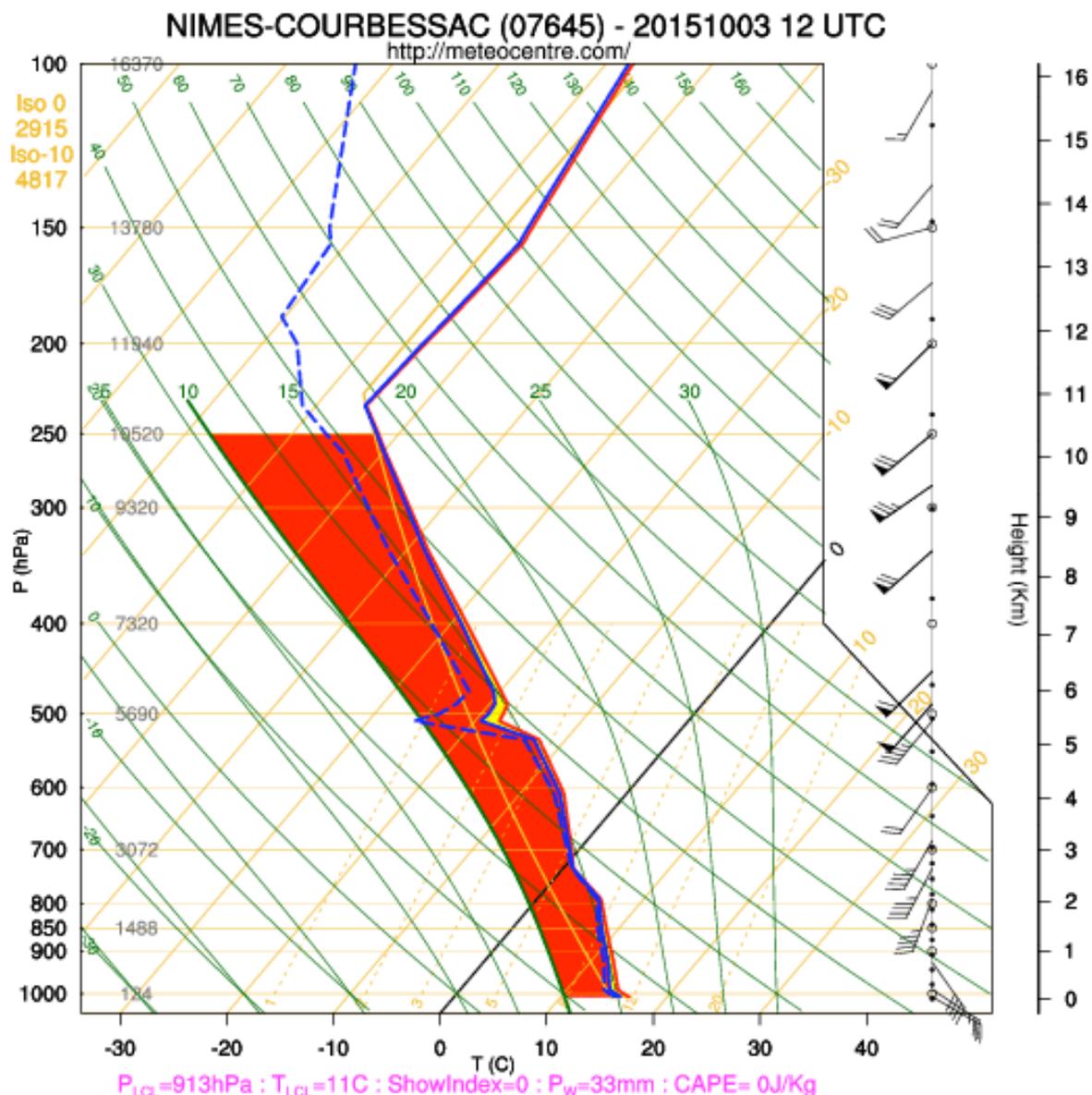


Figure 18. Radiosondage de Nîmes, le 3 octobre à 12h TU. Source : Météocentre.

* L'influence orographique : face au flux de SW à SSW à tous les niveaux se dressent d'abord les premières collines littorales puis les Préalpes de Grasse dépassant 1700 m au Cheiron. Ces dernières, bien en arrière de l'épicentre, ne semblent pas avoir été déterminantes, mais les quelques dizaines puis centaines de mètres d'altitude du littoral proche ont aussi aidé au soulèvement. D'ailleurs les précipitations prévues et effectives (suivi radar) sont plus importantes sur le proche littoral qu'en mer.

Au total, tous les éléments intervenant dans le mécanisme des fortes pluies sont manifestement très favorables, mais leur valeur précise est inconnue en l'absence de mesures d'altitude et de modélisation validée (voir plus loin).

L'averse du 3 octobre n'explique pas à elle seule les hauteurs d'eau atteintes par le ruissellement, ce dernier étant déterminé par la susceptibilité, et en particulier par l'une de ses composantes essentielles qu'est le coefficient de ruissellement..

2- La production des inondations en fonction de la susceptibilité du milieu environnant.

En premier abord, avant un relevé précis sur le terrain, bien plus long à obtenir que les cumuls de précipitations, les hauteurs d'eau s'écoulant sur le sol sont impressionnantes : il semble que deux fleuves principaux ont débordé massivement : la Brague (Biot) et la Siagne (Mandelieu). D'autres cours d'eau temporaires ont également évacué des quantités phénoménales d'eau, parfois de simples talwegs topographiques mais aussi de nombreuses rues ont participé au drainage...

D'innombrables témoins que sont les laisses de crue ou les traces d'eau sur divers murs montrent que des hauteurs d'eau de 1m50 ou plus ont été atteintes « en plaine » près de la mer, depuis l'Estérel jusqu'à Villeneuve-Loubet, voire localement plus à l'Est où la pluie a été moins abondante.

Les journaux et sites web regorgent de photos impressionnantes témoignant de la hauteur atteinte par l'eau et de sa force.

A plus de 500 m à l'est de l'embouchure de la Brague, la plage de galets a été creusée en canyons par le ruissellement (fig 19).



Figure 19. Plage creusée par le ruissellement, plus de 500m à l'est de l'embouchure de la Brague (6 octobre). Photo Carrega.

Les pentes fortes de la région favorisent évidemment un ruissellement rapide, et ont contribué aux montées éclair du niveau de l'eau, sur un niveau plus élevé que de coutume avec les pluies du 2, que l'on retrouve bien dans les cours d'eau instrumentés comme le Loup à Villeneuve Loubet (fig 20) :

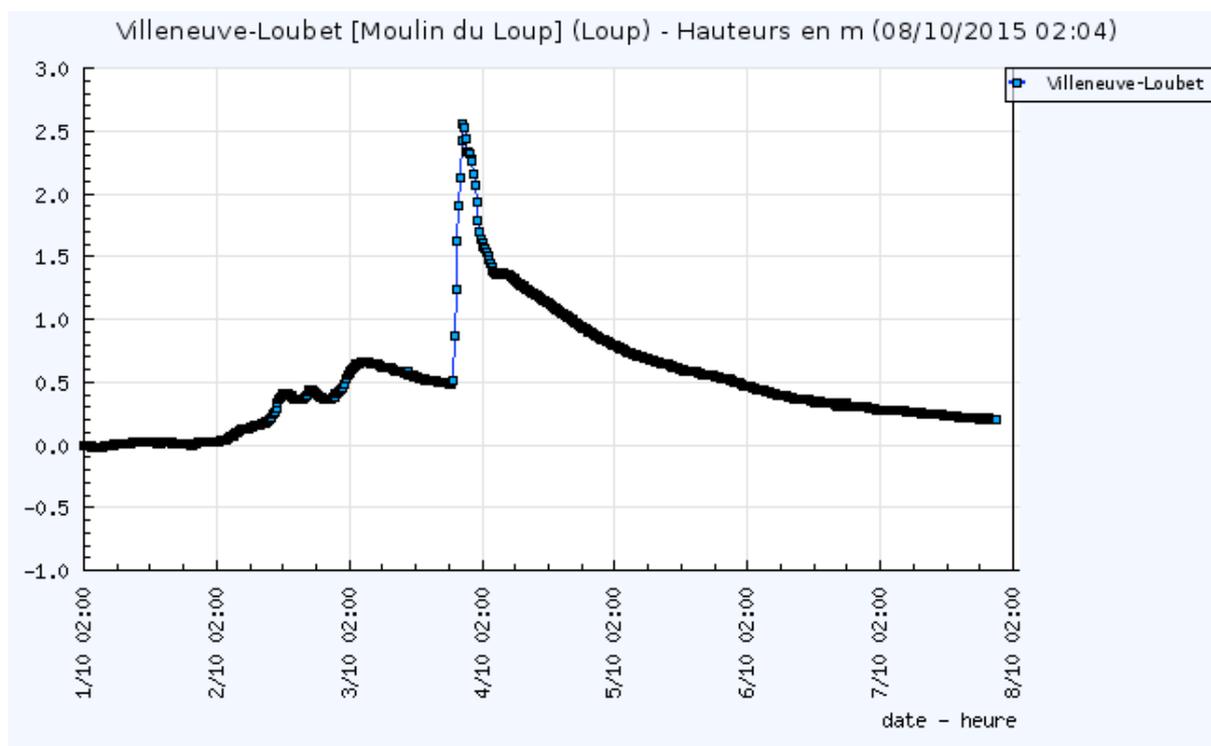


Figure 20. Hauteur du Loup à Villeneuve-Loubet entre le 1^{er} et le 8 octobre. Source : Vigicrue.

A ce stade de l'analyse apparaît la grande accusée qu'est l'urbanisation massive du littoral azuréen et de son arrière-pays, en tant que facteur d'imperméabilisation et donc d'accroissement du ruissellement.

On ne traitera pas ci-dessous de la pression démographique pesant sur la région (flux migratoire), de la pression foncière consécutive, de la politique suivie depuis les années soixante, répartissant les populations arrivantes sur de grandes étendues par d'innombrables villas (du fait de Coefficients d'Occupation du Sols obligeant à disposer de relativement grands terrains pour construire), etc.

Une vraie question est de savoir si le ruissellement aurait été très inférieur et donc le niveau de l'eau nettement moins haut en l'absence d'urbanisation, ce qui suppose des modélisations correctement documentées et sérieuses.

Il n'est absolument pas certain que la réponse soit aussi positive qu'on le prétend dans toutes les déclarations médiatiques.

En effet (voir plus haut) du fait des fortes pluies (80 mm et plus déjà tombées la veille) il n'est pas interdit de penser que le coefficient de ruissellement lors de l'orage du 3 octobre a été très élevé, car le sol était proche de la saturation, donc incapable d'absorber beaucoup plus que les premières gouttes de l'averse.

Des simulations confirmeront ou infirmeront ce point, capital, pour contribuer à fixer la responsabilité vraie du mode d'occupation du sol de la région, ce qui éclairera les aménageurs.

3- La catastrophe, permise par une forte vulnérabilité.

Sans pousser en détail l'analyse dans ce premier jet, on peut séparer les enjeux des circonstances et des moyens de « lutte ».

- Les enjeux sont évidents : plus de 200 000 personnes habitent le coin sud-ouest des AM très affecté par les inondations. Le risque de décès ou de blessures est donc élevé, ce qui a malheureusement été confirmé avec les 20 morts recensés, sans compter le traumatisme et les conséquences sanitaires ultérieures d'une telle expérience.

Les dégâts matériels sont particulièrement élevés avec des milliers de véhicules détruits, les atteintes aux maisons, appartements, commerces, ateliers industriels, etc, et à leur contenu (fig 21).



Figure 21. Dégâts et laisses de crue sur le chemin du Pylone, à Biot, 6 jours après l'orage. Photo Carrega.

On note que la difficulté de se garer le long des chaussées en ville a entraîné la multiplication de garages souterrains privés ou publics, dont nombre a été envahi par l'eau ...

Il est probable que des milliers ou des dizaines de milliers de foyers ont été affectés, sans oublier le département du Var, comme le montre la liste officielle des communes reconnues en état de « catastrophe naturelle » (fig 22) :

DÉPARTEMENT DES ALPES-MARITIMES

Inondations et coulées de boue du 3 octobre 2015

Communes de : Antibes, Biot, Cagnes-sur-Mer, Cannes, Le Cannet, Mandelieu-la-Napoule, Mougins, Nice, Roquefort-les-Pins, La Roquette-sur-Siagne, Théoule-sur-Mer, Valbonne, Vallauris, Villeneuve-Loubet.

DÉPARTEMENT DU VAR

Inondations et coulées de boue du 3 octobre 2015

Communes de : Les Arcs, Brignoles, Cabasse, Callas, Camps-la-Source, Flassans-sur-Issole, Flayosc, Forcalqueiret, Fréjus, Méounes-lès-Montrieux, La Motte, Néoules, Puget-sur-Argens, La Roquebrussanne, Saint-Antonin-du-Var, Saint-Raphaël, Le Thoronet, Trans-en-Provence.

Figure 22. Communes reconnues en état de « catastrophe naturelle » (épisode du 3 octobre).

- Les circonstances de cet épisode méritent également que l'on s'y attarde : sur le court terme, les mêmes inondations (ou glissements de terrains) se produisant à 17 ou 18h en semaine au moment des bouchons routiers fréquents dans la région, au lieu de 21h un samedi, auraient probablement eu des conséquences pires, avec de multiples prises au piège par l'onde de crue, de chauffeurs bloqués dans leur véhicules, sans échappatoire possible.

A plus long terme, l'évolution des modes de pensée de notre société est impliquée : l'homme actuel de plus en plus citadin (80% de la population française vit en « ville ») et donc de plus en plus inséré dans une sorte de bulle de confort technique, perd de plus en plus conscience de la notion de risque en général, et de risque « naturel » en particulier. Le nombre de touristes occidentaux filmant depuis la plage l'arrivée du tsunami de 2004 en Thaïlande est à ce titre instructif.

Ici, on ne prend pas conscience que le niveau de l'eau peut monter dangereusement en quelques dizaines de secondes seulement, ce qui génère des conduites inadaptées, sur la route comme au rez de chaussée ou au sous-sol, et en auto comme à pied...

- Les moyens de prévention et de lutte, là aussi opèrent à des échelles spatio-temporelles différentes.

* A court terme, le système officiel d'alerte sous forme de la vigilance opérée par MétéoFrance a joué en fonction de l'état de la science : les AM sont passées en vigilance « orange » le 3 octobre à 11h01. Ce département est beaucoup plus rarement mis en alerte pluie/orages/inondations que le Gard ou l'Hérault, et donc l'effet de « lassitude » et de non-écoute par la population n'aurait pas dû jouer.

Compte-tenu de ce que prévoient les modèles météorologiques, la vigilance « rouge » (bien plus lourde à appliquer que l'orange) ne paraissait pas justifiée à ce moment.

Le vrai problème est l'incapacité actuelle des modèles à prévoir les quantités de pluie dans certaines configurations, très fréquentes en automne.

Le « run » du 3 à 18h TU issu du GFS 0,5° (présenté par infoclimat ou par MeteoSudest) prévoit une accumulation en 6 heures <40mm pour 2h locales le 4, concernant surtout l'est du département, mais ce modèle planétaire n'a pas vocation à entrer dans les détails.

Sans prétendre à l'exhaustivité, l'examen de nombreux modèles plus « régionaux » comme les WRF ou NMM présentés dans nombre de sites météo internet très sérieux ne laissait pas attendre de tels excès :

A un peu plus fine échelle spatiale, le WRF du LAMMA donne à 12h le 3, une accumulation oscillant entre 25 et 40 mm entre 20h et 23h locales lorsqu'il est initialisé à partir du modèle Européen (ECMWF). Il prévoit à peine plus de 30 mmm au pire, logiquement plus à l'Est, lorsqu'il l'est depuis le GFS américain.

Le modèle Bolam Italy, d'Arpal, annonce lui aussi moins de 40 mm sur les AM, en insistant par contre sur l'extrême ouest de la Provence où il est plus performant (fig. 23).

ARPAL (Genoa, Italy) – ISAC–CNR (Bologna, Italy)
12h total precipitation [mm (12h)⁻¹]
00 [UTC] Sun 04 OCT $\tau = 12h$

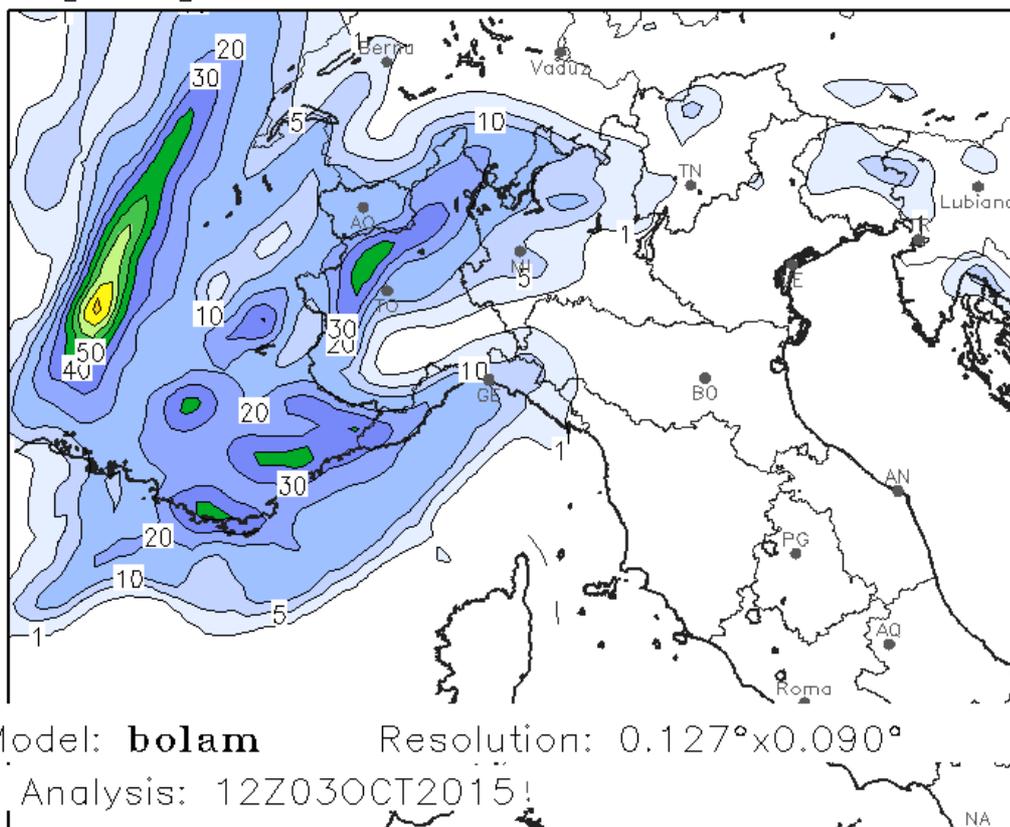


Figure 23. Accumulation de pluie prévue entre 12h et 24h TU le 3 octobre 2015 par le Bolam Italy (recadré). Modèle initié depuis le modèle européen. Source : Arpal.

Le WRF de Météociel donne un cumul de pluie prévu pour l'épisode du 3 octobre <30 mm sur la Côte, et de 40 mm plus au nord. Le maximum est situé au nord des Préalpes de Grasse avec 80mm sur une petite surface, que ce soit pour les runs de

00h, 6h00 ou 12h00 TU. Pire, le dernier, celui de 18h TU amoindrit la pluie avec 20-30 mm à Cannes et moins de 40 sur les Préalpes...
Bref, les pluies annoncées par la plupart des modèles sont de l'ordre de 20 à 25% de qui est réellement tombé...

Le modèle Arome 2,5 km de MétéoFrance annonce un maximum dépassant 100 mm localement, mais sur le Vaucluse et la Drôme. Toutefois, il s'en tire mieux que les autres puisque sur les AM ses runs de 18h et surtout de 12h le 3 annoncent un cumul de 80 mm, jusqu'à 100 très localement sur une écharpe assez proche de ce qui tombera vraiment, en terme de localisation (fig 24).

Mais on est encore bien en dessous de la réalité : à peu près à la moitié. Ce n'est donc qu'au moment où les événements se produisaient (après 20 heures) que la gravité et l'aspect extrême du phénomène est apparue.

Des conseils et une alarme de niveau inférieur à la réalité à venir ont donc été diffusés et il appartenait alors à chacun de juger de la situation et de se prendre en charge ...

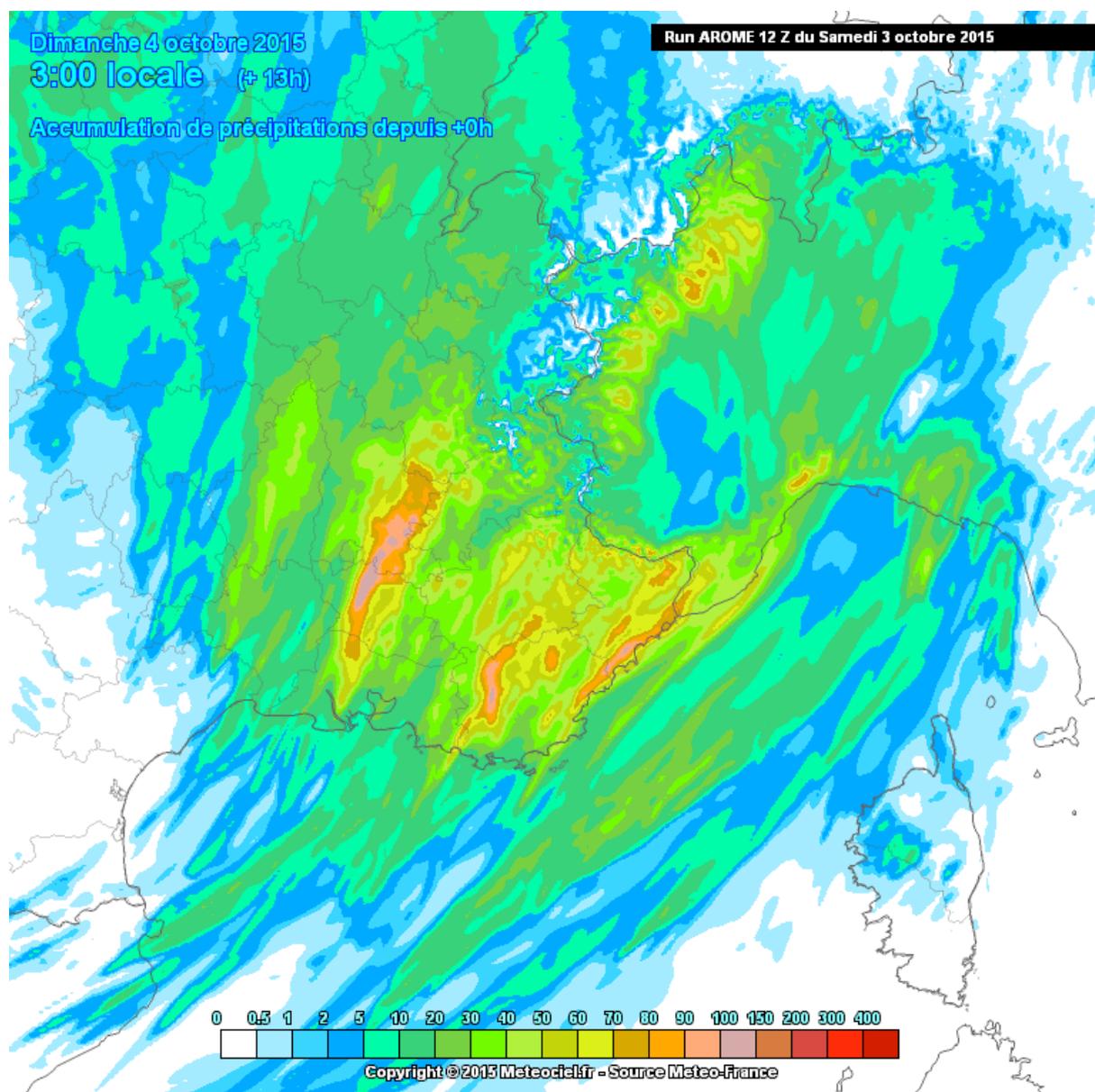


Figure 24. Accumulation de pluie prévue depuis le début de l'averse par Arome (et non depuis 00h le 4). Source : Météociel.

Un autre modèle a, comme Arome, mieux approché que les autres la distribution spatiale réelle des pluies dès 12h le 3, et « s'est moins trompé » : c'est le Moloch d'Arpal (fig. 25).

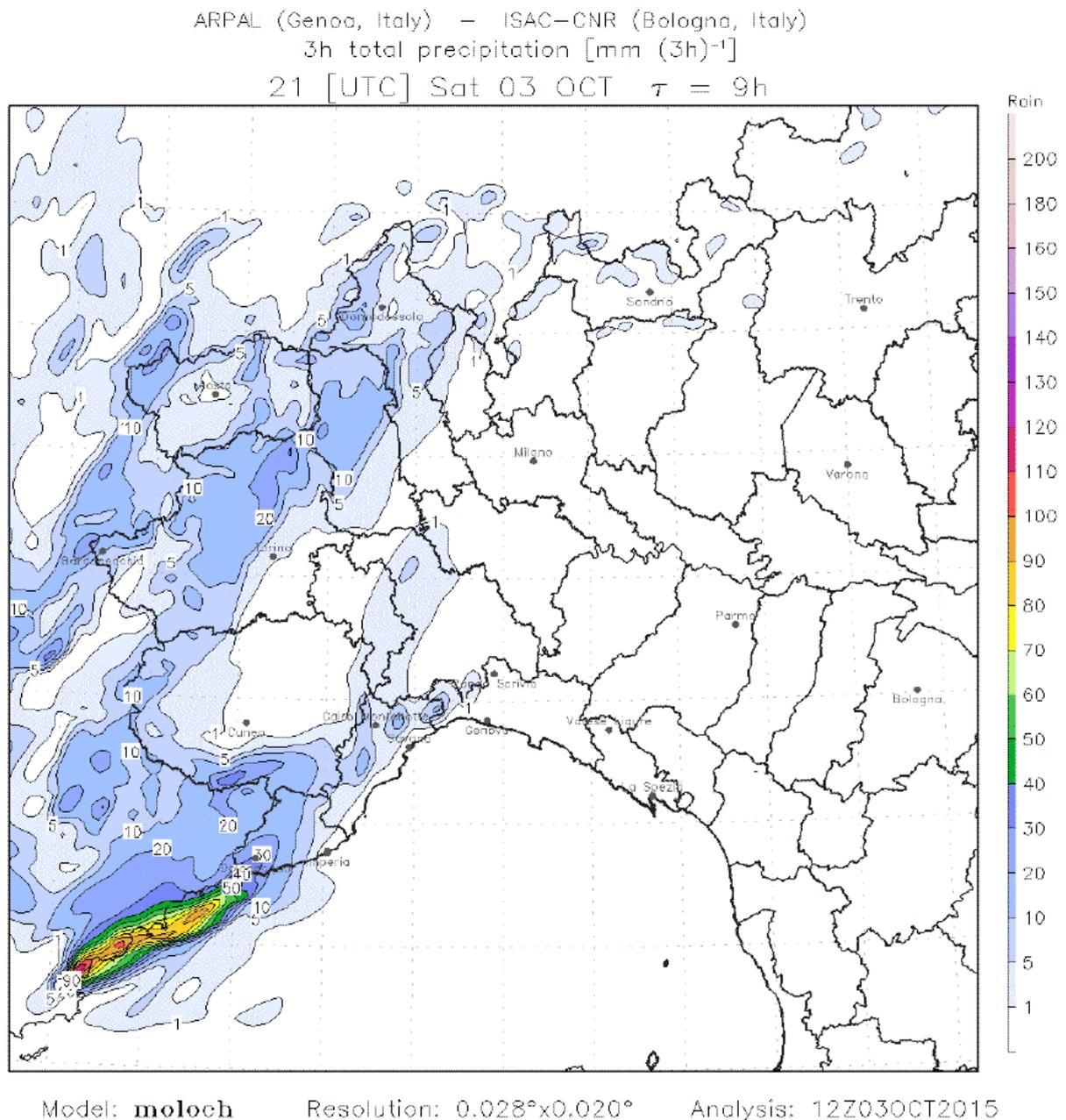


Figure 25. Précipitations prévues par Moloch entre 20h et 23 h locales par le run de 12h TU. Source : Arpal.

Il est lui aussi à la moitié de la réalité...

Il faut donc reconnaître que les modèles les plus pointus n'ont pas su prévoir la stationnarité d'une méga-cellules orageuse se régénérant plus ou moins sur place pendant environ 2 heures, et qu'au lieu des 30 à 90 mm attendus dans le meilleur des cas, c'est le double qui s'est produit. Une société privée de modèle fiable lors d'un événement extrême est donc évidemment plus vulnérable.

* A plus long terme, ce sont les politiques d'aménagement de tous ordres qui sont en jeu. Quel était l'état des ouvrages (digues éventuelles, retenues, bassins de rétention, etc), étaient-ils nettoyés dans les règles ? Les zones inondables sont-elles correctement définies ? le calcul des durée de retour de phénomènes extrêmes qui sert entre autre à délimiter les zones inondables est-il satisfaisant ? Cela n'est pas certain lorsque l'on constate à quel point certains événements sont « hors norme » c'est à dire mal ajustés par les fonctions donnant la probabilité d'occurrence de telle ou telle valeur de pluie extrême. L'exemple récent de Draguignan en juin 2010 est à cet égard très instructif.

La question sociétale majeure qui se pose est : faut-il construire uniquement là où il n'y a aucun risque ? La réponse est évidemment négative, car dans ce cas il faudrait faire déménager des dizaines de milliers de personnes rien que dans les AM, ce qui n'empêchera malheureusement pas les blessures et décès lors d'un épisode extrême quelconque, lorsque les gens ne sont pas chez eux, ou qu'ils circulent...

Il semble que des efforts doivent être faits à la fois pour développer une culture du risque auprès de la population, surtout dans les écoles, en particulier dans les régions comme la nôtre ; et pour accepter de vivre avec ce risque en prenant le maximum de dispositions pour que tel ou tel événement non évitable ait le moins de conséquences possibles.

Conclusion :

Les précipitations du 3 octobre en soirée semblent bien être le responsable majeur de la catastrophe qui les a suivies.

Les quantités et les intensités relevées ont été exceptionnelles, et se sont ajoutées aux pluies très importantes du 2 octobre qui ont préparé le terrain de la catastrophe en contribuant dans une mesure à préciser, à imperméabiliser fortement les sols, dans une zone assez urbanisée de surcroît. C'est en fait près de 300 mm qui sont tombés en à peine plus de 48 heures !

Il est raisonnable de s'attendre encore à de tels aléas dans le futur, que ce soit sur le bassin-versant du Paillon, au pied des baous ou n'importe où, sachant que c'est la susceptibilité du milieu environnant qui déterminera les crues, et la vulnérabilité qui en produira les conséquences.

Ce raisonnement est valable en climat stationnaire, ce que n'est pas le nôtre avec le changement climatique. Même si l'on ne constate pas pour le moment une augmentation des aléas violemment pluvieux depuis plusieurs décennies, rien ne dit que cette tendance continuera. Quant à rattacher un tel épisode extrême ponctuel, à une tendance quelconque, d'un point de vue statistique, cela paraît non adéquat.

Donc, même sans influence avérée du changement climatique il faut accepter l'idée que des quantités d'eau équivalentes, ou même supérieures, s'abattront dans la région dans un mois, deux ans ou trente ans, avec une localisation aléatoire.

A ce stade, on peut se demander si l'inondation des vallées, plaines et cuvettes peut être évitée. Et si non, comment faire en sorte que les conséquences soient le moins douloureuses possible. Plus que de rechercher l'impossible risque zéro, le véritable défi est peut-être là.

Vence, le 9 octobre 2015

Sites web consultés :

arpal.gov.it/homepage/meteo/modelli.html

infoclimat.fr

keraunos.org

lamma.rete.toscana.it/meteo/modelli

meteocentre.com/toulouse

meteociel.com

meteofrance.com

meteosudest.org

wetterzentrale.de/topkarten/