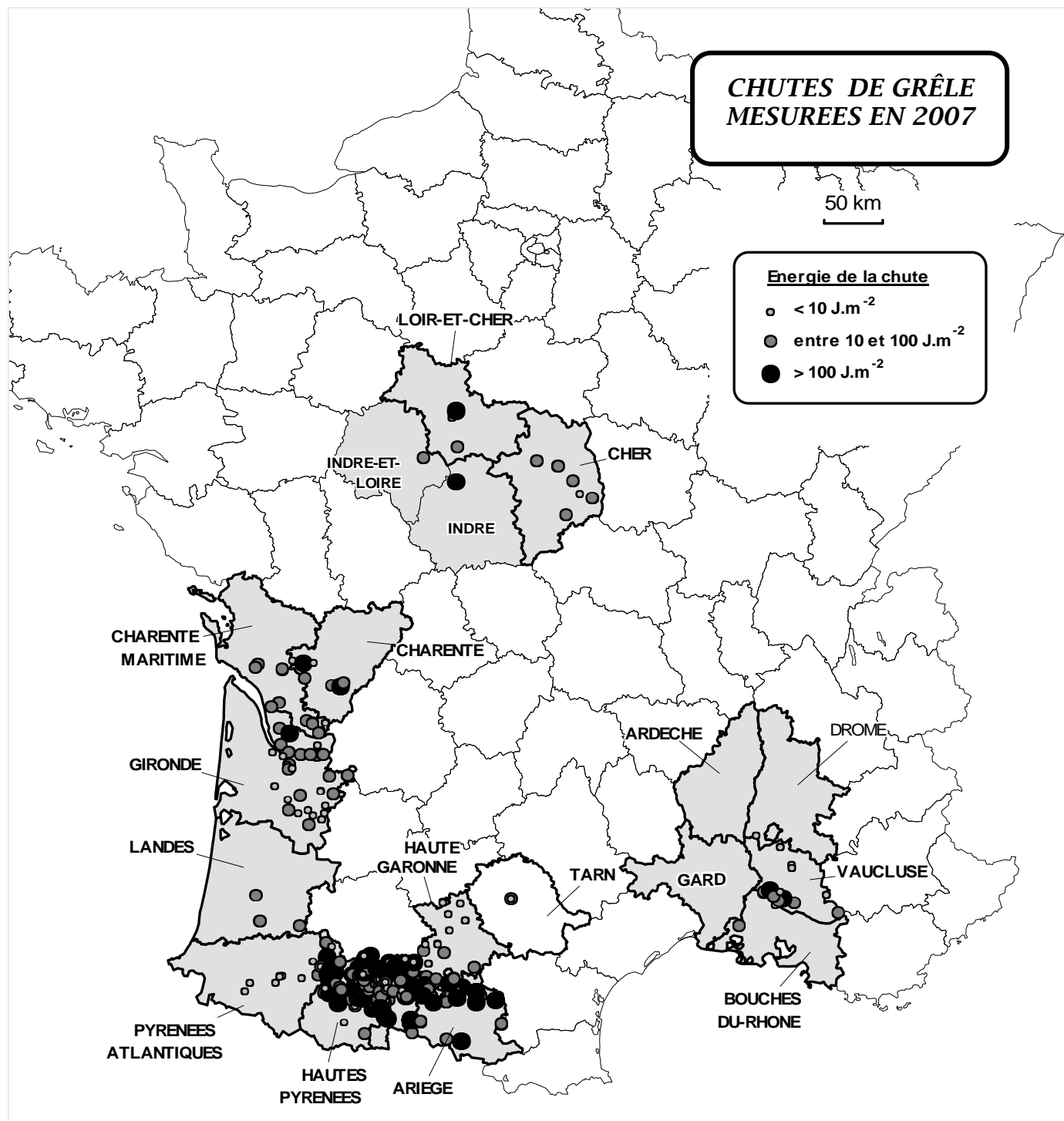


◆ *Analyse des principales situations à grêle de la saison 2007*

Les informations et données météorologiques utilisées dans cet examen proviennent des réseaux d'observation et de mesure de l'ANELFA, des bulletins Météo.Hebdo et Autan de Météo-France, du site Internet de l'Université du Wyoming (<http://www.weather.uwyo.edu>) et d'articles de presse.

D'autres situations ont fait l'objet d'une étude publiée dans le compte rendu des techniciens remis lors de la réunion de fin de campagne.



↳ Lundi 16 et mardi 17 avril 2007

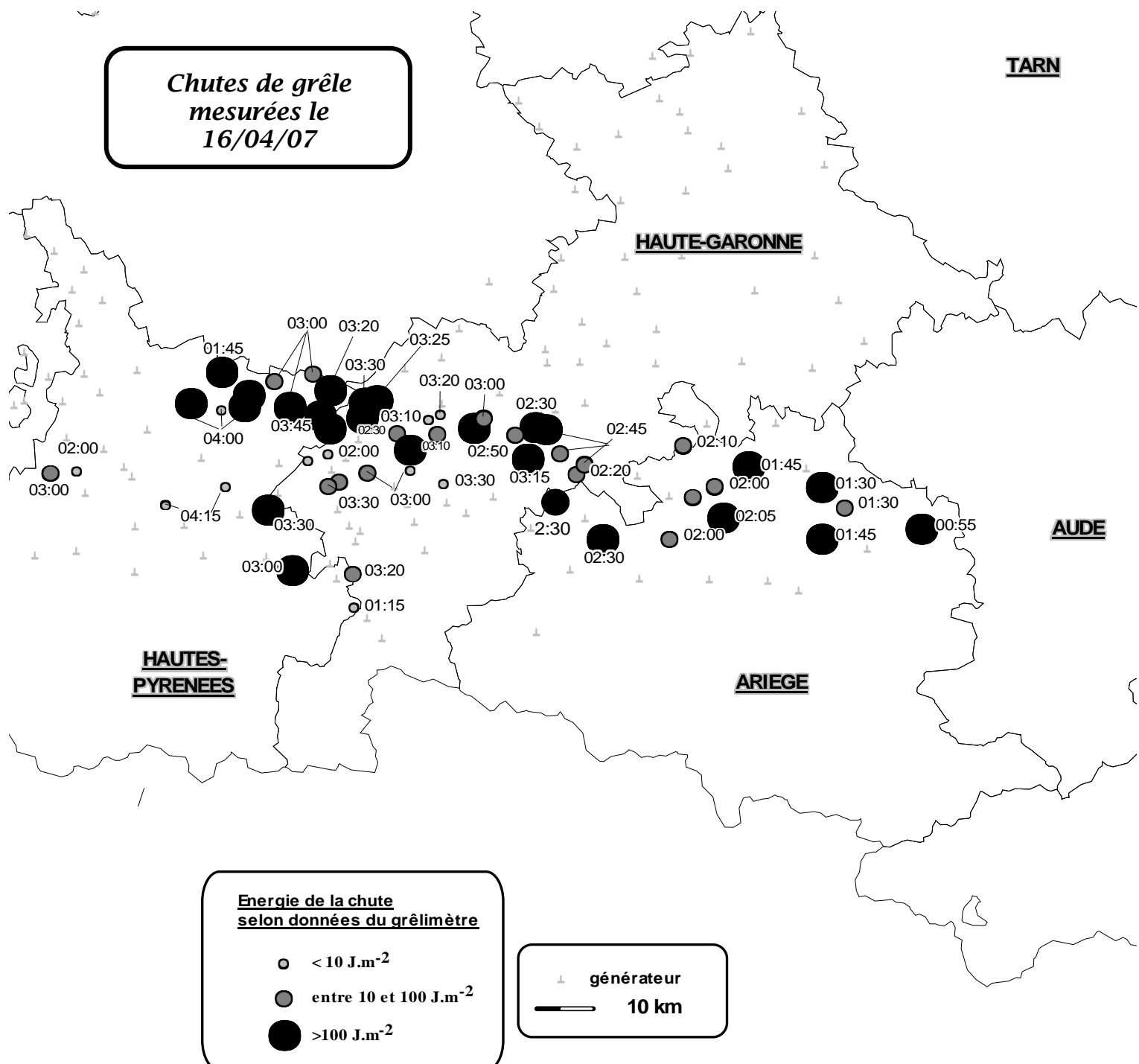
Ariège, Haute-Garonne, Hautes-Pyrénées

La saison à grêle commence fort dès l'ouverture officielle de la campagne de prévention et en pleine nuit dans les départements de Midi-Pyrénées, avec des chutes de grêle de plus de 500 J/m² et des grêlons de 3 cm de diamètre par endroits.

La situation météorologique, dénommée « retour d'est » par les météorologistes toulousains, est davantage typique des forts abats d'eau ou de neige que des chutes de grêle : le 15 avril, le sud de la France est sous l'influence d'un minimum d'altitude situé sur le sud de la Méditerranée, et les vents sont orientés à l'est sur la partie orientale des Pyrénées.

Vers 23h le 15 avril, une première chute de grêle est observée à Villesèque-des-Corbières, dans l'Aude, puis des chutes de grêle très importantes provoquent d'importants dommages à Bellegarde-du-Razès et à Escueillens, toujours dans l'Aude. La cellule pénètre dans l'Ariège : Mirepoix à 0h55 le 16 avril, puis Rieucros, secteur de Pamiers (1h30 – 1h45), Pailhès (2h05), les Bordes-sur-Arize et Cézizols (2h30). L'orage poursuit ensuite sur la Haute-Garonne, l'axe de sa trajectoire passant sur Mondavezan (2h45), Boussan (3h), Boulogne-sur-Gesse (3h30, grêlons de

Chutes de grêle mesurées le 16/04/07



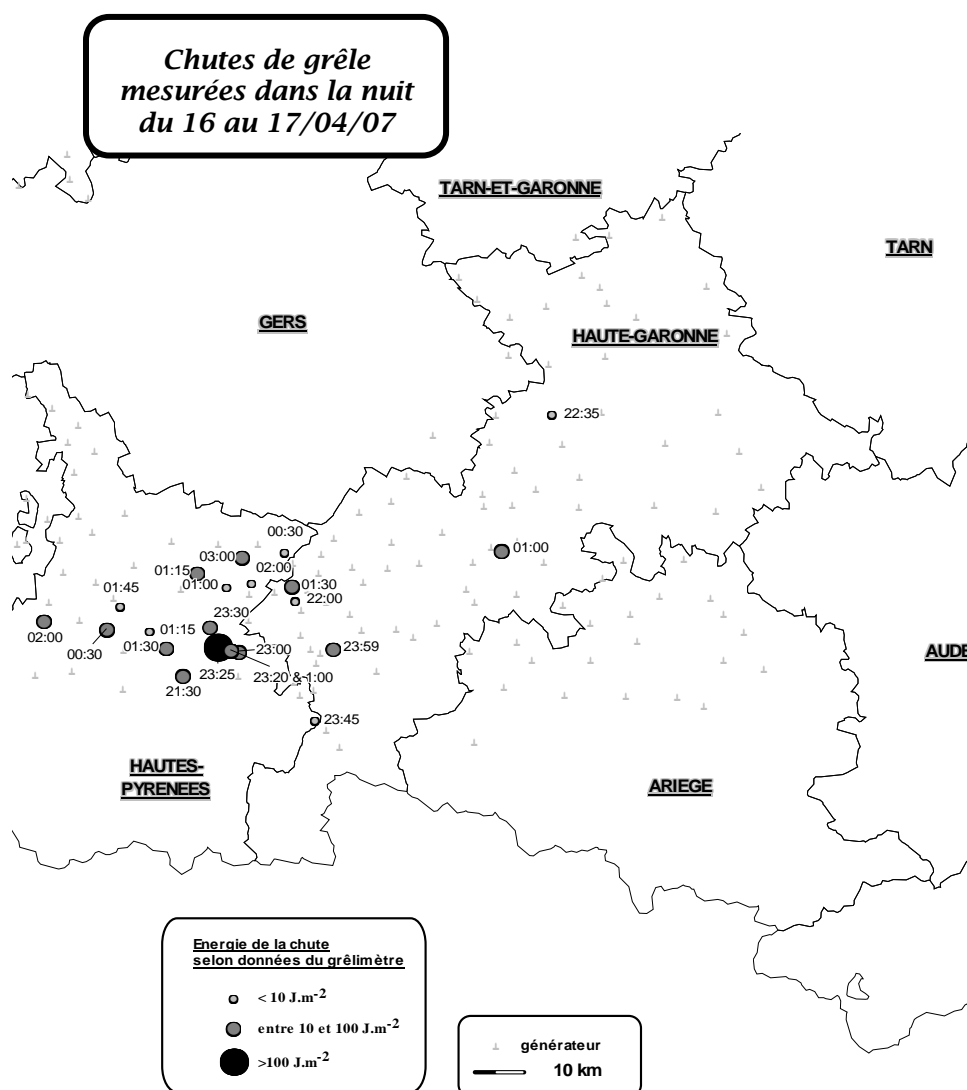
31 mm, énergie de près de 1 000 J/m²). Puis l'orage traverse les Hautes-Pyrénées à 4h du matin (Puydarrieux, Mun), et on perd enfin sa trace au-delà d'Abère, dans les Pyrénées-Atlantiques (5h).

On peut résumer la progression de la principale cellule du front orageux par une trajectoire rectiligne de 250 km d'est en ouest (direction 100°), de Villesèque-des-Corbières à Abère, parcourue à la vitesse de 50 km/h. Les dégâts par la grêle de part et d'autre de cet axe majeur ne s'étendent pas à plus de quelques kilomètres, mais des cellules secondaires se sont développées sur le flanc sud de la cellule principale (Lasserre, dans l'Ariège, Pinas et Seich dans les Hautes-Pyrénées).

D'après les dommages (voitures et bâtiments endommagés, dégâts sur cultures maraîchères, blé et colza, coulées de boue, autoroute A64 coupée à hauteur de Boussens...), on peut assimiler cet orage à une « super-cellule nocturne d'est », fait exceptionnel dans les annales de l'ANELFA. A noter que la plaque grêlimétrique de Mirepoix enregistre le record mesuré d'intensité de la grêle pour la saison 2007 sur les réseaux de l'ANELFA, aussi bien pour le diamètre des plus gros grêlons que pour la masse et l'énergie totale de la grêle : 38 mm, 8,7 kg/m², 1 912 J/m².

Le système orageux de cette nuit du 15 au 16 avril n'avait pas été vu en prévision par Météo-France, et son observation en temps réel était en dehors des plages horaires de fonctionnement des réseaux. Si l'on cherche une explication a posteriori à cette situation, on remarque quelques éléments significatifs dans le radiosondage de Nîmes du 15 avril 12TU : très forte instabilité pour la saison (CAPE virtuel de 1 068 J), tropopause à -61°C, enfin vent d'est rapide à niveau moyen (V₆₀₀=38 nœuds). Cette masse d'air instable présente l'après-midi sur le Languedoc s'est ensuite décalée sur l'Aude et l'Ariège en début de nuit.

Au cours de la nuit suivante, dans un flux de sud-est affaibli, de forts abats d'eau et des chutes de grêle peu violentes ont été enregistrées dans la Haute-Garonne et les Hautes-Pyrénées entre 21h30 le 16 avril et 3h le 17 avril. Les réseaux des deux départements (ainsi que celui de l'Ariège) avaient fonctionné dans la journée du 16 avril jusqu'à 23h.



⇒ Du mercredi 23 au samedi 26 mai 2007

Gironde, Hautes-Pyrénées, Haute-Garonne

Une dépression centrée au sud du Portugal dirige un flux de sud sur les Pyrénées. Depuis le 22 mai, la masse d'air d'origine saharienne est très brumeuse et probablement chargée en aérosol saharien (présence avérée de sable dans la pluie le 22 à Saint-Gaudens et à Luchon). Le 23 au soir, vers 22h30, une puissante super-cellule est visible depuis Lannemezan en direction de la Gironde. Effectivement six stations grêlimétriques de ce département enregistrent des chutes de grêle peu intenses entre 20h30 et 23h dans la région de Sauternes.

Toujours dans le même régime de sud, et à la faveur de températures de l'ordre de 30°C en surface, l'instabilité se renforce le 24 mai (CAPE virtuel de 1 721 J à Bordeaux, 12TU). Des cumulonimbus se forment dans le ressaut de foëhn au nord de la chaîne pyrénéenne. Ils produisent une forte activité électrique, des coups de vent de sud au sol, et des grêlons de diamètre atteignant 40 mm à Galez, Hautes-Pyrénées).

D'après les horaires notés par les responsables des stations grêlimétriques, plusieurs cellules à déplacement lent associées au même système convectif ont produit à peu près simultanément les chutes de grêle dans les Hautes-Pyrénées et la Haute-Garonne. Le secteur le plus touché se situe au nord-ouest de Lannemezan, avec les plus gros dégâts à Clarens : toitures dévastées, véhicules et cultures endommagés. L'école de cette commune a dû être fermée le lendemain.

Toute la difficulté de la prévision de la grêle en vue de sa prévention apparaît bien sur ces deux journées : le 23 mai les réseaux de Midi-Pyrénées ont été activés, mais un seul orage à grêle s'est développé en Gironde (pas d'alerte).

Le 24 mai, ce sont les réseaux de la façade atlantique qui ont fonctionné, et les orages, à très forte grêle, se sont produits dans les Hautes-Pyrénées et la Haute-Garonne (pas d'alerte). Dans une telle situation pas typiquement à grêle, il est probable que la présence de l'aérosol saharien a joué un rôle dans la microphysique des nuages, et a perturbé la validité des prévisions météorologiques basées sur la dynamique de l'atmosphère.

Le 25 mai, en continuation de la même situation météorologique, et dans une atmosphère toujours exceptionnellement instable (1 800 J à Bordeaux 12TU), des orages à précipitations intenses (de type « flash flood ») ont provoqué des dommages importants par inondations et ravinements du Pays Basque, dans le Gers et en Ariège (plan Orsec déclenché à 20h30 dans ce dernier département).

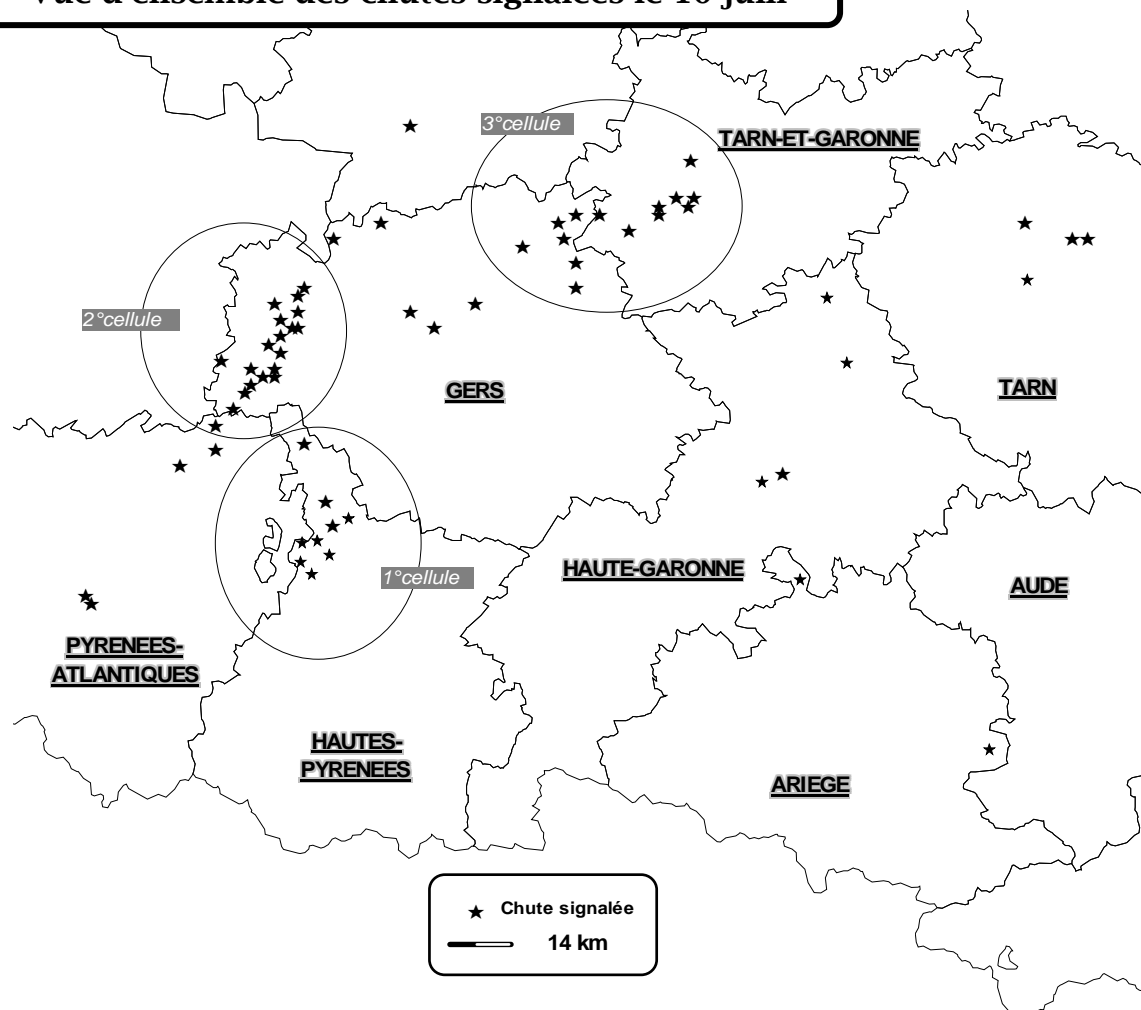
Le 26 mai, la goutte froide du Portugal s'étale vers la France, et un corps pluvio-orageux actif se développe dans l'après-midi sur le Val de Loire. Un orage lui aussi du type « flash flood » accompagné de grêle provoque de sérieux dommages à Bourges et alentour à cause de la quantité de pluie et de grêle mélangées (79 mm, dont 49 entre 18h30 et 19h30) : écoulements d'eau bouchés, toitures et plafonds effondrés, cultures maraîchères écrasées.

⇨ Dimanche 10 et lundi 11 juin 2007

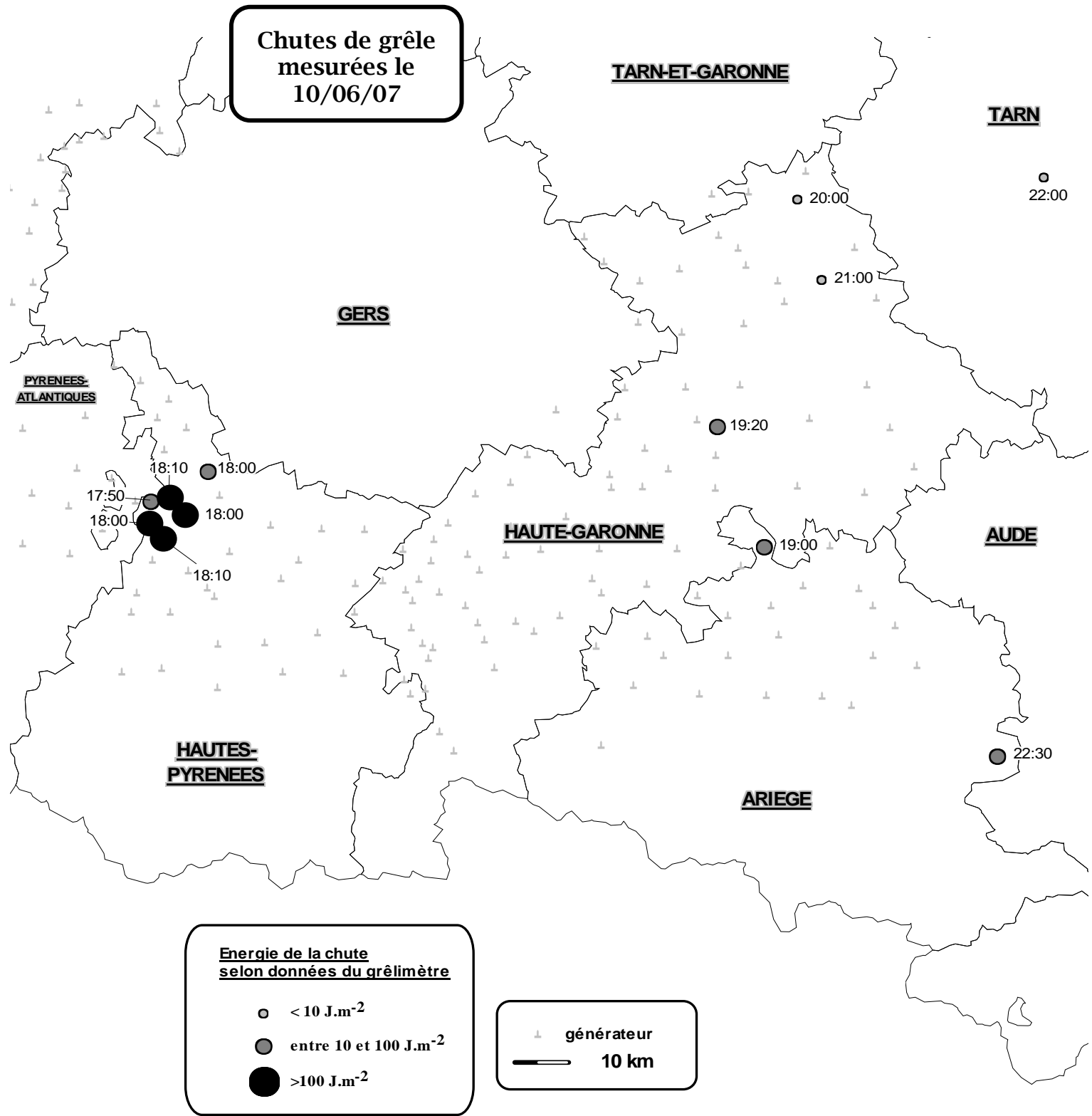
Hautes-Pyrénées, Gers, Vacluse

Le 10 juin, une dépression située très au large de la Bretagne commande un flux de sud rapide sur le sud-ouest : 50 nœuds à Bordeaux 12TU. Dans l'après-midi, une ligne de convergence s'établit sur les Hautes-Pyrénées, le Gers et le Tarn-et-Garonne, et plusieurs cellules produisent des chutes de grêle. L'une d'entre-elles se développe au nord de Tarbes (65), avec des grêlons de 28 mm mesurés à Bazet, des « œufs de pigeon » à Oursbelille : toitures crevées, véhicules martelés, formation de congères. Une seconde cellule plus au nord, dans le Gers, ravage le vignoble de Saint-Mont vers 17h30 (grêlons « balles de ping-pong bien dures »), puis laisse un couloir de quelques kilomètres de large dévasté jusqu'à Nogaro avec « une végétation sans feuille comme soudainement revenue en hiver » (ladepeche.fr/article/2007/10/09/30106). A partir de 19h35, une troisième cellule sévit en limite du Gers et du Tarn-et-Garonne, de Saint-Léonard (32) à Caumont (82), sur un couloir SW-NE de 26 km environ, passant par Lavit (82). A l'avant de l'orage, un coup de vent de grain a abattu des arbres et des poteaux électriques, provoquant des coupures de courant. Ensuite des « plaques de glace », ou des grêlons gros comme des mandarines ou des balles de tennis, ou encore « comme on n'en avait pas vu d'aussi gros depuis le 10 juin 1932 », ont dévasté les cultures, endommagé les habitations, pelé les platanes, tué des poulets, des chats, et même un mouton. La photo des grêlons présentés dans La Dépêche du 12 juin permet d'attribuer la classe A5 à cet épisode de grêle. Selon la Chambre d'Agriculture du Tarn-et-Garonne, environ 200 exploitations agricoles ont eu leurs récoltes perdues aux deux tiers : céréales, arbres fruitiers... Les orages du 10 juin ont également provoqué des dommages par ravinement aux semis et aux cultures dans 21 communes de la Haute-Garonne dans le secteur de Saint-Sulpice-sur-Lèze vers 19h20.

Vue d'ensemble des chutes signalées le 10 juin



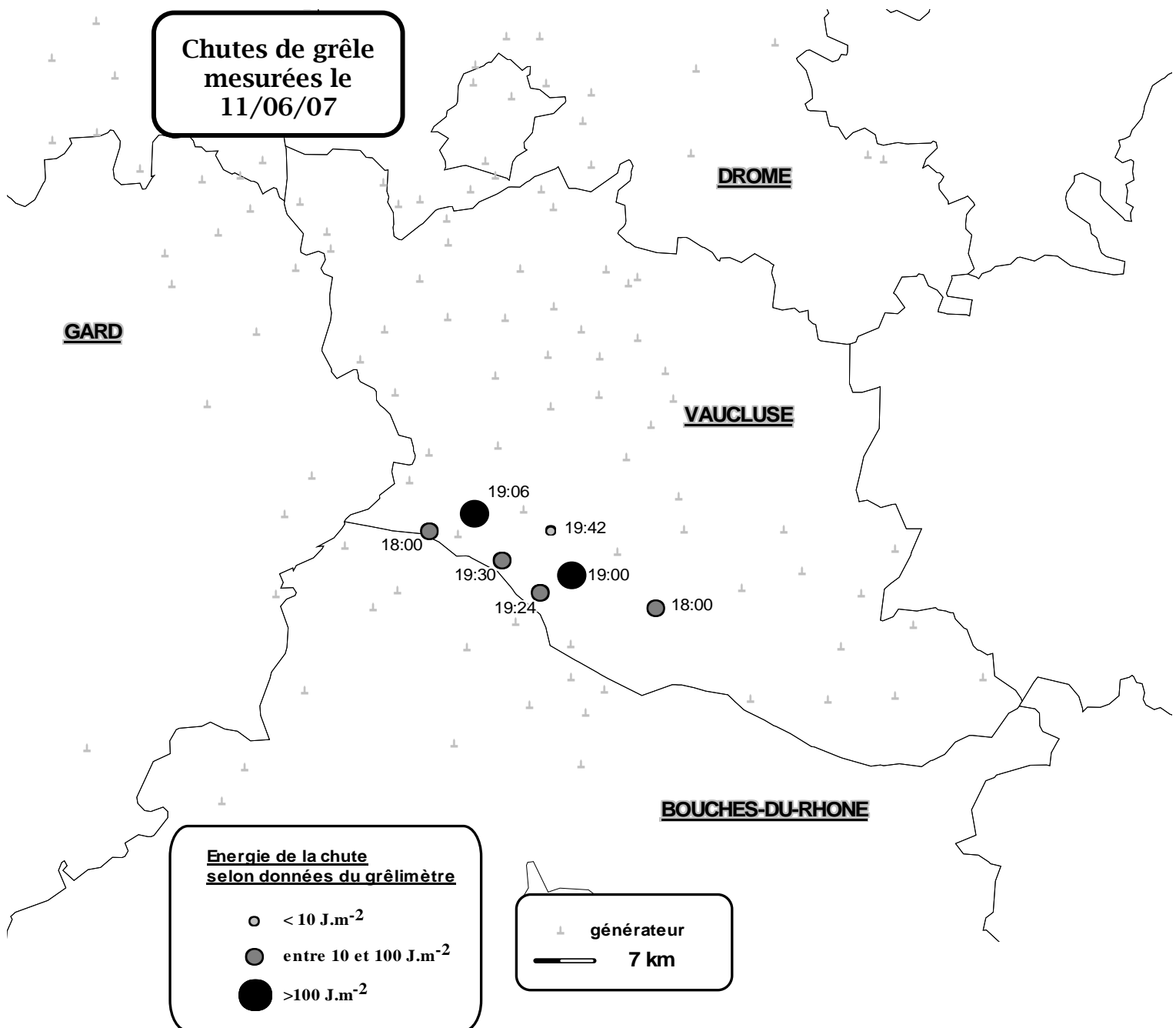
Les radiosondages du 10 juin 12TU à Bordeaux et Saragosse n'étant pas disponibles, il n'est pas possible de déterminer avec précision la cause aérologique de ces chutes de grêle et abats d'eau violents. Le radiosondage de Bordeaux de la nuit suivante (11 juin 0TU) indique des vents faibles jusqu'à 7 km (vitesse de déplacement des orages déduite de ce sondage : 20 km/h), mais un cisaillement vertical important au-dessus : 50 nœuds à 9,8 km. Les réseaux de générateurs des Hautes-Pyrénées et de la Haute-Garonne avaient été convenablement activés dès 11h30.



Le 11 juin, le minimum barométrique sur l'Atlantique s'est rapproché de la Bretagne, et dans le flux remontant d'Espagne le corps pluvio-instable se décale vers l'est. Dans l'après-midi, la convection se renforce dans la vallée du Rhône, et des cellules souvent peu mobiles engendrent de violents orages localement porteurs de grêle et fournissant d'importants cumuls de précipitations : 40 mm aux alentours d'Avignon (Météo.Hebdo).

Vers 19h, une cellule se déplaçant de l'Ile-de-la-Barthelasse (4 km au nord d'Avignon) vers Robion (6 km à l'est de Cavaillon) produit des chutes de grêle causant d'importants dégâts sur les arbres fruitiers et les vignes. L'axe de la trajectoire, d'après les plus fortes valeurs grélimétriques relevées à Châteauneuf-de-Gadagne et à Robion, correspond à la direction 304°, à comparer à la valeur de 278° prévisible par le radiosondage.

Le réseau de générateurs de Prévigrêle a été mis en fonctionnement dans les délais, mais, pour le 11 juin, avec une composante de nord dans la direction de l'orage, ce réseau n'est pas idéalement disposé pour une efficacité maximale en début de trajectoire.

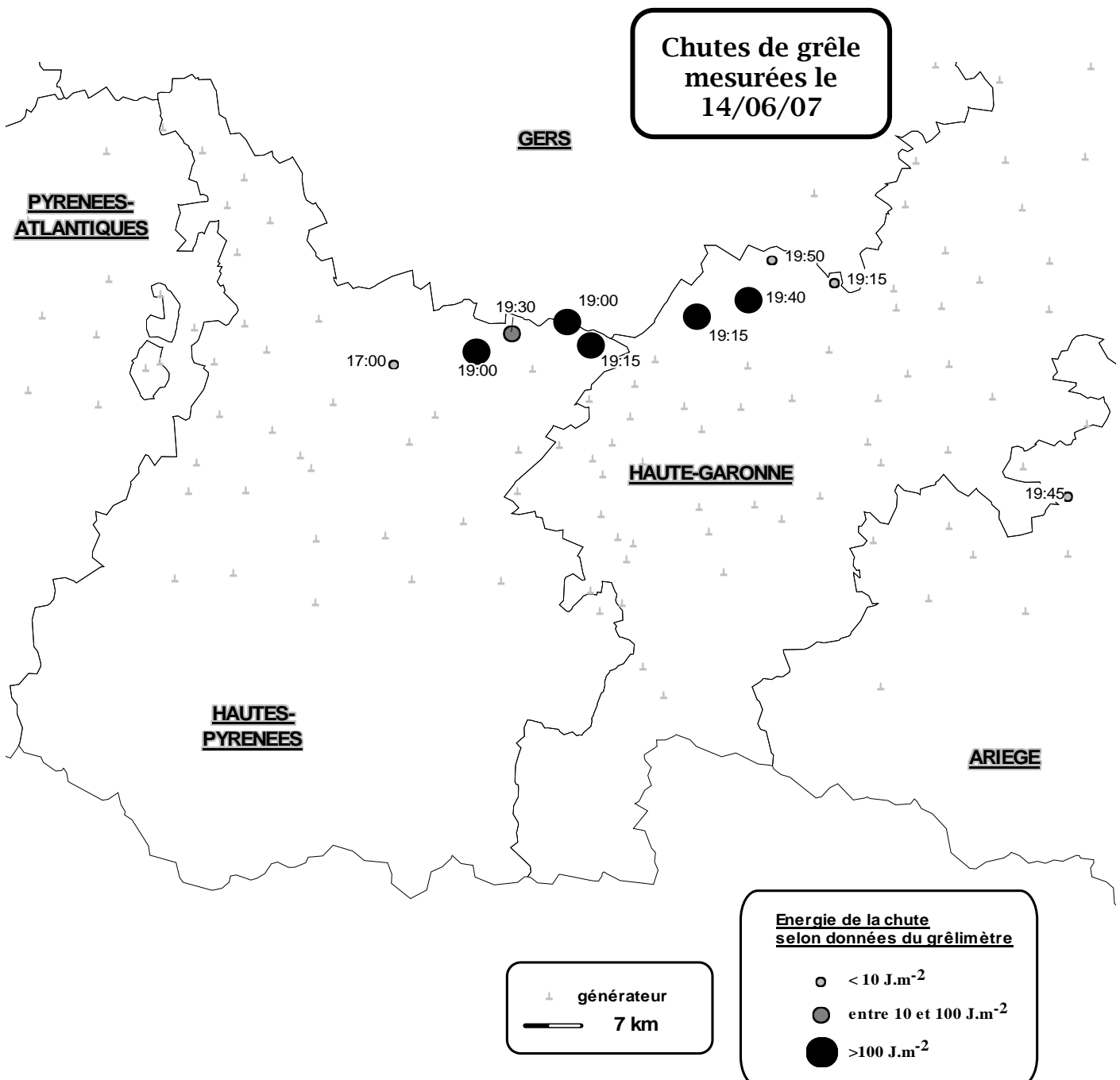


⇒ Jeudi 14 juin 2007

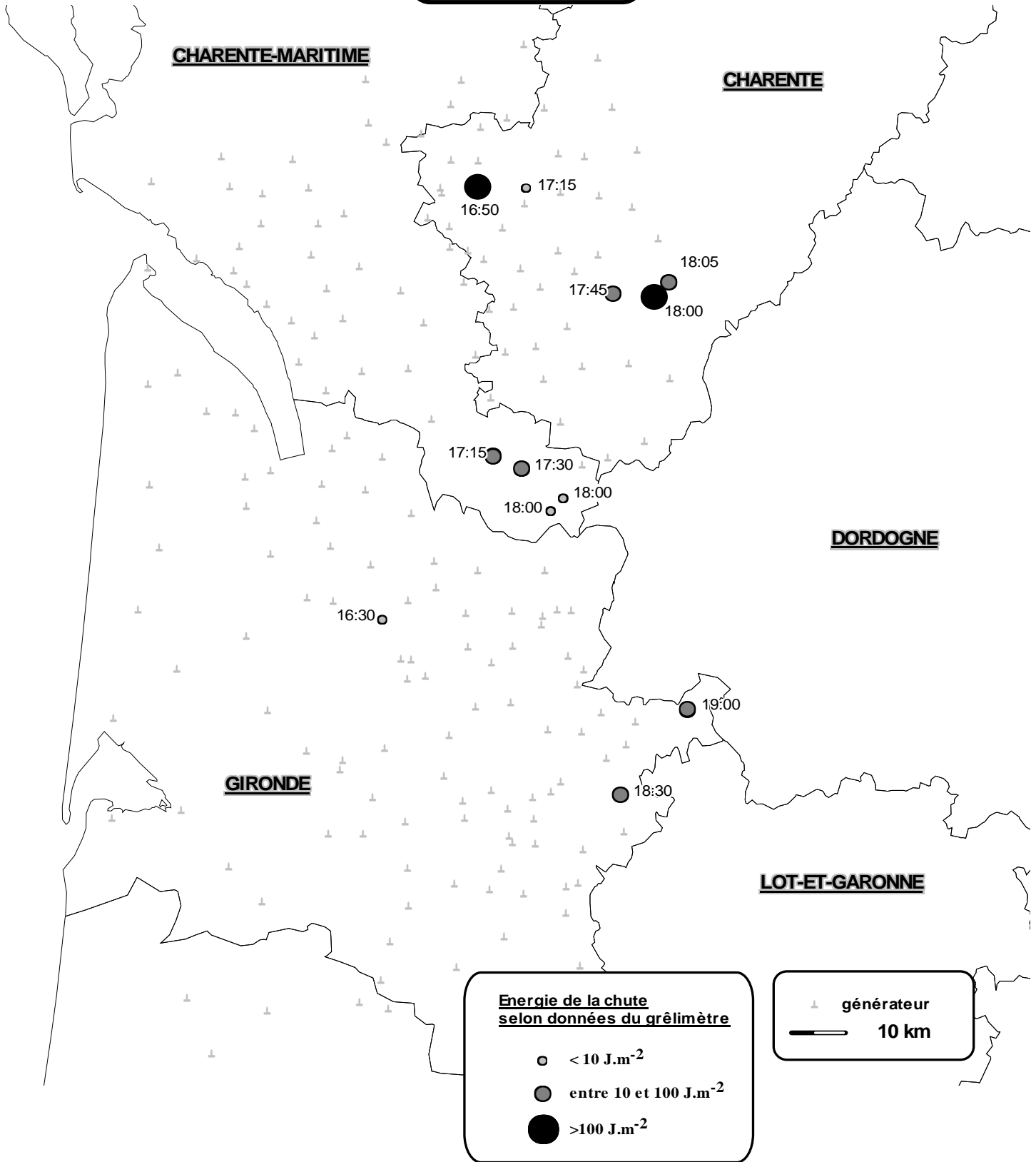
Hautes-Pyrénées, Gers, Haute-Garonne

Dans un rapide flux de sud-ouest dû au creusement d'une dépression au large de la Bretagne, des orages se développent en fin d'après-midi au nord des Pyrénées centrales. Les vents en altitude se renforcent entre midi (52 nœuds à 11,3 km) et minuit (87 nœuds à 10,4 km), de même que l'instabilité.

Entre 17h et 19h, une cellule productrice de gros grêlons parcourt 55 km, de Mun (65) à Goudex (31), en passant par Lalanne-Arqué, à l'extrême sud du département du Gers. Vers 17h45, la cellule passe à 15 km au nord de Tajan, d'où l'on entend le grondement (« la rumeur ») classique des grosses chutes de grêle. Effectivement, une demi-heure plus tard, le sol sur la trajectoire de l'orage est encore parsemé de gros grêlons (jusqu'à 4 cm, classe A4), aux protubérances particulières : ces grêlons sont très grumeleux, et l'observation rappelle celle faite le 21 avril 2004 dans les Hautes-Pyrénées. Dans la Haute-Garonne, les cultures sont fortement touchées dans le secteur de Saint-Ferréol et de Péguilhan, de même que des toitures et des voitures. Les réseaux de générateurs des Hautes-Pyrénées et de la Haute-Garonne étaient en fonctionnement.



**Chutes de grêle mesurées le
19/06/07**



⇒ Dimanche 17, lundi 18 et mardi 19 juin 2007

Gironde, Charente, Charente-Maritime, Cher

Une dépression stagne au large de la Bretagne et dirige des fronts et des lignes de convergence sur l'ouest de la France. Au cours de ces trois journées, les caractéristiques aérologiques sont assez semblables sur les réseaux de l'Atlantique et du Centre de l'ANELFA, avec cependant comme particularités le passage d'un front froid dans l'après-midi du 17, et une zone de convergence en milieu de journée le 19, la partie méridionale de cette zone étant située sur les départements 16, 17 et 33. Les radiosondages de Bordeaux 12TU indiquent plus particulièrement un risque de grêle le 17 juin, avec un vent de 117 nœuds à 9,3 km et une instabilité assez forte, et le 19 juin avec moins de vent en altitude (69 nœuds à 11,3 km) mais une instabilité très élevée : CAPE de 1503 J.

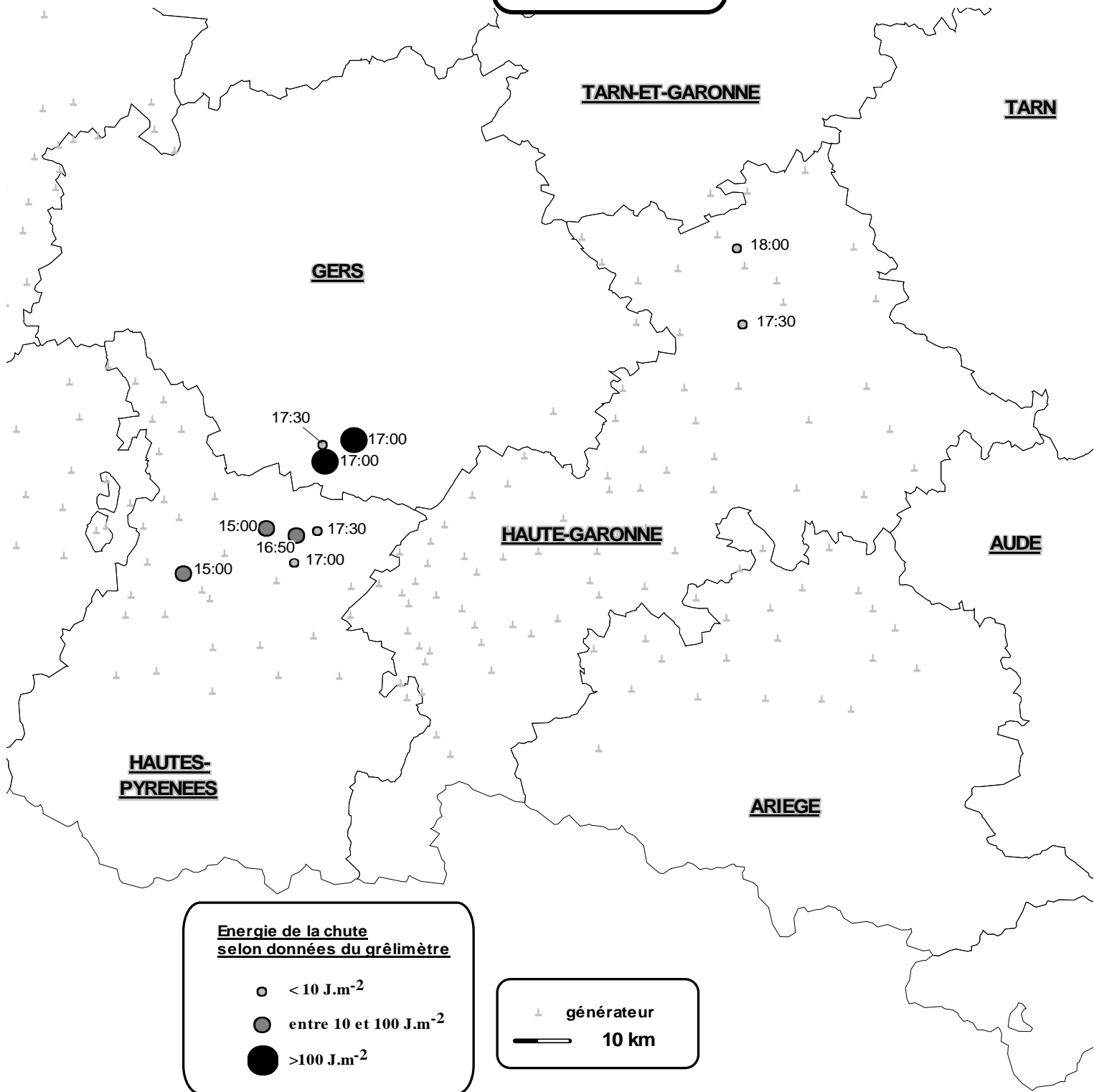
Le 17 juin, dans la traîne du front froid passé à hauteur de Bordeaux vers 14h, des cellules activées par le courant jet en altitude produisent des chutes de grêle A1 entre 22h et 1h du matin sur une zone allant de Pompignac, Yvrac (33) à La Genétouze (17). Les vignes dans le secteur de Saint-Loubès (33) sont endommagées jusqu'à 50%. L'alerte grêle, reçue de Météo-France à 22h23, donc hors délai, n'a pas été transmise aux opérateurs.

Le flux de sud-ouest est encore rapide le 18 juin, et des remontées instables activées par l'ensoleillement conduisent à la formation de nouveaux orages. Depuis le plateau de Lannemezan, on aperçoit une super-cellule au nord, en direction du Lot-et-Garonne, et à l'arrière une cellule accompagnatrice ayant également l'aspect d'un orage à grêle. C'est une cellule semblable qui, plus tard en soirée, a produit les chutes de grêle enregistrées sur l'estuaire de la Gironde, de Macau à Saint-Savin (33). Sur cette dernière commune, les plus gros grêlons atteignent 31mm (grêle A3). Pas d'alerte.

Le 19 juin, une zone de convergence allant de la Gironde à la Normandie se développe à l'avant d'un nouveau front froid lancé par le système dépressionnaire. Les températures minimales de la nuit précédente et les maximales sont élevées (respectivement 20 et 30°C à Bordeaux). Un axe orageux se développe sur la Gironde et les Charente et Charente-Maritime, puis se décale sur le Cher. Les chutes de grêle avec grêlons de plus de 20 mm (A2) produisent de très sérieux dommages aux cultures (jusqu'à 60% sur vignes) et aux voitures de plusieurs communes des trois départements du sud-ouest, entre 16h30 et 19h. A nouveau l'alerte grêle est hors délai pour ces départements, mais tout de même transmise entre 16h09 et 16h42 en vue des développements orageux ultérieurs (effectivement observés sur la Dordogne vers 22h30). Dans le Cher, le réseau est alerté à 17h, mais les chutes de grêle se produisent dès 17h30 sur le nord du département (Saint-Martin-d'Auxigny, Ivoy-le-Pré), sur une zone théoriquement protégée.

En conclusion, les prévisions du risque de grêle au cours de cet épisode à grêle caractéristique du 17 au 19 juin n'ont pas été satisfaisantes.

**Chutes de grêle
mesurées le
17/09/07**



⇨ **Lundi 17 septembre 2007**

Hautes-Pyrénées, Gers, Haute-Garonne, Tarn

La France est dans un flux de sud-ouest qui se renforce en cours de journée, avec à Bordeaux 50 nœuds de vitesse maximale en altitude à 12TU, et 73 nœuds à 0TU la nuit suivante. L'instabilité se renforce à l'avant d'un front froid qui redescend du nord-ouest, et une ligne de convergence s'établit sur Midi-Pyrénées dans l'après-midi. Des systèmes convectifs en provenance du bassin de l'Ebre passent les Pyrénées et se réactivent sur les Hautes-Pyrénées (voir la photo satellite en couverture du Bulletin Climatique de Météo-France).

Une cellule à grêle se forme au-dessus de Tarbes, puis se dirige vers le Gers où le diamètre des plus gros grêlons atteint 22 mm à Barcugnan (17h). A peu près simultanément, et pendant que de faibles chutes de grêle accompagnées d'abats d'eau sont observées dans la Haute-Garonne, un orage à grêle remarquable provoque de très gros dommages dans le Tarn, sur le secteur d'Albi. La zone sinistrée s'étend d'une douzaine de kilomètres à l'ouest-sud-ouest d'Albi (Lagrave) jusqu'à la préfecture du Tarn, elle-même touchée plus sérieusement sur sa partie nord. La station météorologique d'Albi a enregistré à 17h16 un vent de 115 km/h au passage du coup de vent de grain, puis des grêlons de 3 cm de diamètre, enfin 30 mm de pluie.

Le passage d'un véritable orage à grêle sur une ville importante est toujours spectaculaire, et surtout générateur de dommages importants : « les feuilles des arbres, hachées menues, ont recouvert la chaussée sur des centaines de mètres. Ici et là des dizaines de voitures cabossées par les impacts. On ne compte plus les pare-brise ou lunettes arrières explosés, les arbres arrachés, toitures éclatées et abris détruits » (www.ladepeche.com, article/2007/09180801). La zone commerciale du Séquestre a été particulièrement touchée, en particulier un magasin de grande surface dont le plafond s'est effondré. Plusieurs personnes ont été légèrement blessées par les grêlons. Enfin, hors ville, les cultures viticoles et arboricoles ont été sinistrées.

Les réseaux de générateurs des Hautes-Pyrénées et de la Haute-Garonne ont fonctionné de 12h à 23h. Le réseau du Tarn n'a pas fonctionné en 2007.

Conclusions sur la campagne 2007

En 2007, les faits marquants sur la grêle en France et dans le monde n'ont pas manqué. Henri Dessens, l'initiateur scientifique de l'ANELFA, disait qu'une génération était un laps de temps insuffisant pour rencontrer tous les types de situations à grêle dans une région comme le bassin aquitain. Il n'avait pas tort, l'orage de la nuit du 15 au 16 avril, remontant de la Méditerranée vers l'Atlantique en lâchant des grêlons de 3 à 4 cm de diamètre, est le premier de ce type enregistré dans les comptes-rendus annuels de l'Association. Les grêles sur les préfectures du Cher (26 mai) et du Tarn (17 septembre) sont également remarquables, et rappellent que les cultures ne sont pas les seules cibles des grêlons. En Suisse, le 21 juin a été une journée à grêle exceptionnelle pour la « Suisse Grêle », et le Tour de Suisse a même dû être interrompu à cause de « grêlons mesurés atteignant la taille d'un abricot ». Aux Etats-Unis, le lancement de la navette Atlantis avec ses sept astronautes, prévu le 15 mars, a dû être reporté de trois mois en raison de dégâts sur la mousse protectrice de son réservoir externe occasionnés par un orage de grêle.

Il est bien sûr tentant de considérer ces exemples comme l'illustration des changements climatiques. En consultant les numéros Météo.Hebdo de l'été 2007, il est révélateur de noter que pour 5 des 6 épisodes à grêle examinés plus haut, les températures minimales des nuits précédant les journées à grêle avaient battu des records (15-17 avril, 25-26 mai, 17 septembre) ou du moins avaient été très élevées (13 mai, 19 juin). Ces observations viennent confirmer la corrélation déjà signalée entre les étés à température minimale moyenne élevée et les années à grêle (Dessens, 1995). Il est donc bien probable qu'avec le réchauffement attendu le phénomène de la grêle va s'amplifier. D'ailleurs, pour la première fois, une publication scientifique (Leslie et al. 2008) présente des résultats de modélisation de la grêle dans le cadre du « climat futur » (2000-2050) sur la région la plus peuplée d'Australie, le bassin de Sydney. Basé sur la simulation numérique de 3 violents orages à grêle de ces dernières années (avec des grêlons de 6 à 7 cm de diamètre) et sur le scénario standard de l'effet de serre, cette modélisation indique que la fréquence des orages à très grosse grêle va presque doubler, avec risque d'observer des grêlons atteignant 17 cm sur certaines zones limitées.

Ces remarques rappellent la nécessité d'améliorer notre méthode de prévention de la grêle. Certes, même s'il subsiste encore quelques réserves sur le taux d'efficacité de cette méthode, elles ne sont pas plus sérieuses que celles relatives au réchauffement climatique, lesquelles n'empêchent pas de prendre des mesures extrêmement coûteuses au niveau mondial.

A l'analyse des principales situations à grêle de l'année, il devient évident que les progrès les plus urgents devraient porter sur la prévision du risque. Il est en effet regrettable que plus des deux tiers de la grêle mesurée sur nos réseaux en 2007 aient été produits par des cellules nonensemencées (pas d'alerte). Le problème vient en partie de ce que la prévision ne prend en compte que les caractéristiques thermodynamiques de l'atmosphère, et pas les paramètres microphysiques (concentrations en noyaux de condensation et de congélation). Il conviendrait de développer les analyses de l'air telles que celles effectuées par l'ORAMIP en région Toulousaine, et de rechercher les liens entre ces analyses et le risque de grêle.

Références

Dessens, J., 1995 : Severe convective weather in the context of a nighttime global warming. Geophysical Research Letters, Vol.22, N°10, pages 1241-1244.

Leslie, L.M., M. Leplastrier and B.W. Buckley, 2008 : Estimating future trends in severe hailstorms over the Sydney Basin : a climate modeling study. Atmospheric Research, Vol.87, N°1, pages 37-51