

Marcel LEROUX

CNRS UMR 5600
"Environnement, Ville, Société"
Université Jean-Moulin
Lyon 3

Analyse météorologique des pluies torrentielles des 12 et 13 novembre 1999 dans le Languedoc-Roussillon

RESUME

Les pluies torrentielles des 12 et 13 novembre 1999 dans le Languedoc-Roussillon sont associées à deux Anticyclones Mobiles Polaires (AMP) de forte puissance qui se sont écoulés, l'un sur l'Atlantique puis sur la Méditerranée occidentale et l'autre sur l'Europe centrale puis sur la Méditerranée orientale. Le rétrécissement du couloir dépressionnaire entre les apophyses méridionales de ces deux AMP a concentré la formidable énergie méditerranéenne et l'a canalisée vers le golfe du Lion. La rencontre énergétique dans les basses couches le long d'une ligne de convergence méridienne, entre ce flux d'est très humide et rapide et un fragment de l'AMP de trajectoire atlantique dévié vers le sud-ouest de la France par la barrière des Cantabriques-Pyrénées, a provoqué une ascendance violente et des pluies intenses aux conséquences dramatiques.

MOTS-CLES

Méditerranée, sud de la France, pluies diluviennes, inondations, Anticyclones Mobiles Polaires (AMP), couloir dépressionnaire, dynamique du temps.

ABSTRACT

The torrential rains of the 12 and 13 november 1999 over the Languedoc-Roussillon region were directly related with two very strong Moving Polar Highs (MPHs), the one located first over the Atlantic Ocean and then over the Western Mediterranean, and the other over Central Europe and then over the Eastern Mediterranean. The narrowing of the low pressure trough between the southern part of this two MPHs concentrated the very high Mediterranean energy

Les événements météorologiques intenses de nos latitudes, pluies diluviennes, tempêtes, tornades, chutes de neige en plaine, orages de grêle, coups de froid ou vagues de chaleur, aux conséquences souvent dramatiques, ne sont pas dus à la simple fatalité, et seraient donc imprévisibles, mais résultent de conditions aérologiques et géographiques particulières, locales et générales. Ils sont associés à des AMP, Anticyclones Mobiles Polaires, bien individualisés, avec leurs caractères propres, que l'on peut suivre aisément sur les clichés de satellite ou sur les cartes du champ de pression et de vent dans les basses couches, ainsi qu'aux conditions géographiques spécifiques qui sont offertes à leur dynamique. Les inondations récentes de novembre 1999 dans le Languedoc et le Roussillon offrent une illustration éloquente de la mise en place des conditions aérologiques qui conduisent au paroxysme pluviométrique.

DES PRECIPITATIONS DILUVIENNES

Des précipitations "d'une intensité exceptionnelle" (*La Météorologie*, n° 29, 2000, p. 112) se sont abattues sur les départements du Midi à l'ouest du Rhône entre le 12 et le 14 novembre 1999, notamment sur les Pyrénées-Orientales, l'Aude, le sud du Tarn et l'ouest de l'Hérault (fig. 1). Elles ont été qualifiées de "pluies du siècle" et selon Météo-France "les records des cinquante dernières années ont été largement dépassés". Les pluies ont été particulièrement centrées sur deux journées, le 12 surtout et le 13. Le 12 : 244,5 mm sont tombés à Alénia (Pyr. Or.), 256,4 mm à Courniou (Hérault), 300 mm à Murat-sur-Vèbre (Tarn), 340 mm à Siran (Hérault), 348,4 mm à Durban (Aude), 355 mm à Rouairoux (Tarn), 426,8 mm à Caunes (Aude), 551,2 mm à Lézignan (Aude). Le 13 a reçu des précipitations moins importantes : 100,8 mm sont tombés à Bédarieux (Hérault), 110 mm à Murat-sur-Vèbre (Tarn). Au cours de ces deux jours le moment le plus intense s'est produit dans la nuit du 12 au 13 au cours de laquelle le maximum pluviométrique de 621,2 mm a été atteint à Lézignan-Corbières (à l'est de Carcassonne). Le 14 se sont encore déversés : 96,4 mm à Béziers (Hérault) et 50 mm à Murat-sur-Vèbre (Tarn). Des intensités horaires remarquables ont été enregistrées : à Caunes (Aude) : 74,0 mm en 1 heure et 137,8 mm en 2 heures, à Puichéric (Aude) : 86,8 mm en 1 heure et 134,8 mm en 2 heures, à Lézignan (Aude) : 106,6 mm en 1 heure et 192,0 mm en 2 heures. Ces intensités, de "caractère exceptionnel", ont provoqué une très forte réaction des bassins-versants de taille moyenne (100 à 600 km²) et sur les bassins plus petits (de quelques km²) des crues torrentielles majeures (DDE de l'Aude, 2000).

La figure 1 révèle la concentration des fortes pluies, les valeurs supérieures à 200 mm s'étirant des Pyrénées-Orientales jusqu'au sud de

l'Aveyron, les pluies supérieures à 400 mm, puis à 600 mm, concernant essentiellement le département de l'Aude. La figure 2 souligne l'orientation méridienne de l'axe d'activité convective maximale dans la nuit du 12 au 13 au moment du paroxysme pluviométrique. Ces deux figures mettent nettement en évidence :

- la parfaite organisation de la zone de pluviosité maximale, de direction méridienne, et son indépendance vis-à-vis du relief ;
- la forte concentration des pluies dans le temps (soirée du 12 et nuit du 12 au 13) et dans l'espace, les fortes chutes se produisant dans les parties basses, notamment dans les plaines de l'Aude ;
- les quantités considérables de pluies déversées qui ont exigé des transferts énormes de potentiel précipitable, transferts aérologiques qu'on peut estimer grossièrement - au-dessus d'1 km² - de la région de Lézignan qui a reçu plus de 600 mm, à 50 milliards de m³ d'air saturé d'eau d'origine méditerranéenne. Se pose alors la question essentielle : quel est le facteur dynamique capable de provoquer ces formidables transferts d'air dans les basses couches et à très grande vitesse ?

LES EXPLICATIONS DE METEO-FRANCE

De nombreuses hypothèses ont été avancées par Météo-France (MF), de façon immédiate ou après plus ample réflexion. Dans *La Météorologie* (n° 29, mars 2000, p. 112) l'explication est la suivante : "la conjonction de l'advection d'air doux par le Golfe du Lion, d'une zone de basses pressions en altitude et du soulèvement orographique contribue à l'arrivée sur ces régions de précipitations catastrophiques". Pour Sénéquier (*MF Sud-Est*, 2000) les fortes pluies sont dues à "l'arrivée en altitude d'air froid d'origine polaire" et au "soulèvement par le relief" d'un air chaud et humide de basses couches. Selon Météo-France, la situation présente "une conjonction de facteurs météo exceptionnels, qui ont peu de précédents en France".

Les arguments avancés par les divers services régionaux de Météo-France peuvent être ramenés à quatre principaux : des eaux marines chaudes, l'influence des reliefs sur la pluie, la présence d'une dépression en altitude (à 500 hPa), et l'intervention de la "dépression des Baléares".

- Des eaux marines chaudes (égales à 20,4°C le 12) sont censées expliquer l'abondante fourniture d'eau : "le vent venu des Baléares se gorge d'humidité" (MF). Soulignons que les eaux ont été plus chaudes en été, et qu'on est déjà au mois de novembre... Pourquoi donc avoir laissé passer l'été ? La référence plus ou moins directe au présumé *global warming* apparaît aussi comme une concession simplette à la mode ; la Nature s'est elle-même chargée de corriger cette interprétation douteuse : la même situation de

descente ininterrompue d'AMP méridiens puissants a conduit une semaine plus tard (les 20 et 21 novembre 1999) à des chutes de neige en plaine dans le sud du couloir rhodanien, vague de froid sévère et neige qu'on ne peut naturellement pas attribuer à un "réchauffement"...

- L'orographie est communément évoquée pour caractériser des pluies dites "cévenoles" associées à "une masse d'air chaud gorgée d'humidité qui bute sur les montagnes" (MF). Rappelons que les plus fortes pluies se sont produites en plaine et que l'organisation générale de la bande méridienne de pluviosité maximale ne doit strictement rien à l'ascendance provoquée par le relief, l'influence supposée de la Montagne Noire en particulier apparaît bien insignifiante à côté du barrage aérologique (cf. ci-dessous l'apophyse anticyclonique **a**, fig. 6).

- Des basses pressions en altitude, ou "une arrivée d'air froid en altitude", voire une goutte froide à 500 hPa : "une goutte d'air froid (- 32°C) présente le 12/11 à 00 TU sur l'ouest de la France a généré un rapide courant de sud-ouest sur le golfe du Lion. Son déplacement, le vendredi, puis le samedi, a provoqué une bascule du flux au sud (vendredi 12 h) au sud-est (samedi 00 h) puis d'est/sud-est" (source Météo-France, in *DDE11*, 2000). Une goutte froide en altitude (*cut-off low* selon l'école dynamique des années 1940) est censée créer au-dessous d'elle un "cyclone de basses couches qui lui est étroitement inféodé", comme le rappelle Vigneau (2000, p. 133) qui ajoute que dans le "climat méditerranéen elles déterminent des pluies considérables". Mais il n'y a pas plus de goutte froide que de dépression bien marquée, comme le soulignent de manière évidente les cartes du BME (bulletin météorologique européen). La figure 3 montre que le niveau 500 hPa n'offre qu'un reflet très déformé et atténué des phénomènes de basses couches, la dépression ne surmontant pas l'asymptote de confluence des niveaux inférieurs. La position de la dépression au-dessus de l'Espagne (BME), ou de l'ouest de la France (MF), ne se trouve ainsi pas au-dessus de la zone des ascendances maximales et des pluies (et ne peut donc pas contribuer à les expliquer)... La référence au niveau 500 hPa n'apparaît ainsi, comme d'habitude, qu'une simple concession au dogme qui depuis Rossby (1939) accorde la primauté à l'altitude... Il est en outre évident que la priorité accordée au quart sud/sud-est (selon Météo-France, cf. ci-dessus) est plus qu'*opportune* (c'est le moins qu'on puisse dire), car on aurait aussi bien pu évoquer, par exemple, *un courant de nord-ouest, puis une bascule*... (sachant que l'air conflue de tous les côtés vers une dépression). Ajoutons enfin qu'à 500 hPa ne subsiste que (la moitié de l'air et) très peu de potentiel précipitable qui provient des niveaux inférieurs. On n'observe en outre pas davantage de "cyclone de basses

couches" (qui serait donc tourbillonnaire), mais une ligne de confluence d'orientation méridienne bien marquée.

- Une "dépression sur les Baléares", explication qui fait appel à un personnage classique de la mythologie météorologique : "Une vaste dépression s'était formée dans la journée du vendredi 12 sur l'Espagne et la Méditerranée occidentale. Elle a produit un régime de vent d'est à sud-est fort" (MF, site web). Cette dépression apparaît-elle par "génération spontanée" ? La dite dépression a d'ailleurs été formée dès le 11 par l'intrusion de l'apophyse anticyclonique **A** dans la mer d'Alboran (cf. fig. 5), et comme le montre la figure 4 cette dépression mobile n'est "des Baléares" qu'un bref moment le 12 novembre, et elle pouvait aussi bien produire un tout autre régime de vent, dans un autre quadrant, à condition bien entendu de ne pas faire partie d'un couloir dépressionnaire mobile dont elle ne représente le 12 et le 13 que l'extrémité nord...

- Sénèque (2000) remarque bien une "ligne quasi-stationnaire... axée *grosso-modo* sud-nord". Est-il d'ailleurs possible de ne pas la remarquer ? (cf. fig. 2). Mais il ne l'explique pas... alors qu'elle correspond à l'axe des fortes pluies, c'est-à-dire à ce que l'on doit précisément expliquer ici. Il est vrai que l'application du dogme ne peut pas l'aider, et pour cause, puisque cette *ligne*, comme Sénèque le souligne lui-même, n'apparaît pas "sur les cartes analysées ou prévues des modèles"...

Ces diverses hypothèses, classiques, ne sont en fait que les répétitions de recette invérifiées. Elles n'expliquent ni l'origine, ni la mobilité de la dépression et du couloir dépressionnaire de surface (ni la disposition de ce couloir), ni la formidable advection d'air méditerranéen chaud et humide, de sud-est, à très grande vitesse et dans les basses couches, ni la localisation précise des pluies (notamment leur concentration et leur orientation) et encore moins leur intensité, ni l'existence de l'intense confluence/convergence de basses couches... en fait, elles décrivent des cartes, elles évoquent des phénomènes qui apparaissent *ex nihilo*, mais elles n'expliquent rien !

Faut-il alors chercher les explications de cette situation météorologique remarquable dans les publications de Météo-France ?

- Rivrain (1994) et Giorgetti *et al.* (1994) attribuent les paroxysmes pluviométriques méditerranéens à des "systèmes en V" (terme proposé sous les Tropiques, dans des conditions météorologiques et géographiques très différentes, par Franck, 1967). Ces "systèmes convectifs régénératifs de méso-échelle quasi-stationnaires", hypothétiques "SCR" seraient prétendument "dotés d'un cycle de vie propre", seraient déclenchés par le passage de "talwegs d'altitude", et ils auraient ainsi "été à

and channelled it towards the Gulf of Lion. The low-level collision, along a meridian convergence line, of this very wet and rapid easterly streamflow and a part of the MPH which had followed an Atlantic path and had been diverted towards southwest France by the Cantabric-Pyrenean range, provoked a violent ascent and heavy rains with dramatic consequences.

KEY-WORDS

The Mediterranean, south of France, torrential rains, floods, Moving polar highs (MPHs), low pressure trough, weather dynamics.

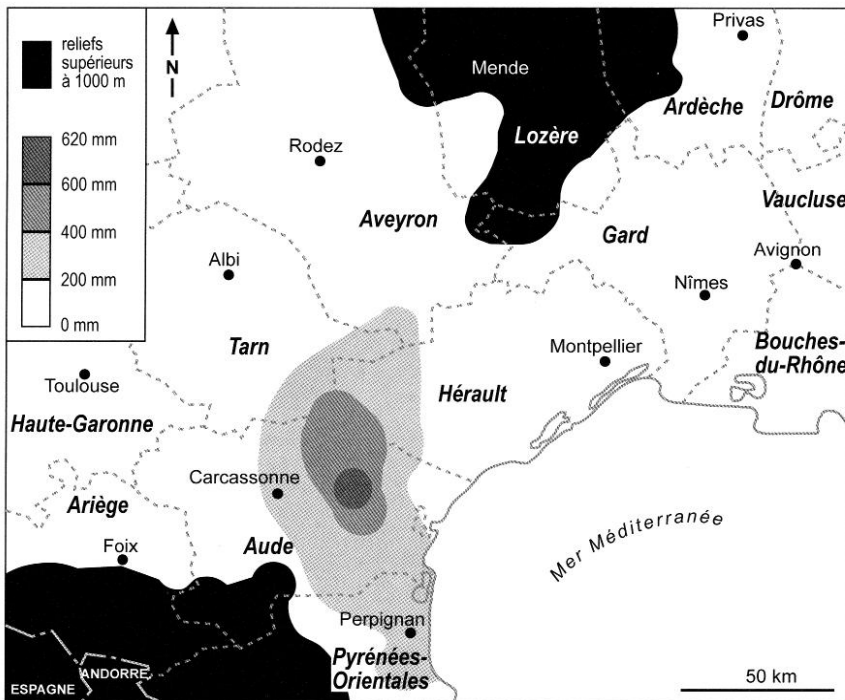


Figure 1 : Précipitations dans le Languedoc-Roussillon du 12 au 14 novembre 1999 (entre 06h00TU le 12 et 06h00TU le 14).

Carte établie par J. Blanchet (Laboratoire de climatologie, risques naturels et environnement) à partir des données pluviométriques de Météo-France

Figure 2 : Image radar du 12 novembre 1999 à 23h55 TU (simplifiée d'après les données radar Météo-France)



l'origine, entre autres, des épisodes remarquables de Nîmes, Vaison..." (Rivrain, 1994). Ces talwegs, simplement présumés (car comme l'avouent les auteurs ils n'ont pas été observés : "... soupçonnés mais difficiles à suivre..." in Giorgetti *et al.*, 1994) doivent nécessairement exister puisqu'il est d'emblée admis que c'est la situation en altitude qui commande les phénomènes. Simple question de conviction ! Voici donc, en guise d'explication de pluies jugées exceptionnelles, dans leur intensité, leur étendue et leur durée, un mystérieux "système en V ou SCR", emprunté à la littérature d'outre-Atlantique, promu nouveau *deus ex machina* et des "talwegs soupçonnés" (Leroux, 1995), dont l'existence et l'action n'ont pas été démontrés. Ce mystérieux "système en V" n'est en outre pas raccordé au champ de vent, ni sur les cartes synoptiques ni sur celles issues des modèles, tandis que son origine et son fonctionnement sont inconnus puisque n'ont pas été précisées les conditions aérologiques et géographiques lointaines et immédiates de son développement et du maintien de son activité (Leroux, 1995)... Soulignons que les pluies diluviennes de Nîmes en 1988, de Vaison-la-Romaine des 21 et 22 septembre 1992, celles de Rennes-le-Château et Couiza dans l'Aude des 26 et 27 septembre 1992 et de bien d'autres événements de ce type comme par exemple à Puisserguier le 28 janvier 1996 (Lafaye, 1998), ne doivent strictement rien à ces prétendus "systèmes en V", mais qu'elles ont été provoquées lors de situations météorologiques comparables à celle de novembre 1999 par des Anticyclones Mobiles Polaires clairement identifiés par les satellites (Leroux, 1993a).

- A. Joly (1995), du CNRM (Centre national de recherches météorologiques de Météo-France), considère que des "tourbillons erratiques" d'altitude... qui traînent partout dans l'atmosphère seraient à l'origine "des tempêtes les plus soudaines et les plus intenses" (*La Météorologie*, 1995, p. 62). Le mauvais temps, voire la tempête, résulterait alors de la rencontre plus ou moins heureuse ou de la conjonction présumée "entre un tourbillon supérieur et un tourbillon inférieur", idée empruntée à Farrell (1994), schéma classique de la superposition de deux concepts anciens d'une onde d'altitude (1939) sur une dépression du "front polaire" (1920), qui n'a jamais abouti à une synthèse entre ces deux écoles et qui place la météorologie dans une impasse conceptuelle depuis plus de cinquante ans (Leroux, 2000). Cette conception fait, selon Joly (1995), du "hasard et de l'opportunité" le facteur premier du mauvais temps, qui apparaît ainsi par nature imprévisible : dans ces conditions l'explication et la prévision des phénomènes météorologiques les plus violents appartiennent donc encore et pour longtemps, au

domaine de l'utopie, notamment dans le Midi méditerranéen (Leroux, 1996a).

- Ce concept des tourbillons présumés du CNRM a été repris presque intégralement sur le site web Météo-France (2000), pour expliquer les tempêtes de décembre 1999, qui sont en outre guidées par "le rail des dépressions" (ou *stormtrack*, c'est-à-dire le jet d'altitude) selon la formule sibylline : "le rail tient les dépressions et les dépressions tiennent le rail". Le très hypothétique rail atlantique apparaît toutefois hors de cause dans cet événement pluviométrique de novembre 1999, mais ce n'est pas la définition suivante de la dépression qui peut en faciliter l'explication : "une dépression est donc une sorte de machine naturelle qui fabrique du vent en brassant de l'air d'une certaine manière" (Joly *et al.*, 2000). Est-ce bien sérieux ? Ce n'est pas non plus l'origine présumée de la dépression et de l'énergie consommée qui peut faciliter la compréhension des phénomènes : "ce n'est donc pas "l'alimentation" en air chaud ou froid qui fait la dépression, c'est la dépression, source du vent et donc des déplacements d'air, qui fait circuler autour d'elle l'air qui lui permettra de s'amplifier davantage ou non" (Joly *et al.*, 2000). Voici la "dépression" devenue autonome (n'ayant pas besoin d'énergie), et en outre devenue facteur (et non plus conséquence) !

En dépit des graves insuffisances soulignées ci-dessus et de l'inaptitude des concepts officiels à expliquer pourquoi il a tant plu en novembre 1999, les géographes-climatologues, dans leur très grande majorité inféodés à l'institution météorologique (adhésion par défaut ?), suivent habituellement à la lettre la démarche et les canons de Météo-France, et en reproduisent tels quels les documents (photocopies brutes). Une "analyse" de la situation météorologique des 12 et 13 novembre 1999 doit donc (en appliquant fidèlement le dogme), en sus de la panoplie classique des "recettes" précédentes (eaux chaudes, relief, dépression des Baléares...), accorder la primauté à l'altitude (notamment à une dépression à 500 hPa... si possible située au-dessus de la zone de pluie), évoquer une superposition de deux dépressions (réelles ou fictives), et attribuer la responsabilité des pluies à "un système en V"...

En résumé, ce n'est ni dans les analyses fournies par Météo-France, ni dans la littérature récente météorologique ou géo-climatologique consacrée à ce sujet, que l'on peut trouver les explications des pluies diluviennes de novembre 1999 sur le Languedoc-Roussillon. L'observation attentive des phénomènes, la prise en compte des conditions géographiques spécifiques régionales et le concept AMP, permettent au contraire de mettre

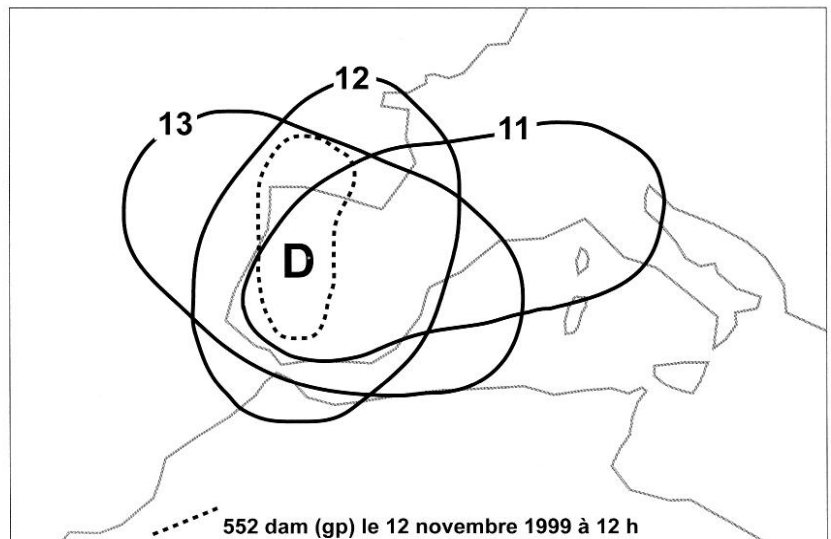


Figure 3 : Contours de l'isohypse 560 dam (gp) du 11 au 13 novembre 1999 (d'après BME)

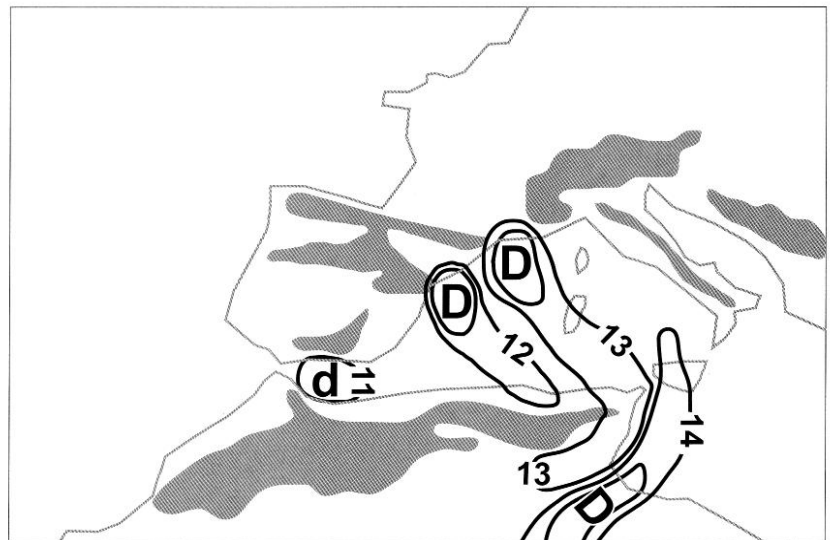


Figure 4 : Dépression, et couloir dépressionnaire, en surface du 11 au 14 novembre 1999 (d'après BME)

aisément en évidence les acteurs de cette situation météorologique remarquable.

L'ANALYSE DES CARTES AVEC LE CONCEPT AMP

Champ de vent associé à un Anticyclone Mobile Polaire (AMP)

Un AMP, lentille pelliculaire d'air froid originaire des hautes latitudes, associe une partie anticyclonique (l'AMP proprement dit) et une partie cyclonique formée par un couloir dépressionnaire périphérique et une dépression fermée ou cyclone (Leroux, 1996, 2000). Sa densité (due aux basses températures initiales) lui permet

Figure 5 : Mise en place des AMP 1 et 2 les 10 et 11 novembre 1999 (surface, d'après BME à 00 UTC)

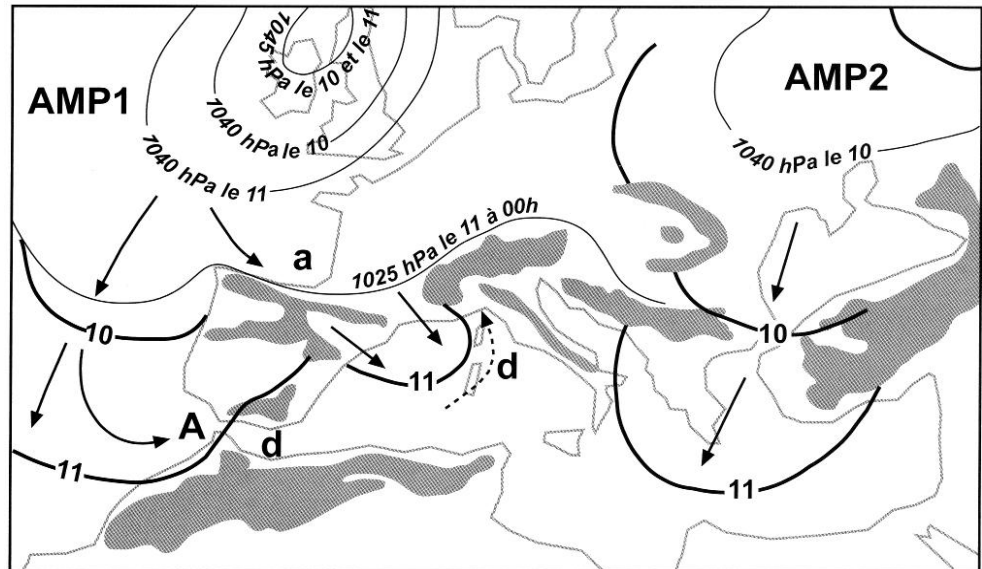
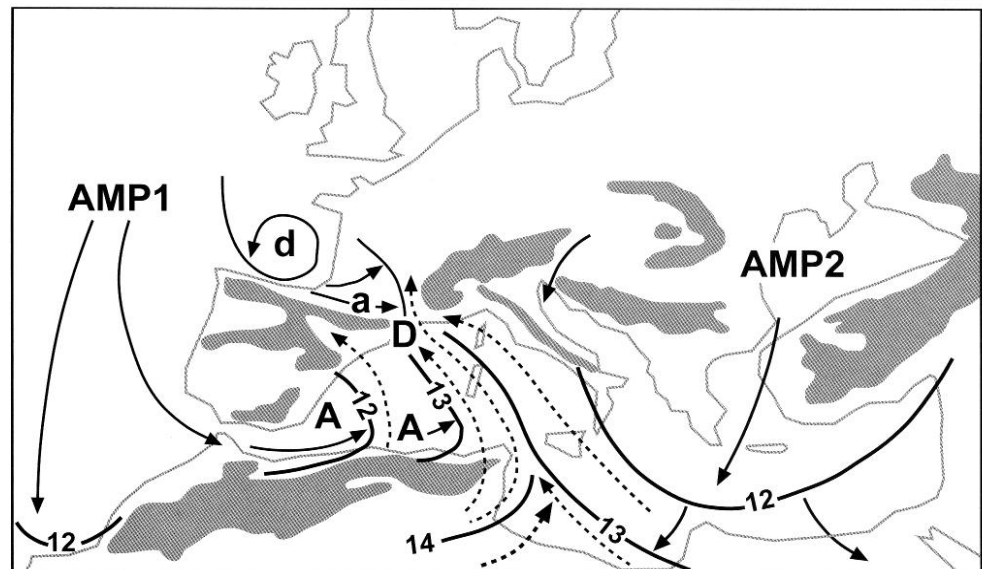


Figure 6 : Formation et resserrement du couloir dépressionnaire sur la Méditerranée occidentale les 12 et 13 novembre 1999 (surface, d'après BME à 00 UTC)



en effet de dévier et de soulever au cours de sa trajectoire l'air antécédent, appartenant à un AMP précédent ou à un flux d'origine tropicale. Il est ainsi le véhicule de l'air froid vers la zone tropicale, et il provoque en retour principalement sur sa face avant une advection d'air réchauffé ou chaud (en valeur relative ou absolue) vers les hautes latitudes. Constitué d'air froid et dense il est peu épais (environ 1 500 m) et il ne peut franchir les reliefs dont la hauteur de commandement est supérieure à sa propre épaisseur. Un relief de l'ordre de 1 000 m peut ainsi devenir (en fonction de la saison) un puissant facteur de canalisation de l'écoulement d'air froid. L'arrivée d'un AMP sur la France est relativement aisée en raison de la distribution marginale des reliefs imposants (Leroux, 1990, 1996). Les AMP qui parviennent sur

le territoire au nord de l'entonnoir orographique formé par les Cantabriques-Pyrénées et les Alpes provoquent sur leur face avant l'advection vers la France du potentiel énergétique et précipitable atlantique. Le relief rend par contre malaisée la mobilisation du potentiel méditerranéen : la péninsule ibérique, par l'altitude de son plateau et par ses sierras, rend plus difficile la pénétration des AMP vers le bassin occidental de la Méditerranée, de façon atténuée en hiver lorsque les AMP sont plus épais et débordent ainsi plus facilement vers l'est, et de façon plus efficace en été lorsque les AMP sont moins épais et ont une trajectoire moins méridionale. Mais lorsqu'un AMP pénètre sur la Méditerranée occidentale et s'y reconstitue partiellement il peut alors provoquer sur sa face avant le transfert vers le nord de ce

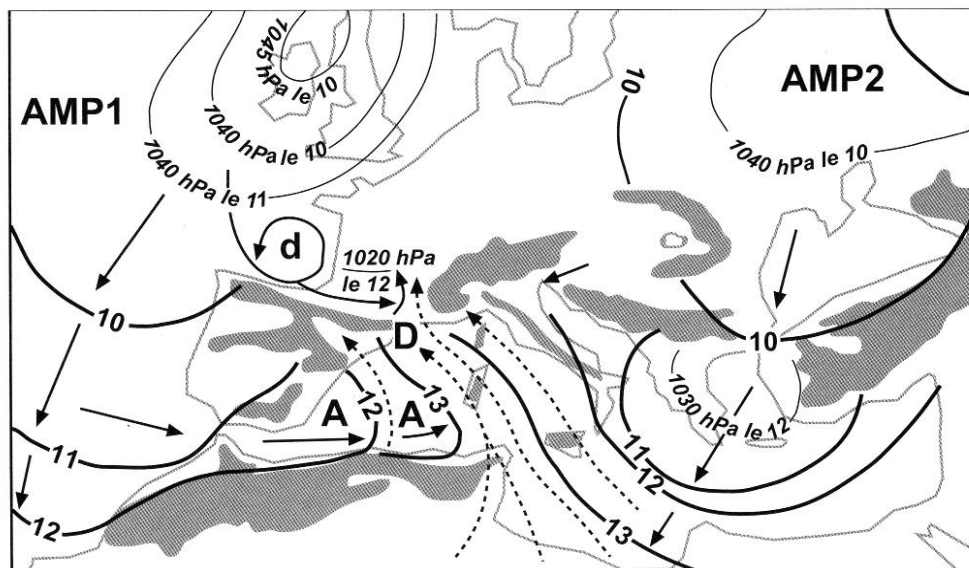


Figure 7 : Evolution des conditions de basses couches ayant provoqué les pluies torrentielles des 12 et 13 novembre 1999 (d'après les cartes de surface du BME et les clichés du satellite Météosat)

riche potentiel. C'est précisément ce qui s'est produit en novembre 1999.

Evolution de la situation en surface du 10 au 13 novembre 1999

Les 9 et 10 novembre (fig. 5) deux AMP de forte puissance, réunis par une dorsale anticyclonique de pression élevée, envahissent l'Atlantique Nord et l'Europe :

- L'AMP1 descend directement et rapidement de l'Arctique à l'est du Groenland, il atteint 1045 hPa le 10 et le 11, valeur très élevée pour la saison et pour un AMP de trajectoire océanique,
- L'AMP2, qui atteint la puissance de 1040 hPa le 10, s'étend sur l'Europe centrale vers le bassin oriental de la Méditerranée, entre les Balkans et les hauteurs anatoliennes.

Le 11 novembre (fig. 5) les deux AMP poursuivent, en s'étalant, leur déplacement vers le sud :

- L'AMP1 est coupé en deux par les Cantabriques. La partie nord est déviée vers l'est sur le bassin aquitain, s'enfonce dans l'entonnoir orographique et déborde sur le nord de la Méditerranée occidentale entre les Pyrénées et les Alpes, provoquant tramontane, mistral et cierzo. La partie sud descendue sur l'Atlantique déborde sur la péninsule ibérique et se dirige vers la Méditerranée, notamment entre l'Atlas et la Sierra Nevada. Son intrusion sur la Mer d'Alboran provoque la formation d'une dépression peu creusée (fig. 4) qui commence à remonter lentement vers le nord sur le littoral méditerranéen de l'Espagne ;
- L'AMP2 s'étale sur la Méditerranée orientale, vers l'Afrique et vers l'ouest.

Le 12 novembre (fig. 6, photos 1 et 2) voit l'invasion progressive de la Méditerranée par les

deux AMP, la formation du couloir dépressionnaire intermédiaire et le resserrement progressif de ce couloir qui draine le potentiel précipitable et énergétique méditerranéen vers le golfe du Lion.

- La coupure de l'AMP1 par le relief du Finistère, dans les basses couches, provoque la formation d'un vortex dynamique de sens cyclonique (**d**) au-dessus du Golfe de Gascogne, tandis que le lobe anticyclonique nord (**a**) se maintient sur le sud-ouest de la France.

- L'apophyse sud (**A**) de l'AMP1 (qui atteindra la Tunisie en fin de journée) progresse rapidement vers l'est le long du littoral maghrébin. Sur la face avant de l'AMP1 l'air antérieur est violemment soulevé et dévié vers le nord, d'abord vers l'Espagne puis vers le sud de la France.

- L'AMP2, qui progresse vers le sud, provoque sur sa face arrière une intense circulation de sud-est sur la Méditerranée centrale et occidentale.

- Le couloir dépressionnaire entre l'AMP1 et l'AMP2 est progressivement rétréci et il s'étire dans la nuit du 12 au 13 du golfe de Gabès au golfe du Lion, advection de l'air d'abord africain (situation de *chergui*, *chili* ou *sirocco*, Leroux, 1996) au fort pouvoir évaporateur, puis méditerranéen fortement humidifié. Au fur et à mesure, par effet Venturi, la remontée vers le nord du potentiel méditerranéen est accélérée : la vitesse du vent est égale le 12 à 137 km/h à l'île du Levant (Var), à 144 km/h au Cap Bear (Pyr.-Or.) et le 13 à 126 km/h à Leucate (Aude). Une violente tempête souffle en Méditerranée dans un flux de sud/sud-est puis d'est/sud-est, accompagné d'une forte houle et d'une montée du niveau de la mer dans le golfe du Lion, provoquant l'échouage de trois navires entre La Franqui et Port-la-Nouvelle. Cette puissante advection de basses couches est observée le 12 novembre à 12 h, par les sondages, à Cagliari à 850 hPa : S/SE = 30 kts (nœuds) et à 700 hPa : S = 20 kts, à Ajaccio à 850 hPa : SE = 20

kts et à 700 hPa : S = 20 kts, à Toulon à 850 hPa : E = 25 kts et à 700 hPa : SE = 25 kts, à Nîmes à 850 hPa : SE = 45 kts et à 700 hPa : SE = 35 kts (d'après BME).

- L'apophyse nord (**a**) de l'AMP1, déviée vers l'Aquitaine par les Cantabriques et les Pyrénées, barre le passage vers l'ouest dans les niveaux inférieurs à l'intense flux de sud-est du couloir dépressionnaire, flux aux vitesses supérieures à 100 km/h. Ce flux d'est ne peut ainsi que s'élever violemment et libérer l'énergie méditerranéenne en provoquant des pluies diluviennes (fig. 1 et 2) le long de l'asymptote de confluence d'orientation méridienne, moulée sur la face avant de l'apophyse anticyclonique **a**. Le flux d'est passe ensuite au-dessus de cette apophyse qui ne semble pas atteindre 1 500 m d'épaisseur, comme l'indique la carte à 850 hPa du BME, le 12, à 12 h : le vent est à ce niveau de SE, 40 kts, à Toulouse, de SE également, 20 kts, à Bordeaux, au-dessus du flux d'ouest de basses couches (dans le lobe anticyclonique **a**).

Le 13 novembre la rencontre de l'AMP1 et de l'AMP2 dans le nord du bassin occidental de la Méditerranée ferme le couloir dépressionnaire et met fin à l'advection de basses couches : les pluies diminuent et s'arrêtent. La partie sud du bassin méditerranéen reste encore dépressionnaire, au sud de la jonction des deux AMP (fig. 4). L'AMP2 atteint l'Afrique où il alimente une accélération de l'alizé continental (harmattan).

L'analyse de cette situation montre que l'observation attentive des cartes de surface permet d'expliquer les paroxysmes, à condition toutefois d'examiner d'abord les facteurs du temps : les AMP, avant leurs conséquences : les dépressions. Elle montre également, comme celle de Vaison-la-Romaine (Leroux, 1993a), et d'une multitude d'autres (160 situations analysées par Comby, 1998) que cette situation n'a rien d'exceptionnel : dès la fin de l'été la restauration de la puissance des AMP leur permet de pénétrer plus aisément sur le bassin occidental de la Méditerranée et d'y provoquer des transferts de potentiel précipitable vers le nord. Cette configuration du champ de pression est habituellement explosive (même avec un seul AMP sur l'Atlantique oriental), et elle l'a été encore ici davantage en raison de la conjonction de l'action de deux AMP sur la Méditerranée et de leur forte puissance inhabituelle.

On ne peut donc pas estimer que des fortes pluies étaient "difficilement prévisibles"... Prévoir des pluies abondantes dans une telle configuration est absolument banal : c'est une situation-type de l'automne méditerranéen (Leroux, 1993b). Météo-France a émis le 11 novembre à 15 h un premier bulletin d'alerte, prévoyant un cumul de pluie de 30 à 60 mm... ce qui ne constitue pas une véritable

prévision, étant donné la modicité des pluies prévues, surtout lorsqu'on prétend "faire des prévisions à 7 jours"... Le second bulletin émis le 12 par le centre d'Aix-en-Provence vers 12 h aggrave le total des cumuls... mais la tempête fait déjà rage en Méditerranée et les précipitations tombent déjà avec violence... A la suite de l'épisode dramatique de Vaison-la-Romaine, la Délégation aux Risques Majeurs constatait : "on reste stupéfait par l'absence de discours clair tenu par les spécialistes sur les limites techniques actuelles de la prévision météorologique" (DRM, 1992)... Huit ans après, les choses n'ont pas avancé d'un *iota*, Météo-France n'ayant encore, par ses bulletins d'alerte, fait que "courir" après les événements !

Conclusion

Les pluies diluviennes des 12 et 13 novembre 1999 dans le Languedoc-Roussillon soulignent la parfaite organisation des phénomènes météorologiques, qui obéissent à des mécanismes précis, qu'ils appartiennent à la dynamique quotidienne du temps ou à ses phases de paroxysme. Il n'y a pas entre ces phénomènes dont l'ampleur est variable de différences de nature, mais des différences d'intensité, qui peuvent donner à certains d'entre eux un caractère "exceptionnel", en liaison avec d'autres facteurs, notamment géographiques, qui amplifient les conséquences du phénomène aérologique (le relief contribuant ici de façon déterminante, comme dans la situation de Vaison-la-Romaine, à la mise en place des conditions dynamiques). Leur genèse, cependant, ne relève pas de l'exception, les mécanismes du temps étant toujours identiques. Le temps résulte de conditions lointaines qui commandent le transfert du potentiel énergétique et précipitable, et de conditions locales qui réaménagent ces conditions dynamiques (et à ce niveau le point de vue du géographe s'avère précieux). La notion même de "perturbation méditerranéenne" est ainsi un non-sens, surtout pour ceux qui, encore plus bizarrement alors, privilégient l'altitude (qu'y-a-t-il de si particulier au-dessus de la Méditerranée au-delà de 6 000 m. ?) : la spécificité méditerranéenne n'est pas aérologique, mais géographique et située dans les basses couches. On ne peut donc pas faire appel, au gré des circonstances, à une "explication" sortie d'on ne sait quel chapeau, une dépression autonome qui se déplace selon sa fantaisie, un système apparu *ex nihilo*... mystérieuses apparitions fugaces et opportunes dont la place n'est pas reconnue dans le champ de pression et de vent, local ou général.

Une analyse de situation météorologique n'est pas simplement académique, elle veut être une contribution - novatrice - et utile à la connaissance des phénomènes et à la gestion des risques, en

offrant notamment une aide à la prise de décision pour les mesures de prévention, et en constituant une vive incitation à l'amélioration de la prévision. Ce n'est pas tout à fait le point de vue (affiché) de la "météo", pour qui, selon Joly du CNRM : "prédire n'est pas expliquer" (*La Recherche*, 1995, 276, vol. 26, p. 480), mais a-t-il raison d'ajouter : "la prévision progresse, pas la compréhension" ? Si en effet la compréhension des phénomènes ne progresse pas avec les recettes traditionnelles, rien n'indique que la prévision progresse réellement, et certainement pas cet évènement dramatique de l'Aude... Le débat s'inscrit ainsi dans un cadre plus large que l'évènement lui-même, il pose en effet en ce qui concerne la prévision le problème de la démarche, statisticienne et probabiliste d'un côté, ou déterministe de l'autre. Les modèles de prévision étant fondés sur la première démarche, la "compréhension" approfondie des phénomènes n'est en effet pas véritablement indispensable. La statistique et les probabilités donnent de "bons" résultats... tant que le déroulement des processus ne sort pas de la "normale" : il n'y a ainsi aucune difficulté à prévoir, avec un coefficient de confiance de 4 sur 5, voire 5 sur 5, de la pluie sur Paris lorsqu'il a plu sur Brest, les perturbations se déplaçant habituellement d'ouest en est... et comme les AMP ont une trajectoire américano-atlantique dans environ 3/4 des cas, le coefficient de "réussite" est confortable... mais a-t-on besoin de modèles pour parvenir à ce résultat ?

Le temps dépend sous nos latitudes, non d'abstractions issues de calculs, mais d'objets déterminés, les AMP, "corps physiques concrets et personnalisés" selon l'expression de Demangeot (*Bull. AGF*, 1999, p. 664), qui créent des temps particuliers à chaque AMP et à chaque stade de son évolution, en fonction de ses potentialités initiales et acquises et des circonstances rencontrées en cours de route. La démarche déterministe est par conséquent la plus appropriée pour parvenir à des prévisions efficaces, mais cela suppose une remise en question fondamentale, tout à la fois des concepts météorologiques classiques entre lesquels une synthèse est impossible, et des méthodes actuelles de prévision dont l'inefficacité est flagrante, précisément dans les situations paroxysmiques pour lesquelles ce besoin est maximal. Depuis les tempêtes de décembre 1999, Météo-France, outrepassant le "principe de précaution", crie "au loup" de plus en plus souvent, démontrant ainsi le peu de foi qu'elle accorde elle-même à ses propres prévisions. Mais les choses sont si bien ancrées dans la routine et dans l'inertie, qu'elles n'évolueront qu'en cas de crise majeure, qui mettra en cause l'institution météorologique elle-même, astreinte à une obligation de résultats, conformément à sa mission de service public. Au-delà des joutes académiques et des débats de spécialistes il s'agit en effet pour elle d'assurer la

sécurité des personnes et des biens, et donc de parvenir à de meilleures prévisions, nécessité qui ne peut que "contraindre une discipline scientifique qui n'en finit pas de stagner, malgré une débauche de moyens techniques et de crédits, la météorologie, à rendre des comptes et envisager un *aggiornamento* radical" (Y. Lenoir *Futuribles*, 1997, p. 104).

Il faut donc accorder la priorité à l'observation directe des véritables acteurs du temps, les Anticyclones Mobiles Polaires, et aux conditions géographiques spécifiques qui sont offertes à leur dynamique. S'obstiner à reproduire servilement le dogme constitue pour la prévision des phénomènes météorologiques violents, notamment en France, une perte de temps inutile et très coûteuse, à tous points de vue. Faudra-t-il encore souvent répéter la question posée après Vaison-la-Romaine (Leroux, 1993a, p. 89) : "Est-ce que tout est vraiment fait, dans tous les domaines, pour éviter de tels drames, l'automne prochain, ailleurs ?" Il faut donc vivement souhaiter que cette indispensable prise de conscience ne tarde pas trop et que d'ici là ne se produise pas de nouvelle catastrophe majeure.

Bibliographie

- BENECH B., BRUNET H., JACQ V., PAYEN M., RIVRAIN J.C., SANTURETTE P., 1993, La catastrophe de Vaison-la-Romaine et les violentes précipitations de septembre 1992 : aspects météorologiques, *La Météorologie*, 8^e série, 1, p. 72-90.
- COMBY J., 1998, *Les paroxysmes pluviométriques dans le couloir rhodanien et ses marges*, thèse Univ. Lyon 3, 668 p.
- DDE 11 (Direction Départementale de l'Équipement de l'Aude), 2000, *Analyse de l'épisode pluvieux des 12 et 13 novembre 1999 sur le département de l'Aude*, 06/03/00.
- DRM, Délégation aux risques majeurs, 1992, *Rapport d'enquête, Ministère de l'environnement, Les inondations du 22 septembre 1992 dans le Vaucluse*, CREDA-EHESS.
- FARREL B.F., 1994, Evolution and revolution in cyclogenesis theory, in GRONAS S. and SHAPIRO M.A. (eds), *The life cycles of extratropical cyclones*, Bergen, vol. 1, p. 101-110.
- FRANCK N.L., 1967, *Le type nuageux en V renversé, une onde d'est ?*, trad. franç. NTI DEM, n°24, ASECNA, Dakar.
- GIORGETTI J.P., JACQ V., JOURDAN R., PALAUQUI J.P., RIVRAIN J.C., BOERI F., GAUTHIER A., 1994, Les pluies diluviennes et les inondations des 31 octobre et 1^{er} novembre 1993

Illustration non autorisée à la diffusion

Photo 1 (ci-dessus) : 12 novembre 1999 à 12h UTC. METEOSAT, VIS. **Photo 2 (ci-dessous) :** 13 novembre 1999, à 12 h UTC, METEOSAT, VIS.

Illustration non autorisée à la diffusion

L'AMP1 s'écoule vigoureusement sur l'Atlantique en direction du sud, les lignes de pulsation de l'alizé maritime naissant sont nettement visibles. Les Cantabriques en coupant sa partie orientale provoquent, dans la partie nord de l'AMP1, la formation d'un tourbillon dynamique de sens cyclonique (**d** sur les figures 6 et 7, de faible creusement, tourbillon limité au Golfe de Gascogne). La partie sud-orientale de l'AMP1 déborde sur la péninsule ibérique et s'engouffre violemment entre la Sierra Nevada et l'Atlas vers la Méditerranée, provoquant la déviation vers le nord et le soulèvement de l'air méditerranéen antérieur vers l'est de l'Espagne et le sud de la France. L'AMP2 s'étale sur la Méditerranée orientale et centrale, provoquant une advection de sud-est sur sa face arrière. La progression de l'apophyse sud de l'AMP1 (**A** sur les fig. 6 et 7) est rapide, rétrécissant le couloir dépressionnaire entre les deux anticyclones mobiles : les formations nuageuses sont denses et concentrées au-dessus de ce couloir, notamment le 13 où leur orientation est quasi zonale de la Sardaigne au Golfe du Lion, puis sur l'Aquitaine.

en Corse : étude descriptive, *La Météorologie*, 8^e sér., n° 6.

JOLY A., 1995, Débat sur le Front Polaire, réponse à J.J. Thillet, *La Météorologie*, 8^e sér. (12), p. 61-67.

JOLY A., ARBOGAST Ph., HELLO G., 2000, *Origine et mécanisme des tempêtes*. Serveur de Météo-France, www.meteo.fr/comprendre.

LEROUX M., 1990, Les conditions dynamiques moyennes du climat de la France, *Revue de Géographie de Lyon*, vol. 65/2, p. 63-79.

LEROUX M., 1991, La dynamique de l'épisode neigeux du 8 au 13 septembre 1990 dans la région Rhône-Alpes, *Revue de Géographie de Lyon*, vol. 66/3-4, p. 161-167.

LEROUX M., 1993a, La dynamique des situations météorologiques des 21-22 et 26-27 septembre 1992 dans le sud du couloir rhodanien, *Revue de Géographie de Lyon*, vol. 68/2-3, p. 139-152.

LEROUX M., 1993b, L'automne pluviométrique 1993 dans le sud du couloir rhodanien, *Revue de Géographie de Lyon*, vol. 68/4, p. 259-263.

LEROUX M., 1995, *Commentaire sur J.P. Giorgetti et al.*, "Les pluies diluviennes et les inondations des 31 octobre et 1^{er} novembre 1993 en Corse", *La Météorologie*, n° 9, p. 63-65.

LEROUX M., 1996, Commentaire sur Thillet et Joly, "Débat sur le Front Polaire", *La Météorologie*, n° 16, p. 49-52.

LEROUX M., 1996b, 2000, *La dynamique du temps et du climat*, Coll. Masson Sciences, Dunod, 2^e éd. (1^{re} éd., 1996), 368 p.

METEO-FRANCE, 2000, Résumé Climatique : novembre 1999, *La Météorologie*, 8^e sér., n° 29, mars, p. 108-113.

RIVRAIN J.C., 1994, La météorologie et l'hydrologie en Méditerranée, *Atmosphère et climat*, n° 42/43, Météo-France, p. 15-17.

SENEQUIER D., 2000, Les intempéries du 12 au 14 novembre 1999 en Languedoc-Roussillon. Conf. 23 mai 2000, Palais de la découverte, Paris, <http://www.smf.asso.fr/conf00-3.html>.

VIGNEAU J.P., 2000, *Géoclimatologie*, Paris, Universités-Géographie, éd. Ellipses.

Adresse de l'auteur :

Université Jean-Moulin Lyon 3
18, rue Chevreul
69362 LYON cedex 07
tel. 04 78 78 74 03
fax : 04 78 78 71 85
E-mail : leroux@univ-lyon3.fr