

COULEES DE BOUE DE WASSELONNE & ROMANSWILLER DU 07 JUIN 2016



Romanswiller au plus fort du phénomène © Alain Manigold

Le mardi 7 juin 2016, entre 18h et 20h, un orage excessivement pluvieux frappe les communes de Wasselonne et Romanswiller. Il génère des cumuls de précipitations estimés entre 30 et 60mm. Ces quantités de pluie, remarquables mais non exceptionnelles, sont toutefois intervenues dans un contexte saisonnier particulièrement humide, sur des sols saturés par plusieurs semaines de pluies abondantes. Cette conjonction de facteurs a favorisé l'occurrence de phénomènes hydrologiques de très grande ampleur sur le bassin versant de la Mossig. ATMO-RISK revient en détails sur cet événement remarquable, illustrant par un cas d'école le risque des coulées boueuses en Alsace.

TABLE DES MATIERES

| | |
|---|-------------|
| INTRODUCTION | p 3 |
| SITUATION METEOROLOGIQUE | p 4 |
| INTERPRETATION DES CUMULS DE PRECIPITATIONS | p 8 |
| RETOUR SUR PREVISIONS | p 10 |
| ANALYSE DE LA TOPOGRAPHIE LOCALE ET DES TRAJECTOIRES DES COULEES PRINCIPALES | p 12 |
| CONCLUSION | p 13 |
| BIBLIOGRAPHIE | p 14 |

LISTE DES FIGURES

FIG. 1 Stades de dégradation de la surface du sol et formation d'une « croûte de battance » sous l'action des pluies

FIG. 2 Image satellite vapeur d'eau du 07/06/2016 à 15h00 UTC (source : Eumetsat)

FIG. 3 Champ vent (vitesse et direction) à 700hPa sur le modèle CEP

FIG. 4 Champ CAPE représentant l'instabilité de la masse d'air sur le modèle CEP pour le 07/06/2016 à 18hUTC

FIG. 5 Séquence radar de 16h45 (gauche) et 17h15 (droite)

FIG. 6 Séquence radar de 18h00 (gauche) et 18h15 (droite)

FIG. 7 Séquence radar de 18h45 (gauche) et 19h15 (droite)

FIG. 8 Niveau de la Mossig à Wasselonne (source : vigicrue)

FIG. 9 Prévisions « moyen terme » publiée par ATMO-RISK à destination de ses clients agriculteurs et collectivités locales, le 04 juin 2016

FIG. 10 Messages d'informations émis par ATMO-RISK sur les réseaux sociaux le 30 mai 2016

FIG. 11 Prévisions du mardi 7 juin émises par ATMO-RISK sur le réseau social facebook

FIG. 12 Trajectoire de la coulée boueuse principale sur la commune de Wasselonne (zone bleue) (fond de carte IGN, illustration : ATMO-RISK)

FIG. 13 Trajectoire de la coulée boueuse principale sur la commune de Romanswiller (zone bleue) (fond de carte IGN, illustration : ATMO-RISK)

INTRODUCTION

Le terme de « coulée de boue » est un terme généraliste qui peut rassembler différents processus d'érosion hydrique des sols et est parfois employé à tort pour qualifier des crues éclairs et/ou torrentielles ainsi que d'importants ruissellements de surface. Nous retiendrons donc ici la définition proposée par Auzet et Malet (2005) : « *Les coulées de boue correspondent à des écoulements fluides ou crues turbides à forte charge en matières en suspension. Les matériaux sources sont les sols pédologiques et les particules sont détachées sous l'action des pluies et/ou du ruissellement.* »

L'Alsace est une des régions françaises les plus touchées par les coulées boueuses (Le Bissonnais et al., 2002). On estime qu'environ 40% des communes de la région sont exposées à ce phénomène (source : DREAL). Ainsi, 225 d'entre-elles ont été touchées par ce phénomène entre 1982 et 2005 et ont fait l'objet d'un arrêté de catastrophe naturelle (Heitz, 2004 ; Auzet et al., 2005). On constate par ailleurs que les dommages ne diminuent pas malgré la mise en place d'actions curatives (bassins de rétention, digues et autres interventions techniques).

La fréquence élevée de coulées boueuses en Alsace s'explique par la conjonction de caractéristiques climatiques, physiques et agricoles spécifiques à la région.

Un climat marqué par des phénomènes orageux parfois violents au printemps et en été. Le mois de Mai est ainsi en moyenne le mois le plus pluvieux de l'année en Alsace (82mm de moyenne mensuelle à Strasbourg-Entzheim).

Des averses produisant des cumuls de 20 à 30mm en une heure seulement y sont fréquentes avec des taux de retour pluri-annuels à l'échelle de la région. Des cumuls extrêmes de 60 à 90mm en quelques heures y sont également observés occasionnellement (cf. interprétation des cumuls de précipitations).

Ces fortes averses interviennent dans une période où les sols sont peu végétalisés (contexte de semis), dans une région où la culture du maïs est très répandue. Ces sols nus, fraîchement labourés, sont sujets à la formation de croûtes de battance (figure 1) en particulier par l'effet « splash ». Les gouttes de pluie, en tombant sur le sol, arrachent des micro-particules qui forment peu à peu une croûte sédimentaire. Les sols limoneux ou argilo-limoneux, très fréquents en Alsace et en particulier sur les collines du Kochersberg, sont très sensibles à l'arrachage de particules par l'eau en surface et à cet effet « splash ».

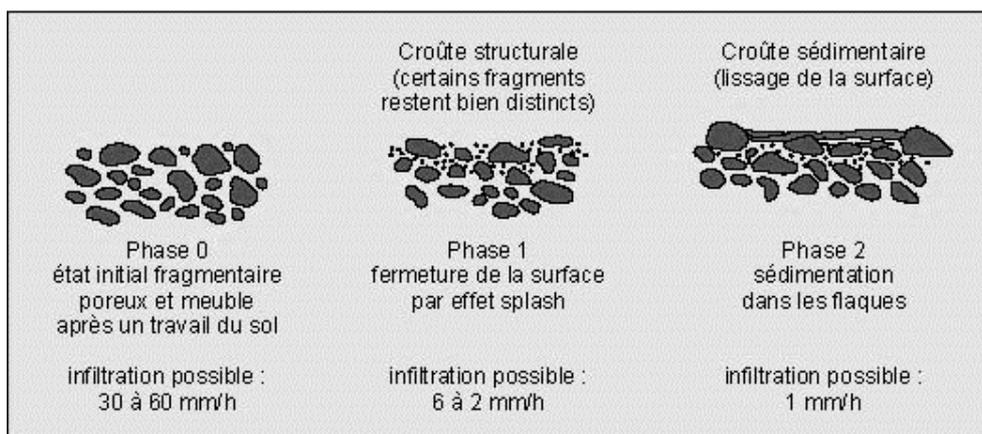


Figure 1. Stades de dégradation de la surface du sol et formation d'une « croûte de battance » sous l'action des pluies (d'après Boiffin, 1984).

La topographie accidentée et les reliefs colinéaires du Kochersberg et du piémont vosgien facilitent les écoulements de surface et les ruissellements, à travers une multitude de petits thalwegs et réseaux hydrographiques non permanents. Des rivières telles que la Mossig, la Zorn ou l'Andlau font ensuite office d'exutoire en récoltant toute l'eau de surface à l'échelle de leur bassin versant. De petite taille, ces bassins versants réagissent très rapidement aux fortes pluies et aux crues.

De plus, les fonds de thalweg et les bords de cours d'eau ont fait l'objet d'une urbanisation et sont encore sujets à des pressions foncières importantes, avec une artificialisation des sols elle aussi propice aux écoulements et aux ruissellements (surface bétonnées notamment mais aussi rues en pente et étroites, favorisant de fortes vitesses de propagation et une hauteur d'eau importante).

SITUATION METEOROLOGIQUE

Depuis la fin du mois de mai, une goutte froide située entre l'Allemagne, l'Autriche et la République Tchèque provoque des épisodes d'intempéries sur l'Europe de l'Ouest avec des vagues d'orages et pluies successives essentiellement sur l'ouest de l'Allemagne et la France. Ces orages provoquent déjà des épisodes hydrologiques extrêmes par endroits. Le 30 mai, une crue éclair emporte 4 personnes et dévaste totalement la ville de Braunsbach dans le Bade-Wurtemberg.

Entre le 01 et le 04 juin, les averses orageuses se succèdent sur le Bas-Rhin et en particulier sur les secteurs au nord de la vallée de la Bruche et du Kochersberg où l'on relève plus de 50mm de précipitations en seulement 4 jours. Ces quantités de pluie très importantes s'ajoutent à un printemps déjà très humide, avec plus de 90mm de précipitations en avril et 107mm en mai à la station de Strasbourg-Entzheim. De nombreuses coulées boueuses, d'ampleur et d'étendue relativement modestes, sont observées sur de nombreuses communes, notamment Wasselonne (déjà), Truchtersheim, Berstett, Zehnacker, Rangen, Willgotheim ou encore Knoersheim.

Le mardi 7 mai, le contexte météorologique est peu dynamique sur la France. Des résidus d'air froid traînent encore en altitude sous la forme d'un faible thalweg de courte longueur d'onde, qui circule dans un flux à courbure cyclonique vers le nord-est du pays (figure 2)

Ce faible cyclonisme d'altitude sera néanmoins suffisant pour déclencher une convection profonde à l'avant, dans un contexte très favorable en basses couches. En effet, une masse d'air très douce mais surtout extrêmement humide est en place depuis plusieurs jours sur le nord-est de la France et l'Allemagne. Cette masse d'air présente des quantités maximales d'eau précipitables de l'ordre de 30 à 40mm et un rapport de mélange supérieur à 10g/kg, ce qui représente des valeurs assez critiques sur le potentiel pluvieux des orages.

De plus, une profonde convergence des vents s'installe sur cette masse d'air au fil de la journée avec un vent d'est en provenance d'Allemagne et un vent d'ouest en provenance du centre de la France, en particulier vers 3000m (figure). Au sol, cette convergence sera renforcée par l'arrivée d'un courant froid en provenance d'orages qui ont éclaté sur le massif vosgien et la Lorraine en début d'après-midi (figure 3).

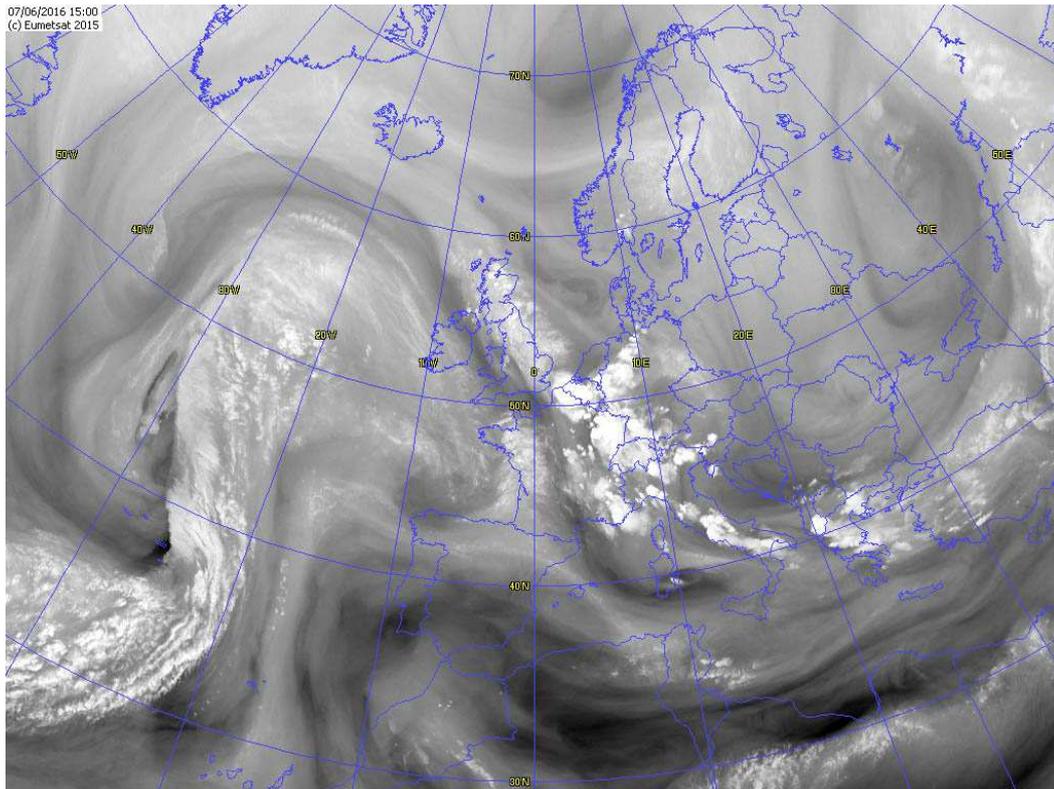


Figure 2. Image satellite vapeur d'eau du 07/06/2016 à 15h00 UTC (source : Eumetsat). On distingue un étroit thalweg rendu visible par une fine bande d'air sec qui s'étend des îles britanniques au centre de la France et plongeant jusqu'au golfe du Lion. A l'avant, les « boules » orageuses sont bien visibles sur le nord-est du pays.

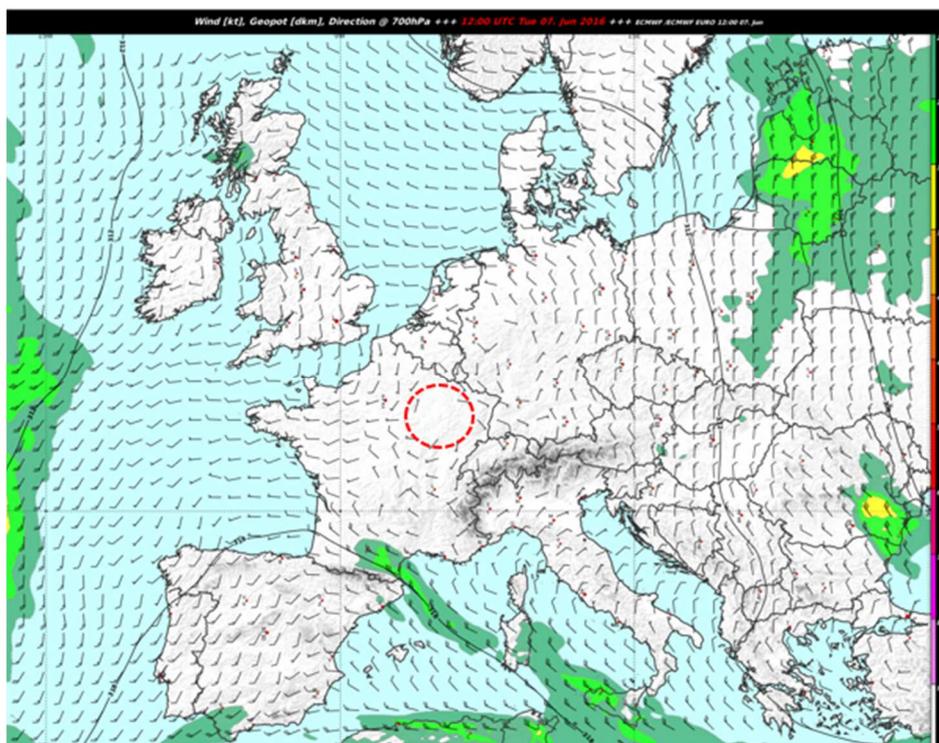


Figure 3. Champ vent (vitesse et direction) à 700hPa sur le modèle CEP. On distingue bien un creusement de méso-échelle sur le nord-est de la France avec une profonde convergence des vents.

Le Bas-Rhin va ainsi se retrouver en fin d'après-midi à la confluence de ces vents de surface. Une forte instabilité a pu également s'accumuler dans les basses couches sur le département grâce notamment à un fort rayonnement solaire. Les modèles de prévision météorologiques indiquaient ainsi des valeurs en CAPE supérieures à 2400J/kg (figure 4).

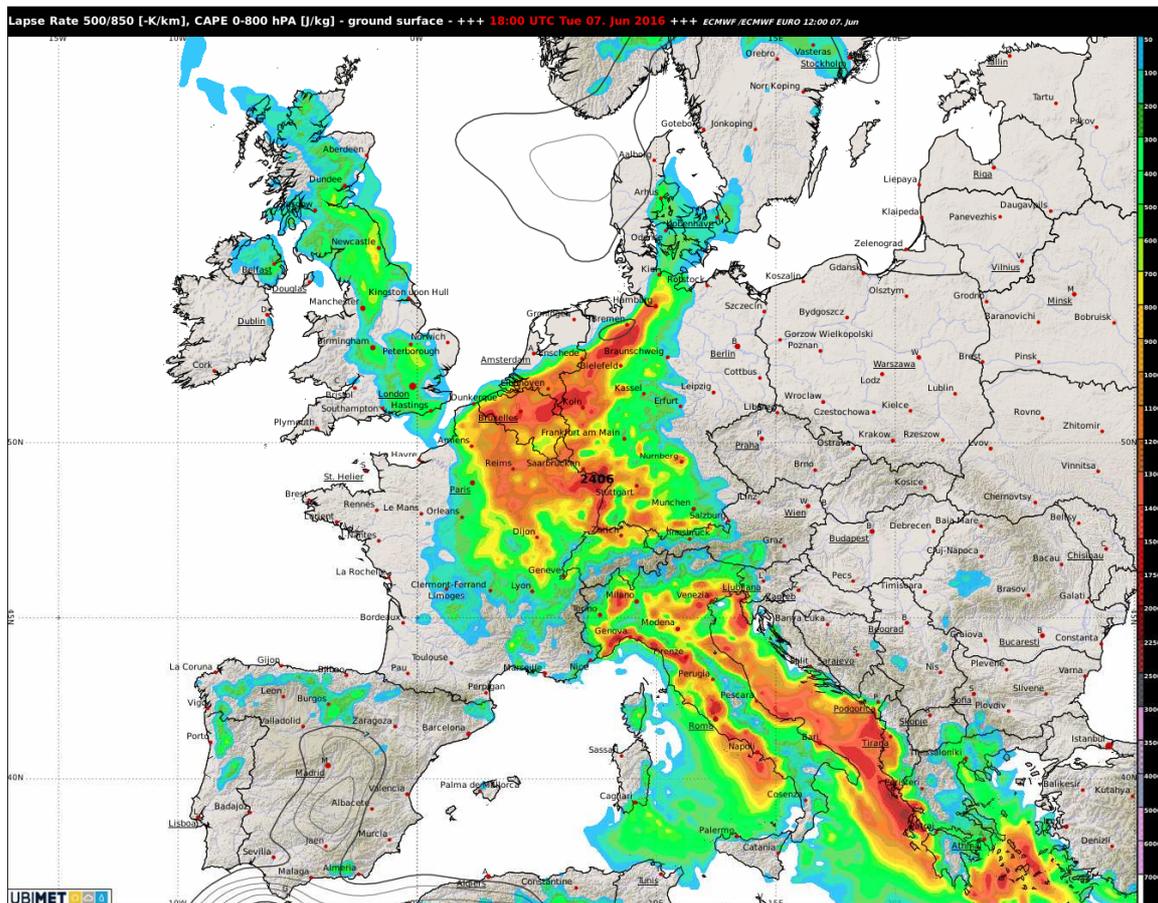


Figure 4. Champ CAPE représentant l'instabilité de la masse d'air sur le modèle CEP pour le 07/06/2016 à 18hUTC. L'instabilité la plus importante se situe sur le nord-est de la France et en particulier sur le Bas-Rhin et la Moselle.

En fin d'après-midi, des orages débordent progressivement de la Forêt Noire en direction de Strasbourg. Le courant d'air froid qui s'en échappe va brutalement converger avec l'air chaud encore présent sur l'agglomération (température maximale de 29.7°C relevée à Entzheim) mais aussi par des résidus de courants de densité issus des orages vosgiens du début d'après-midi. Une soudaine et très vigoureuse convection s'amorce alors sur l'ouest de l'agglomération et de violentes averses finissent par se déclencher (figure 5). Ces orages s'agglomèrent rapidement tout en s'étendant à l'ensemble du Kochersberg et en direction de Wasselonne où ils présentent une certaine stationnarité avec de fortes intensités persistantes entre 17h45 et 19h00 (figure 6).

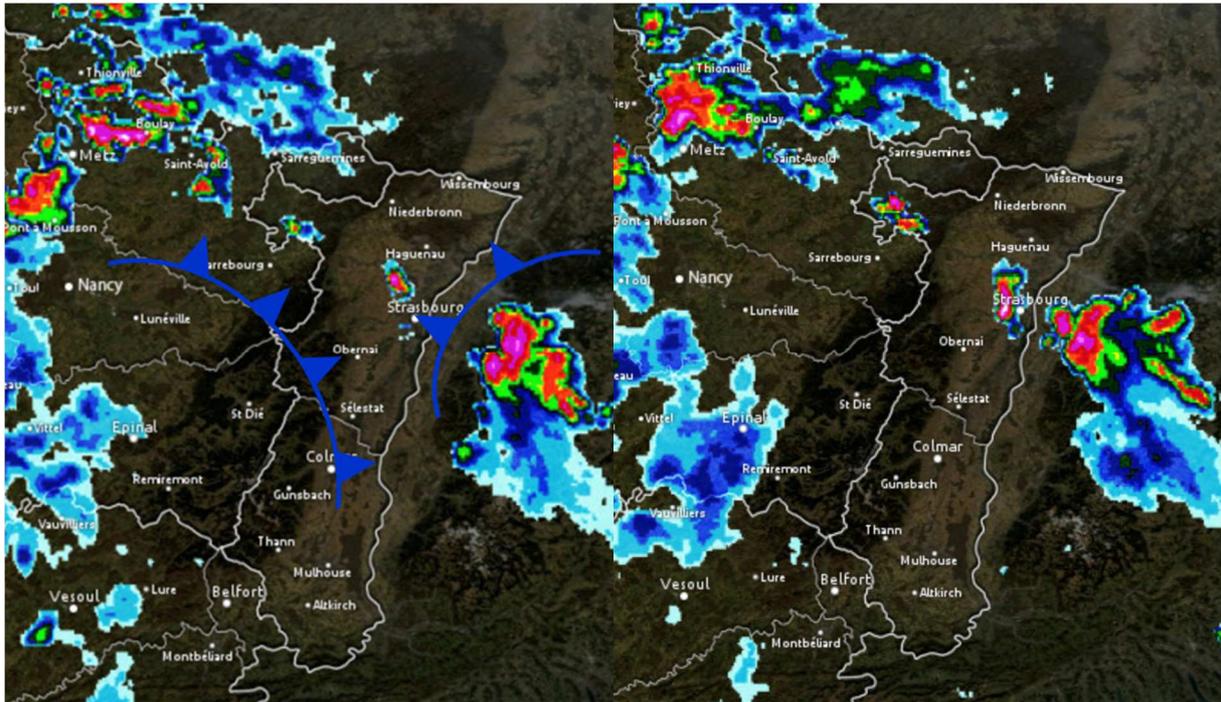


Figure 5. Séquence radar de 16h45 (gauche) et 17h15 (droite). L'éclosion de nouvelles cellules autour de Strasbourg n'est probablement pas due au hasard mais à la confluence de courants de densité issus d'autres orages environnants dont les pseudos fronts froids ont été illustrés (flèches bleues) et par un vent de nord-est chaud et humide en provenance du nord-est. Source : InfoClimat.

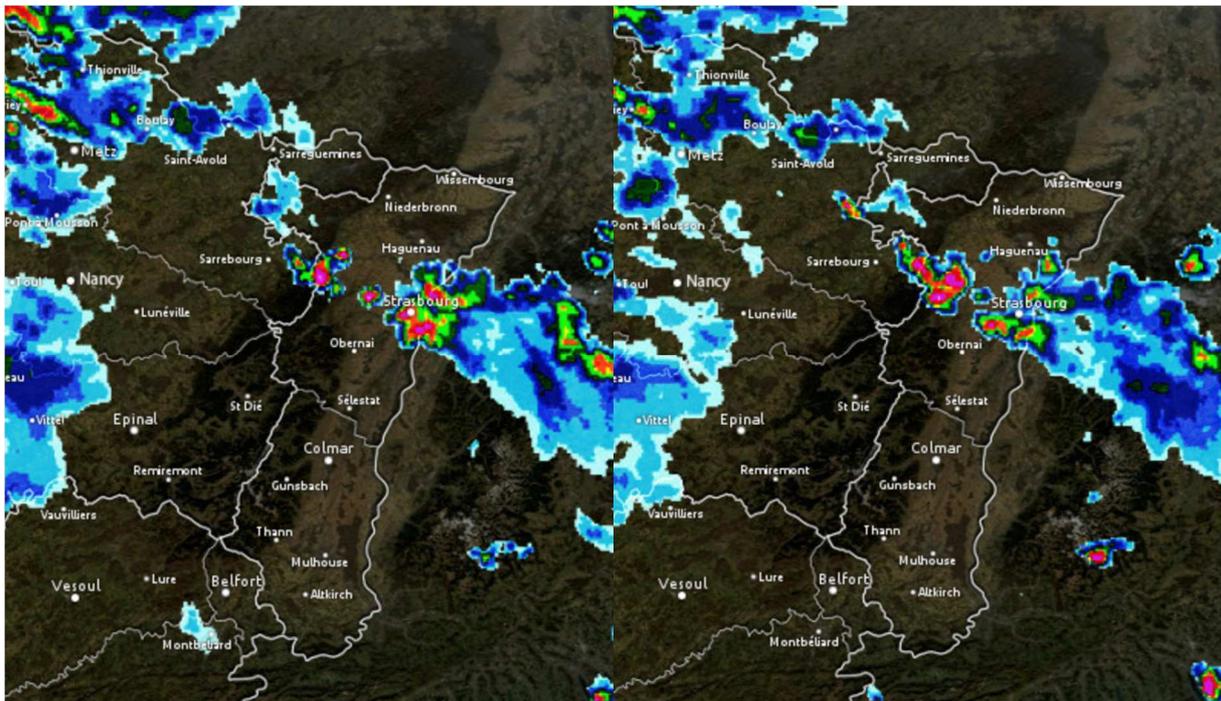


Figure 6. Séquence radar de 18h00 (gauche) et 18h15 (droite). Développement de la cellule stationnaire sur le secteur de Wasselonne. Source : InfoClimat.

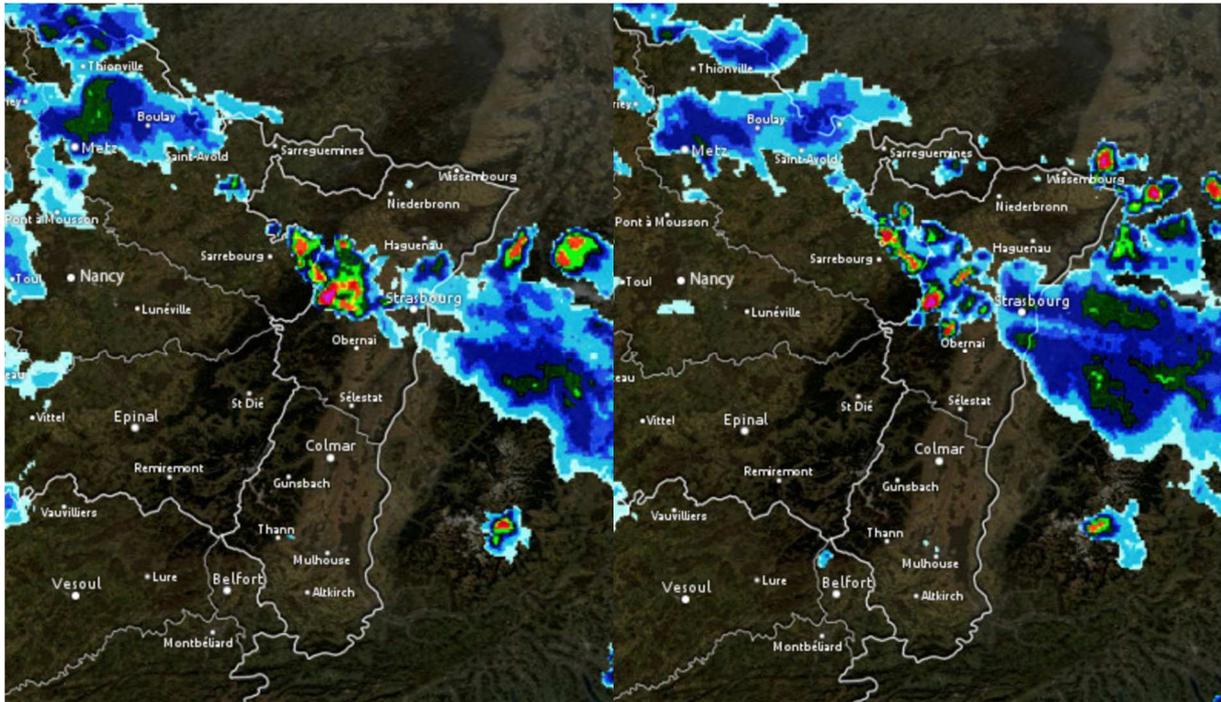


Figure 7. Séquence radar de 18h45 (gauche) et 19h15 (droite). Persistance puis déclin de la cellule de Wasselonne. Source : InfoClimat.

INTERPRETATION DES CUMULS DE PRECIPITATIONS

Un certain nombre de données pluviométriques ont pu être recueillies sur les secteurs touchés grâce notamment au réseau de pluviomètres des réseaux Météo-France, mais aussi particuliers et agricoles. Sans surprises, les cumuls relevés sont importants, mais ne présentent pas de valeurs réellement exceptionnelles.

On relève sur un laps de temps d'environ 1h, 50 mm à Jetterswiller, 41,2mm à Lingolsheim, 40,6mm à Holtzheim, 36 mm à Romanswiller, 28 mm à Marlenheim, 24 mm à Schwenheim, 22 mm à Saverne, 24,4mm à Stutzheim-Offenheim et 20,3 mm à Entzheim. Ces données semblent cohérentes avec les estimations radar, qui indiquent des cumuls très localisés entre 40 et 60mm autour de Wasselonne.

Si l'on se plonge dans les archives climatologiques, ces cumuls horaires s'inscrivent parfaitement dans le haut des valeurs records. On a par exemple déjà relevé 67mm en 1h à Belmont et 54,2mm à Saverne le 10 juillet 2010. Le 11 juillet 2008, on a relevé 33mm en 30 minutes seulement à Diebolsheim ! Dans la nuit du 29 au 30 mai 2008, lors des coulées de boue exceptionnelles qui ont notamment frappé Mommenheim, 47mm ont été relevés en 1 heure à Mundolsheim et 44 mm à Strasbourg (jardin botanique) dont 19mm en 6 minutes ! Le lendemain 31 mai, il est tombé 59,7mm à Zehnacker dont 45 mm en 30 minutes. Par ailleurs, selon Météo-France, un relevé de 70mm en 40 minutes à Zehnacker datant de la fin mai était encore en cours de vérification et pourrait ainsi devenir un nouveau record absolu.

Rappelons que climatologiquement, une lame d'eau de 30mm en 1h représente dans notre région une valeur « seuil » au-delà de laquelle le relevé devient très significatif et peut amener à des réactions hydrologiques notables. Dans la prévision opérationnelle des orages, il s'agit également de la valeur généralement retenue pour envisager de réels risques de crues éclair ou importants ruissellements de surface.

Sa durée de retour est d'environ 10 ans sur un poste climatologique donné, mais à l'échelle de la région ou même du Bas-Rhin, de tels cumuls sont observés chaque année à un endroit ou à un autre. Cette valeur « seuil » de 30mm/1h demanderait toutefois à être précisée et affinée dans le contexte des coulées boueuses en Alsace, en particulier en la pondérant avec les cumuls observés les jours et semaines précédents. Un véritable travail statistique et climatologique reste donc à réaliser pour éventuellement aboutir à des valeurs d'avertissement moins empiriques. Obtenir des relevés pluviométriques systématiques, fiables et pertinents pour chaque événement de coulées boueuses constitue donc un enjeu majeur.

Notons enfin qu'à l'échelle de la France métropolitaine, les cumuls relevés en une heure peuvent être plus du double de ceux relevés en Alsace, en particulier en régions méditerranéennes. On a ainsi enregistré 136 mm en 1 heure le 07/09/2010 dans le Gard ! Le pas de temps horaire exclu toutefois d'autres épisodes orageux tout aussi extrêmes mais plus durables. Ainsi, si l'on élargit le laps de temps de mesure à plusieurs heures voire à 24h, les cumuls records qui ont déjà été observés en Alsace deviennent remarquables. On a relevé 123 mm dans le Haut-Rhin le 30 mai 2000 en seulement 12 h ! Le 20 juin 2007, on relève 92 mm à Kaysersberg et 71mm en 3 heures aux Trois Epis !

Ces quelques mises en perspective montrent que l'épisode de ce 07 juin 2016, très significatif, s'inscrit parfaitement dans une climatologie d'événements extrêmes récurrents sur notre région.

Enfin, en parallèle des coulées boueuses, notons la très forte et rapide réaction hydrologique de la Mossig dans laquelle se sont jetées les deux coulées principales. La rivière a connu une véritable crue éclair avec une cote passant de 0.40m à 1.40m en une heure, suivie d'un pic à 1m50 en milieu de nuit puis d'une rapide décrue amorcée dès minuit (figure 8). L'épisode hydrologique n'a donc duré que 4 heures, avec un pic de crue enregistré 2h seulement après la fin de l'épisode météorologique, soit un temps de réponse du bassin versant relativement court.

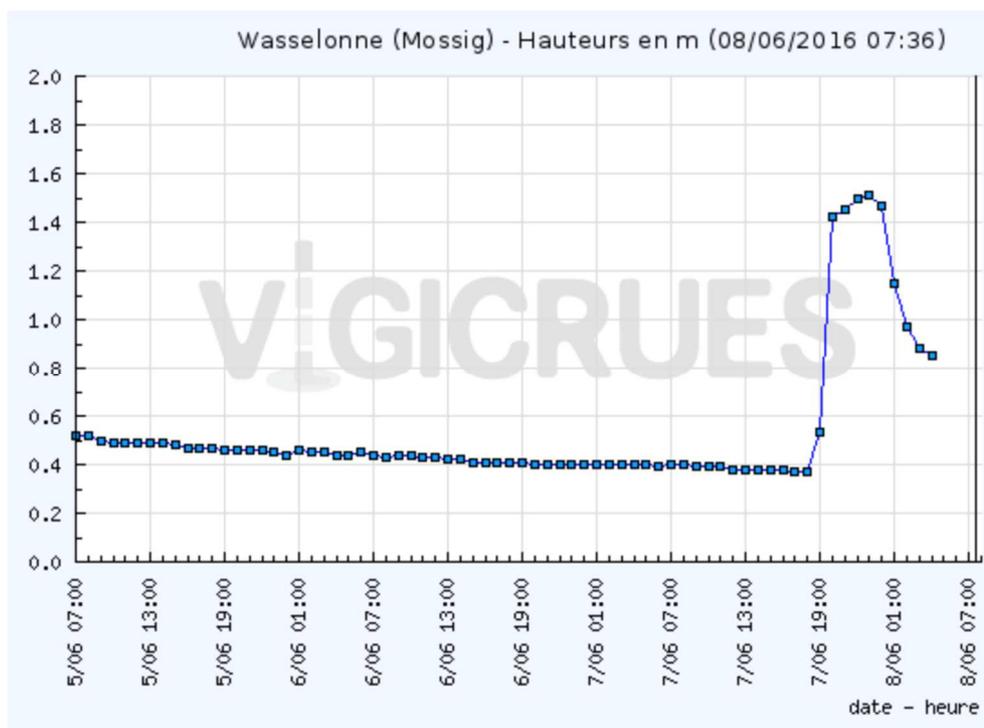


Figure 8. Niveau de la Mossig à Wasselonne (source : vigicrue).

RETOUR SUR PREVISIONS

La prévision de ces orages et des phénomènes associés n'ont pas posé de problèmes particuliers en dehors de la localisation précise toujours impossible dans ces situations. La perception du risque orageux par le public et les différents acteurs reste en effet relativement peu aboutie. Du fait du caractère aléatoire et isolé des cellules orageuses, l'absence de phénomènes sur telle ou telle localité peut parfois rendre progressivement la prévision moins crédible aux yeux d'un certain public peu sensibilisé.

Il est donc de bon ton de rappeler que la prévision orageuse repose surtout sur une notion de risque et de probabilités et ne peut en aucun cas être déterministe à 24h d'échéance comme peut l'être la prévision d'un front pluvieux de grande échelle. Toutefois, la connaissance longtems en amont d'un risque orageux marqué constitue déjà une information importante pour le décideur et le public. ATMO-RISK avait ainsi déjà identifié la journée du mardi 7 juin comme potentiellement très orageuse dans ses prévisions du 04 juin (figure 9). ATMO-RISK avait même déjà suggéré de nouveaux risques de coulées boueuses dès le 30 mai, en tenant compte de tendances long et moyen terme pessimistes et sur de solides scénarios de temps instables à des échéances de 7 jours (figure 10).

La prévision fine à l'échelle communale, cantonale et même départementale des orages n'est pas possible au-delà de 3 ou 4h. La prévision immédiate par suivi des cellules orageuses sur images radar et satellite est donc primordiale et se traduit par l'émission régulière de messages et de bulletins d'informations, notamment par le biais des réseaux sociaux.

| | LUN 06/06 | | | MAR 07/06 | | | MER 08/06 | | | JEU 09/06 | | | VEN 10/06 | | |
|---------------------|--|-------------|-------------|--|-------------|-------------|---|------------|-------------|--|------------|-------------|---|------------|-------------|
| | 06h-12h | 12h-18h | 18h-06h | 06h-12h | 12h-18h | 18h-06h | 06h-12h | 12h-18h | 18h-06h | 06h-12h | 12h-18h | 18h-06h | 06h-12h | 12h-18h | 18h-06h |
| RESUME > | | | | | | | | | | | | | | | |
| TEMPERATURES | Variable | Orages loc. | Orages loc. | Variable | Orages loc. | Orages loc. | Eclaircies | Eclaircies | Orages loc. | Ensoleillé | Ensoleillé | Ciel dégagé | Ensoleillé | Ensoleillé | Ciel dégagé |
| RISQUE PRECIP. | 0% | 30% | 30% | 0% | 30% | 50% | 0% | 30% | 50% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| VENT RAFALES (km/h) | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 15 | 25 | 30 | 25 | 20 | 15 | 12 | 22 | 25 | 18 | 20 | 20 | 15 | 25 | 20 |
| FIABILITE SUR 5 | | 3/5 | | | 3/5 | | | 3/5 | | | 3/5 | | | 2/5 | |
| COMMENTAIRES | Peu de changements à priori lundi avec toujours cette instabilité par évolution diurne, donnant lieu à quelques ondées ou orages isolés en fin de journée. | | | Mardi, l'instabilité diurne sera assez marquée, et le risque d'orage se précise et semble devenir assez notable, en particulier en fin de journée/soirée, avec des orages anarchiques sur la région, pouvant être forts. | | | Mercredi, même scénario qui se répète inlassablement, avec un début de journée plus ou moins calme et sec, puis de nouveaux orages devraient éclater. | | | Jeudi, temps sec et ensoleillé pour le moment. | | | Vendredi, temps pouvant encore rester sec et ensoleillé, même si des remontées instables commencent déjà à se manifester dans l'ouest et le sud de la France... | | |

Figure 9. Prévisions « moyen terme » publiée par ATMO-RISK à destination de ses clients agriculteurs et collectivités locales, le 04 juin 2016. Le risque orageux est déjà bien cerné et souligné.



Fortes averses, orages et coulées boueuses en Alsace, ce n'est peut-être pas encore fini !

ATMO-RISK · LUNDI 30 MAI 2016 · 766 lectures

Ces derniers jours, les orages et les averses ont généré de nombreux phénomènes de coulées de boue et de petites crues torrentielles, en raison notamment de la saturation des sols. Le point sur la situation et sur les risques attendus ces prochains jours.

Figure 10. Messages d'informations émis par ATMO-RISK sur les réseaux sociaux le 30 mai 2016.

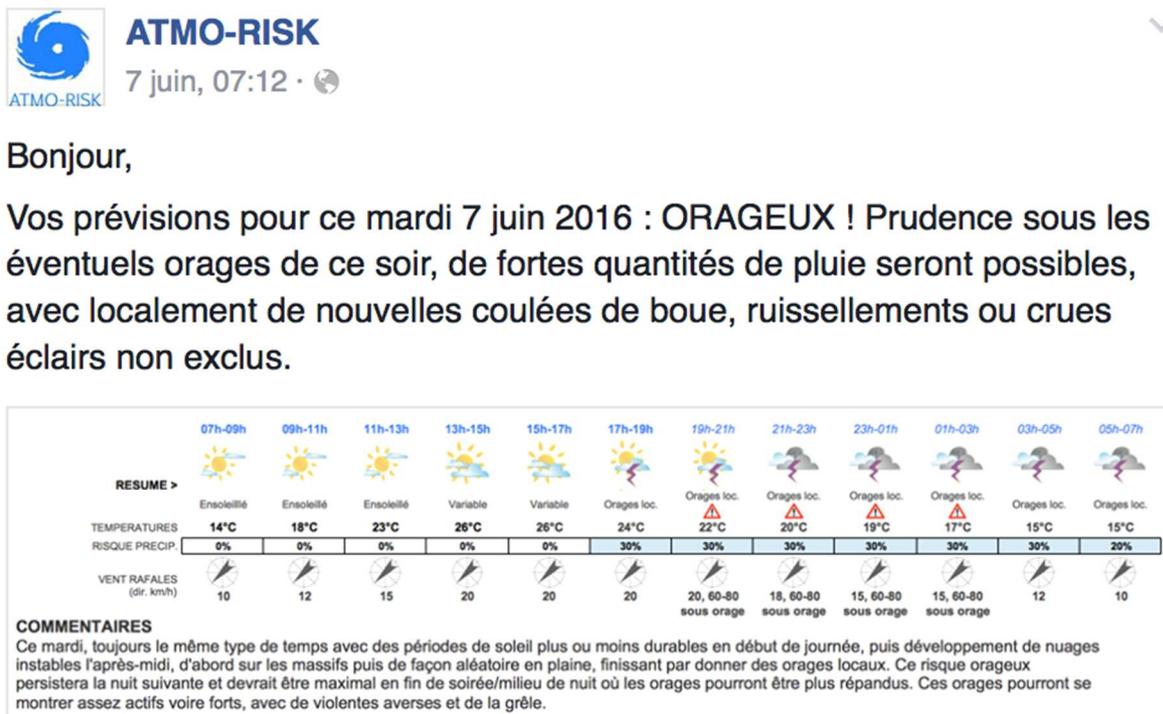


Figure 11. Prévisions du mardi 7 juin émises par ATMO-RISK sur le réseau social facebook en début de matinée. 10h avant l'évènement, la prévision horaire des orages est légèrement décalée vers la fin de soirée/milieu de nuit alors que le pic d'activité orageuse est intervenu en fin d'après-midi/début de soirée.

ANALYSE DE LA TOPOGRAPHIE LOCALE ET DES TRAJECTOIRES DES COULEES PRINCIPALES

Wasselonne se situe dans une cuvette faisant office d'exutoire à plusieurs petits thalwegs secondaires en rive gauche de la Mossig, en particulier celui du Heylenbach et du Wiedgraben. La cuvette est dominée en rive gauche toujours par des collines agricoles ouvertes et par la construction du lotissement Osterfeld. Sans surprise, la coulée boueuse principale est issue du Heylenbach et du Wiedgraben avec probablement d'importantes quantités d'eau en provenance des zones agricoles situées en amont. Le phénomène a ensuite suivi la topographie locale en dévalant la rue du Hohengoef et la rue du Heylenbach les deux rues les plus touchées, en profitant des sols artificiels et de la pente pour prendre de l'ampleur jusqu'à se jeter dans la Mossig en aval (figure 12).

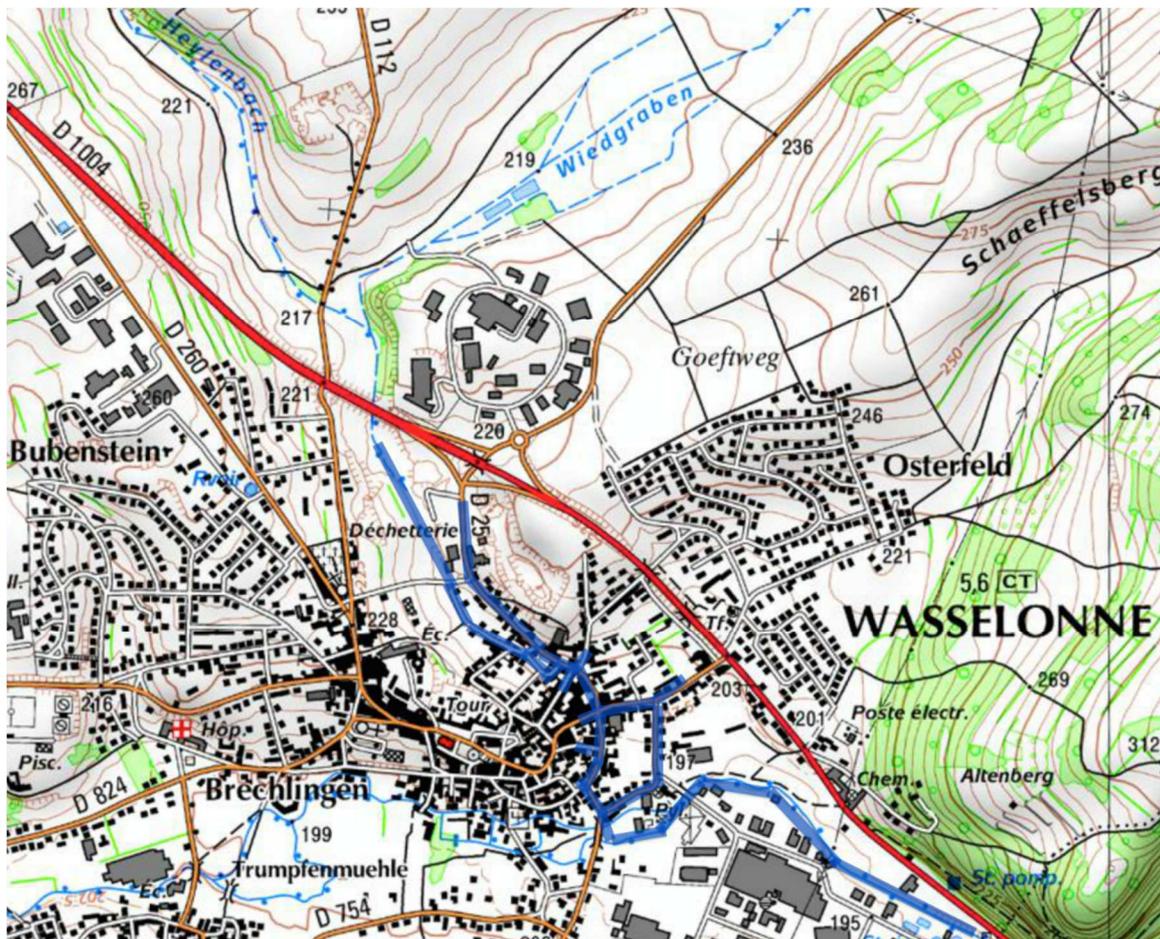


Figure 12. Trajectoire de la coulée boueuse principale sur la commune de Wasselonne (zone bleue) (fond de carte IGN, illustration : ATMO-RISK).

De fortes similitudes sont observées sur la coulée de Romanswiller, elle aussi issue d'un thalweg secondaire peu végétalisé au nord de la commune. La coulée a traversé la rue du Erlenbourg où là aussi, le fort dénivelé a permis à l'eau d'avoir une puissante force motrice, et ce, jusqu'à la Mossig (figure 13).

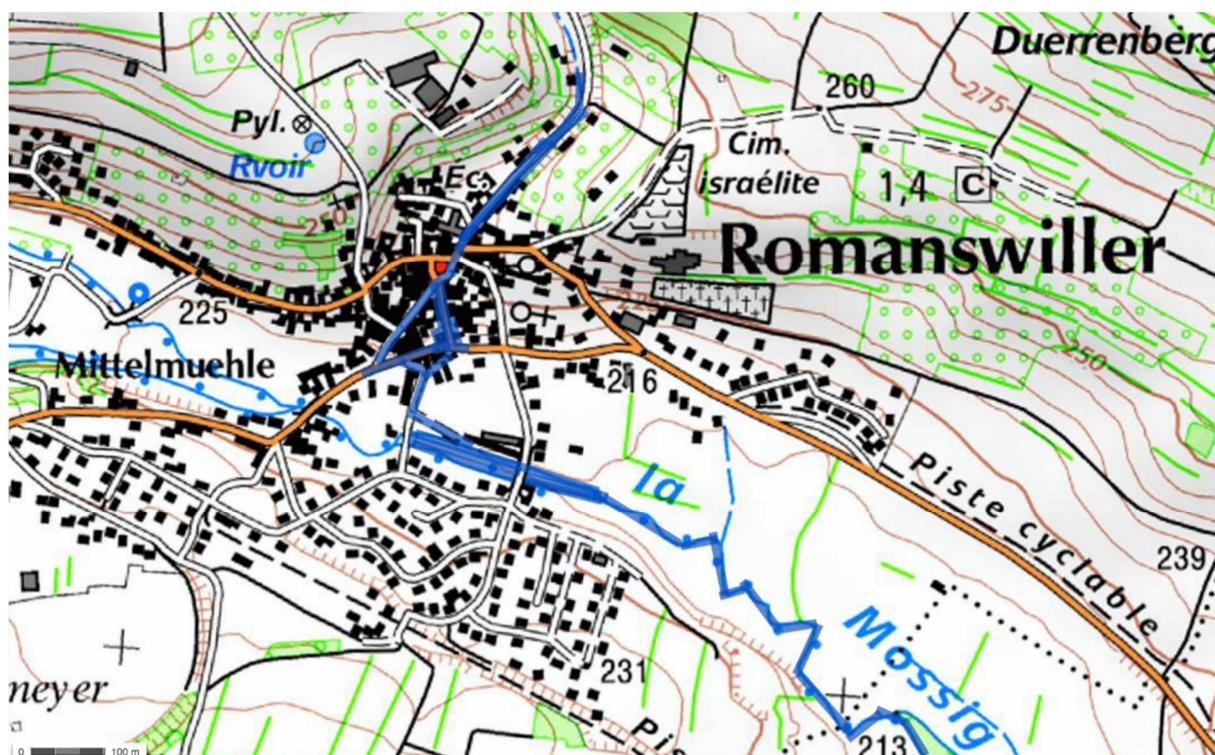


Figure 13. Trajectoire de la coulée boueuse principale sur la commune de Romanswiller (zone bleue) (fond de carte IGN, Illustration : ATMO-RISK).

CONCLUSION

Les exemples de Romanswiller et de Wasselonne répondent ainsi à toutes les caractéristiques du risque de coulées boueuses en Alsace, particulièrement élevé en ce début d'été 2016. Les épisodes pluvieux des semaines précédentes ont probablement fortement participé à l'ampleur inédite du phénomène, plus que les quantités –importantes- de précipitations de l'orage du 7 juin. Cette brève étude de cas à posteriori permet ainsi une meilleure connaissance du phénomène des coulées boueuses et de cet événement en particulier pour les communes de Wasselonne et de Romanswiller. Puisse-t-elle apporter sa petite pierre à l'édifice dans la sensibilisation et la connaissance de ce risque et de ce phénomène auprès du public et des décideurs locaux.

Dans le journal « regards vers l'avenir... » du 1er semestre 2009, la Chambre d'Agriculture d'Alsace estime qu'il « ne nous est pas possible de prédire les orages répondant à ces caractéristiques d'intensité, et à fortiori, de prévoir l'apparition de coulées de boue ». Or, ATMO-RISK cherche justement à établir un diagnostic prévisionnel opérationnel de ces phénomènes reposant sur plusieurs indices météorologiques très spécifiques tels que la quantité d'eau précipitable (PWAT), ou le storm-motion (vitesse de propagation des orages) qui permet d'estimer la « stationnarité » des cellules orageuses, l'étude des profils atmosphériques et des conditions en humidité/vapeur d'eau saturante. Une prévision des lames d'eau convectives horaires et du potentiel de chaque situation orageuse à produire des cumuls supérieurs à 30mm est ainsi menée depuis plusieurs années, avec un certain succès, comme le montrent les différentes prévisions émises par nos services concernant cet épisode. Ces prévisions sont parfaitement complémentaires avec les systèmes de vigilances officiels, en fournissant notamment une information précise et détaillée absente du niveau jaune officiel, tout en étant établies et transmises bien en amont de la vigilance orange officielle, entrée en vigueur tardivement sur le Bas-Rhin au cours de cet épisode.

BIBLIOGRAPHIE

Auzet, A.V., Heitz, C. et al, 2005. Les coulées de boue dans le Bas-Rhin : analyse à partir des dossiers de demande de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle, institut de Mécanique des Fluides et des Solides, Strasbourg, 26p.

Heitz C., 2004. Analyse des demandes d'indemnisation de catastrophes naturelles liées à des coulées de boue et caractérisation des bassins versants amont (Sundgau, Alsace). Mémoire de Maîtrise de Géographie Physique, IMFS, Université de Strasbourg, 90p.

Le Bissonnais Y., Thorette, J., Bardet, C. et Daroussin, J., 2002. L'érosion hydrique des sols en France. IFEN, Orléans, 106p.

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

JUIN 2016

