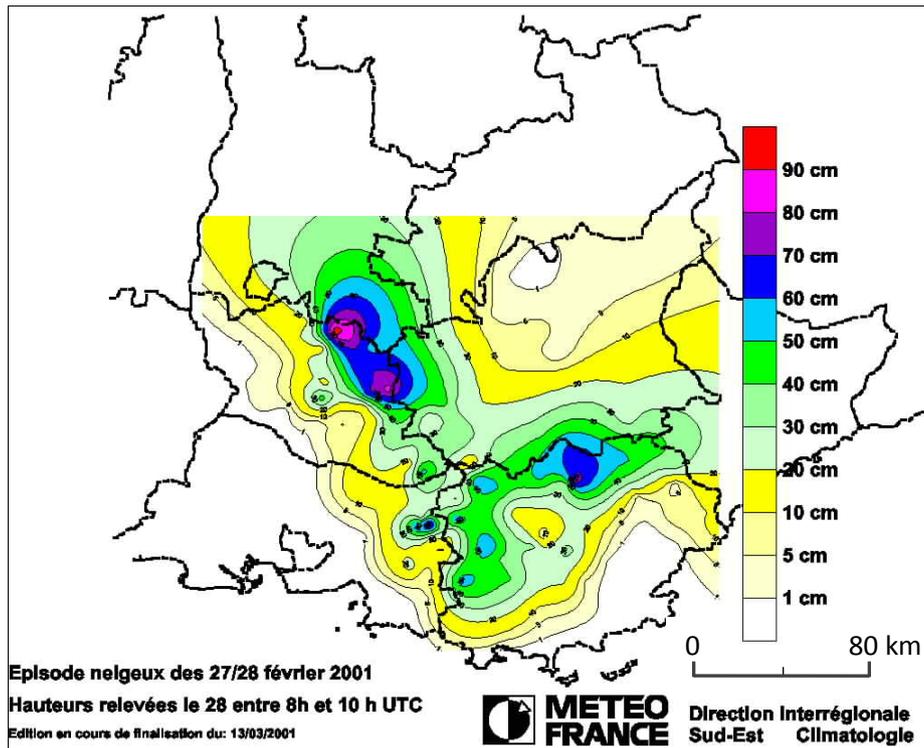


LA TEMPÊTE DE NEIGE DU 28 FEVRIER 2001 ET SON IMPACT SUR LES RÉSEAUX ET L'HABITABILITÉ DES TERRITOIRES VAROIS

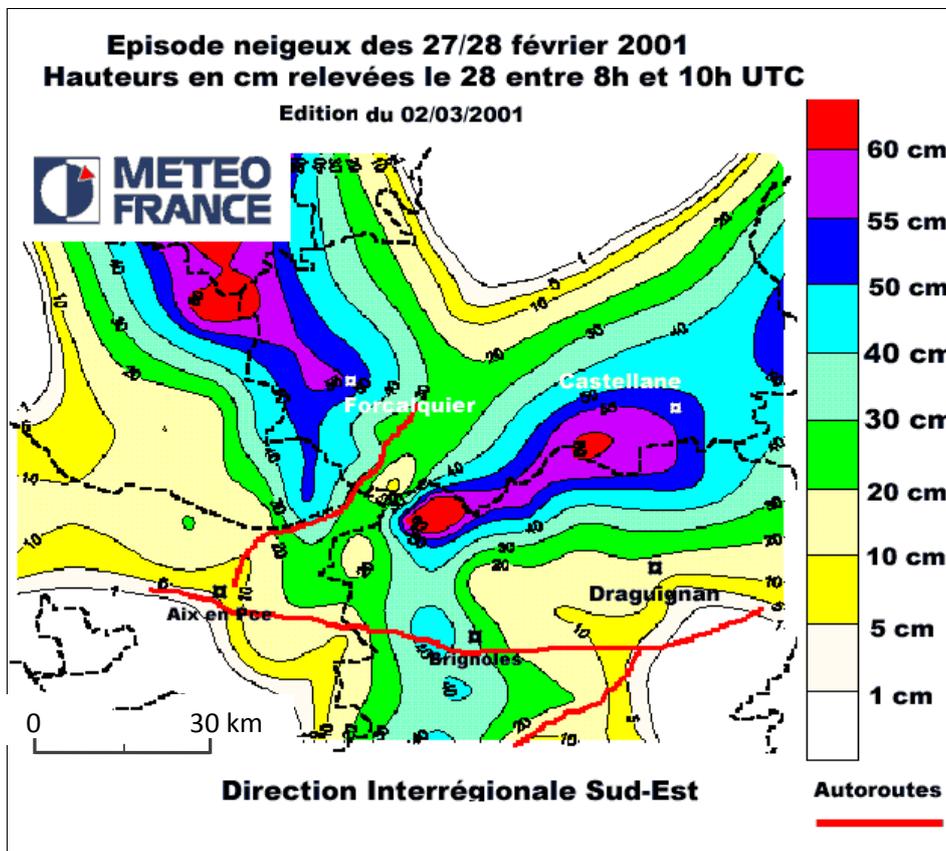
Le déclenchement et la diffusion du système de risque

De nature plus exceptionnelle que les cas précédents, l'épisode neigeux de la nuit du 27 au 28 février 2001 initie dans le département du Var, un système de risques à la fois plus grave, plus persistant et plus complexe en termes de répartition des dommages dans le Temps et dans l'Espace. Même si ces dommages ne sont pas exclusivement localisés dans ce département, nous avons fait le choix de nous concentrer spécifiquement sur les impacts en territoire varois, ce dernier apparaissant comme le plus impacté lors de cet épisode. Une attention particulière sera bien sûr portée aux endommagements des différents types de réseaux et sur la manière dont les interactions entre ces endommagements contribuent à une forte aggravation de la situation de crise et même à l'émergence d'impacts indirects portant sur des réseaux initialement non impactés par la tempête de neige. La spatialisation de la crise reste simple en termes de méthodologie et ne s'appuie pas sur les techniques permettant de prendre en compte l'incertitude et l'imprécision spatiale.

Si l'on s'intéresse d'abord strictement à la variabilité spatiale de l'épisode neigeux, celle-ci est structurée autour d'un gradient sud-nord, les précipitations neigeuses ont été de moindre importance dans les zones littorales que dans les zones intérieures du département, en particulier les zones du Haut Var et du Massif de la Sainte Baume où elles ont pu atteindre entre 40 et 80 centimètres de hauteur par endroit. D'après RTE, « cette neige dite « collante » a la propriété d'adhérer fortement aux objets ou surfaces qu'elle rencontre, par un phénomène de capillarité. L'accumulation qui en résulte peut conduire à surcharger considérablement les câbles des lignes électriques. (...) Cette surcharge entraîne la torsion des câbles qui, rapidement, se couvrent d'un manchon de section quasi-circulaire.» (RTE, 2001), dans les sections où cette surcharge dépasse un poids d'environ 5 kilogrammes par mètre (environ 4 cm), les lignes cèdent.



Carte 9 : Répartition des précipitations neigeuses de la nuit du 27 au 28 février à l'échelle du grand Sud Est (Source : Météo France, P. Carrega)



Carte 10 : Répartition des précipitations neigeuses de la nuit du 27 au 28 février autour du Massif de la Sainte-Beaume (Source : Météo France, P. Carrega)

La carte 11, où figurent les endommagements physiques subis par les réseaux de transport électrique (RTE, 2001) signale, comme nous l'avons souligné, que l'impact initial dépasse largement le cadre du département de Var, avec notamment l'endommagement d'une ligne 225kV proche d'Aubenas, chef-lieu du département de l'Ardèche, ou de plusieurs lignes 225 kV en provenance des Alpes de Haute Provence. Au total, RTE dénombre quatre-vingt incidents sur le réseau de transport haute tension et des dommages directs sur une trentaine de pylônes, sur dix-huit lignes du réseau de transport à très haute tension de 63kV ou de 225kV, soit près de 300 kilomètres de lignes. Ces endommagements sont essentiellement concentrés autour d'une zone limitrophe du Var, des Bouches du Rhône, du Vaucluse et des Alpes de Haute Provence.

Pour le Var plus spécifiquement, on peut distinguer deux zones de concentration d'impacts des lignes de très haute tension : un premier ensemble concerne les lignes de la partie sud-ouest du département, notamment la liaison en 63 kV entre Toulon, Brignoles et Saint Maximin. Le second ensemble se situe plus à l'intérieur des terres, et porte sur les liaisons traversant la partie nord-ouest du département, à proximité du Massif de la Sainte Baume. Ces liaisons endommagées concernent le réseau 225 kV, elles n'alimentent pas uniquement le Var mais également la région marseillaise et la région niçoise. Pour autant, les coupures électriques dans ces deux dernières zones restent moins nombreuses et graves dans l'espace et dans le temps que celles subies dans le Var.



Carte 11 : L'endommagement des réseaux HT et THT par les intempéries de Février 2001, à l'échelle du Grand Sud est de la France. (Source, RTE 2001)

En plus de ces dommages aux réseaux de transport électrique, de très nombreux dommages sont également observés à l'échelle du réseau de distribution. Ainsi, il est possible qu'un réseau de distribution ne soit pas endommagé mais ne puisse pas fournir d'électricité à son territoire de desserte parce qu'en amont, le réseau de transport ne peut pas alimenter ce réseau de distribution ; tout comme il est possible qu'un réseau de transport ne soit pas endommagé mais ne puisse pas fournir d'électricité jusqu'à un territoire donné parce que le réseau de distribution en aval est quant à lui endommagé. Nous ne disposons pas d'informations précises et exhaustives sur la répartition spatiale des très nombreux dommages subis par les réseaux de distribution et nos recherches nous laissent penser qu'une telle base de données n'existe pas. Dans la meilleure hypothèse, sa « reconstruction » près de 10 ans plus tard, s'avèrerait complexe à mettre en œuvre et imposerait une masse de travail supplémentaire importante aux « affaires quotidiennes » des gestionnaires du réseau électrique (que ces derniers ne peuvent matériellement pas toujours consacrer à ce genre de travaux). Au pire, elle s'avèrerait impossible à reconstruire *a posteriori* parce que dans l'urgence de la crise, l'ensemble des dommages et des travaux n'ont pas été recensés et/ou, que les archives ne comprennent pas d'informations « indirectes » suffisamment précises.

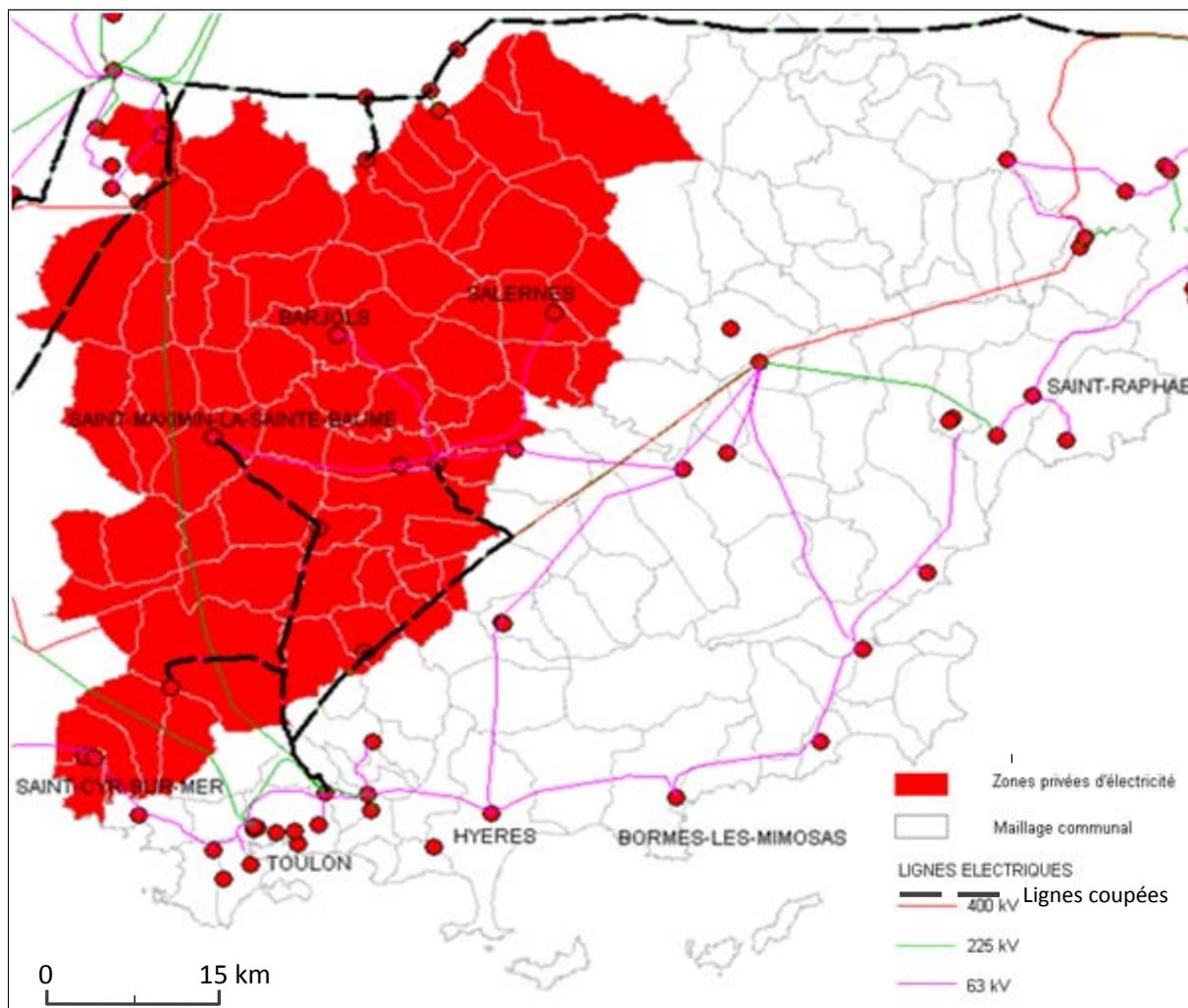
Pour passer de la cartographie des impacts aux réseaux électriques à la cartographie des territoires affectés par la coupure électrique, nous pouvons nous appuyer essentiellement sur les 13 communiqués de presses de l'époque (et donc 13 pas de temps du déroulement de la coupure), fournis gracieusement par les services d'ERDF. Entre autre information, ces communiqués décrivent l'évolution du nombre de clients coupés et pour certains, des informations sur la répartition spatiale, essentiellement, à l'échelle des communes d'un niveau de rétablissement du service électrique. Ces informations ont toutefois un fort caractère généralisant et imprécis, par exemple, les taux de desserte des communes sont des chiffres précis mais fortement arrondis (avec taux de desserte de 50, 80, 90 ou 100%) *idem* pour l'évolution du nombre de clients coupés arrondie en grands milliers. Cet élément est justifiable compte tenu de la source de ces informations, l'information brute a en quelque sorte été traitée pour un usage médiatique afin de transmettre aux populations une information facilement assimilable. Elle trouve aussi une raison liée à la connaissance imparfaite de la situation par les gestionnaires de réseaux et par l'ensemble des autorités. D'ailleurs, le recensement et les réparations des dommages sur les réseaux électriques ont dû s'appuyer dans certaines zones, sur plusieurs hélicoptères et des services de transport exceptionnel de l'Armée, afin de connaître plus précisément les impacts dans certaines zones ou même d'acheminer des équipements électriques (en particulier des groupes électrogènes).

On peut alors considérer que cette imprécision de la connaissance de la crise diminue au fur et à mesure de son déroulement, dans le sens où la stabilisation de la situation et le déploiement progressif « d'observateurs » permet une amélioration de sa visibilité. Ainsi, alors que le premier communiqué de presse de 9 heures du matin est assez imprécis en terme spatial et désigne assez vaguement une sorte d'axe autour de trois communes, celui de 12 heures est déjà plus précis et s'appuie sur le découpage cantonal, et les suivants s'appuient sur un découpage communal. Malgré l'unicité de la source, se pose déjà en théorie un problème de fusion d'informations spatialement hétérogènes en termes de précision et de granulométrie. En termes de précision spatiale, on trouve des informations à l'échelle des cantons, des

communes et une ou deux désignations imprécises comme « la région la plus à l'Ouest du Var autour de St Maximin et jusqu'au Verdon », ou encore, « la zone nord-ouest restera privée d'électricité dans une zone allant de Signes à Aiguines ». Ce problème d'imprécision est dans ce cas précis amoindri par le fait que généralement, pour un même pas de temps, l'information conserve une certaine homogénéité (par exemple dans le second communiqué de presse, l'information est exclusivement à l'échelle des cantons ; alors qu'à partir du troisième elle s'appuie surtout sur le découpage communal) tout en traitant de communes au nombre relativement limité, et proches.

La carte 12 traite de zones décrites comme étant celles « principalement touchées » par la coupure électrique le 28 février au matin, le premier communiqué de presse évoque 70 000 clients touchés. Le nombre total d'habitants de la zone décrite correspond à environ 130 000 personnes, l'écart observé s'explique de plusieurs manières. D'une part, les clients résidentiels sont à l'échelle des ménages, cela revient donc à considérer que si l'ensemble de la zone considérée était coupée, en prenant la taille moyenne réelle des ménages varois de 2,2, alors $70\,000 * 2.2 = 154\,000$ personnes. Cet élément laisse penser que la carte 12 sous-estime la forme spatiale impactée par la coupure tout en restant plausible.

D'autre part, il faut également considérer que même si elles sont peu nombreuses dans cette zone essentiellement tournée vers l'activité résidentielle, il existe tout de même quelques activités industrielles et tertiaires ; en considérant qu'environ 20 % des clients impactés sont des clients résidentiels, alors $56\,000 * 2.2 = 112\,000$; ce nouvel élément laisse penser que la carte 1 surestime la forme spatiale impactée par la coupure tout en restant plausible. Mais il suffit qu'on considère 10% de clients tertiaires et industriels pour que : $64\,000 * 2.2 = 140\,800$, et que le résultat apparaisse à nouveau comme sous-estimé. Le raisonnement reste avant tout illustratif et s'appuie sur des chiffres partiellement imprécis, il montre néanmoins que la carte présentée reste empreinte d'imprécision tout en étant plausible. Comme nous l'avons souligné, cette imprécision n'apparaît pas explicitement dans les traitements spatiaux et les résultats proposés dans ce chapitre.

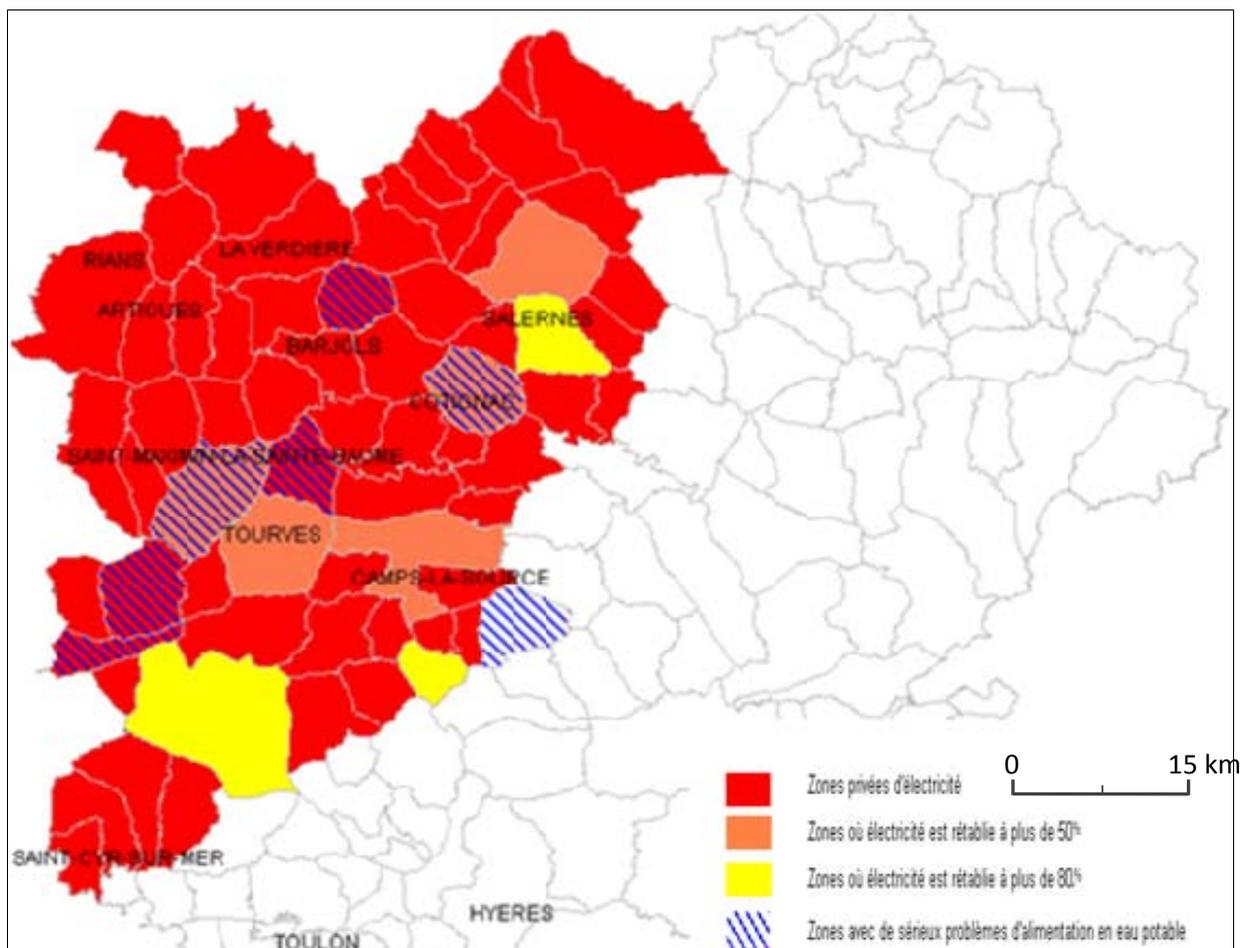


Carte 12 : Réseau de transport électrique du département varois, lignes électriques endommagées et périmètre impacté par la coupure au temps T1 le 28 février au matin (70 000 clients touchés).

La délimitation spatiale obtenue laisse penser à une limite nette et précise de la coupure électrique qui, comme nous le verrons, correspond aux données existantes mais ne correspond pas à la réalité. Cet effet très net des discontinuités est clairement accentué par le parti pris initial de travailler spécifiquement sur le cas Varois et donc de ne pas considérer d'effet de bord. Pour autant, cette forme possède une certaine cohérence et reste pertinente quand on la croise aux dommages directs relevés par RTE sur le réseau de transport électrique. La coupure n'impacte pas le littoral et l'effet de diffusion des endommagements initiaux est d'assez faible portée. Il existe néanmoins puisque certaines zones connectées à des lignes très haute tension en état de fonctionnement sont tout de même impactées par des coupures électriques (les communes de Barjols et Salernes par exemple).

4.4.2. La restauration électrique et l'émergence de nouvelles situations à risques

Parmi les impacts indirects de cette coupure électrique sur les autres réseaux techniques, un des effets dominos les plus intéressants à observer concerne sans aucun doute le réseau d'eau potable qui n'avait pas été directement impacté par la tempête de neige. Sur un plan temporel, on note d'abord que cet impact indirect apparaît à plusieurs pas de temps et de manière différente selon les communes. Pour la commune de Besse sur Issole par exemple, on sait d'après les propos du directeur de l'agence de la Générale des Eaux en charge de l'ouest varois, rapportés dans Var Matin, que la commune a été partiellement privée d'eau potable le mercredi matin mais a été réalimentée dès l'après-midi du premier jour de crise, alors que pour les communes de Nans les Pins, Plan d'Aups ou Tavernes notamment, les problèmes d'alimentation en eau potable ont persisté davantage. Pour les communes de Garéoult, Bras et Gignac, les problèmes d'eau potable ne se posent pas immédiatement mais sont susceptibles d'apparaître au bout d'une certaine durée de coupure électrique, en cas d'épuisement des stocks de réserves d'eau potable. La carte suivante présente l'état de l'approvisionnement électrique des communes et les communes concernées par un problème d'eau potable le jeudi 1^{er} mars à 22 heures, soit 40 heures après notre hypothèse de début de coupure ; à cette heure-ci, environ 30 000 clients sont encore impactés par la coupure électrique.



Carte 13 : Evolution de la coupure électrique et émergence du risque de coupure d'eau potable au temps T2, le Jeudi 1er Mars 22 heures (H+40) (près de 29 000 clients touchés).

Dans les valeurs du nombre d'heures de coupures, nous considérons que la coupure électrique a débuté de manière simultanée à 9 heures du matin, ce qui est en soit inexact et qui sous-estime de quelques heures la durée de la crise. Néanmoins, nous ne disposons pas d'informations plus précises sur la chronologie fine et l'ordre des endommagements directs au cours de la nuit du mardi 27 au mercredi 28 février. Nous assumons donc de prendre pour point de départ commun à l'ensemble de la coupure dans le département, la date et l'heure du premier communiqué officiel sur la panne, c'est-à-dire mercredi 28 février, 9 heures du matin. Même en l'absence de données, une connaissance et une analyse fine de la météorologie de cette nuit du 27 au 28 pourraient permettre de localiser dans le temps et dans l'espace avec plus de précision, la chronologie des endommagements directs et le déclenchement de la coupure électrique.

La restauration du service électrique s'est appuyée sur des moyens humains très importants, faisant appel en renfort à des techniciens électriques venant d'autres départements (de l'Isère, de la région bordelaise ou des Alpes-Maritimes) et dont le déploiement a été progressif tout au long de la crise. Au total, les moyens humains déployés par les gestionnaires électriques passent progressivement de 400 personnes et 250 véhicules au début de la crise, à plus de 1200 personnes et 450 véhicules en fin de crise. Si on établit un rapport entre l'évolution du nombre d'agents techniques sur le terrain et l'évolution du nombre de clients restaurés pour chaque pas de temps, on peut proposer un indice sur l'évolution du rythme horaire du nombre de clients raccordés au réseau électrique. On voit dans la figure 37 que ce rythme horaire tend à décroître de manière très brutale au cours de la crise ; après avoir approché 5 clients par agents lors des premières 24 heures, il tend à plafonner à un rythme inférieur à 1 client par heure à partir des 36 premières heures.

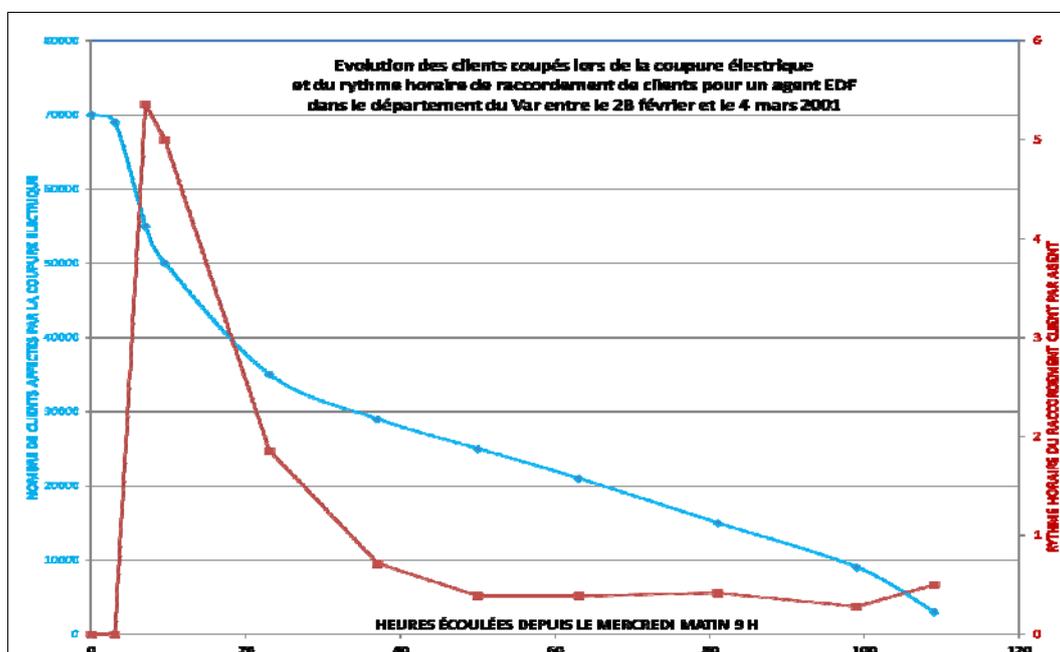


Figure 37 : Evolution du nombre de clients coupés (en bleu) et évolution du rythme horaire de raccordement de clients pour un agent technique (en rouge) au cours des 120 heures de crises à partir du mercredi matin à 9 heures.

Cet indice est évidemment une valeur moyenne et ne correspond pas à la réalité du travail « des lignards » qui est d'ailleurs généralement effectué en équipe. Il nous renseigne

néanmoins sur le caractère non linéaire de l'évolution du nombre de clients impactés qui traduit une stratégie d'aller en premier lieu vers les points plus critiques, afin d'effectuer d'abord la réparation des clients prioritaires avec des risques vitaux, puis les réparations qui permettent de raccorder le plus grand nombre possible au réseau.

4.4.3. La question de l'accessibilité routière et ses effets sur la durée de la coupure électrique et la persistance du système de risque

Une contrainte forte dans la mise en œuvre de cette stratégie vient de l'inaccessibilité des zones et des infrastructures endommagées qui explique largement l'évolution lente de la restauration du service électrique. Ainsi, l'endommagement de plusieurs lignes électriques, combiné à l'obstruction de plusieurs sections de voirie routière, conduisent à une forte persistance de la crise, l'inaccessibilité de certaines zones empêchant leur restauration rapide (on retrouve l'idée de résilience telle que présentée en chapitre 3). Cette question de l'accessibilité routière se pose à deux niveaux.

Au niveau du réseau autoroutier et donc sur le délai d'arrivée des renforts des autres départements ; l'arrivée des renforts en provenance de l'Isère et des groupes électrogènes de la région bordelaise a d'ailleurs lieu le jeudi matin, comme les renforts en provenance de Nice et Cannes. Les dommages sur le réseau autoroutier ont été particulièrement critiques dans la section entre Saint Maximin et les Arcs, avec notamment plusieurs camions qui « piétinaient » dans la montée de Saint Maximin ; le 28 février à 20 heures, les responsables gestionnaires du réseau autoroutier ESCOTA demandaient aux camions d'arrêter leur voyage. A 22 heures, un poste de transmission ESCOTA était foudroyé et altérait la communication entre le PC de crise localisé à Mandelieu et les 82 véhicules de terrains. A 22h30, le Préfet du département du Var interdisait la circulation routière sur l'Autoroute A8 : entre 2000 et 3000 poids lourds étaient reportés essentiellement vers la ville de Toulon, mais surtout, entre 2000 et 4000 personnes se retrouvaient bloquées sur « l'autoroute du Soleil ».

Dans une entrevue avec Richard Bertoli, directeur de l'exploitation du réseau autoroutier, ce dernier nous avait d'ailleurs appris qu'un important retour d'expérience avait été mené par ESCOTA, suite à cette crise. Il avait également insisté sur l'importance de mesures d'anticipations comme le stockage de quantités très importantes de bouteilles d'eau ou de couvertures pour réduire les risques vitaux associés à pareille situation de crise, qui malgré son caractère exceptionnel devait, de par sa criticité, faire partie des situations tenues comme possibles par les gestionnaires.

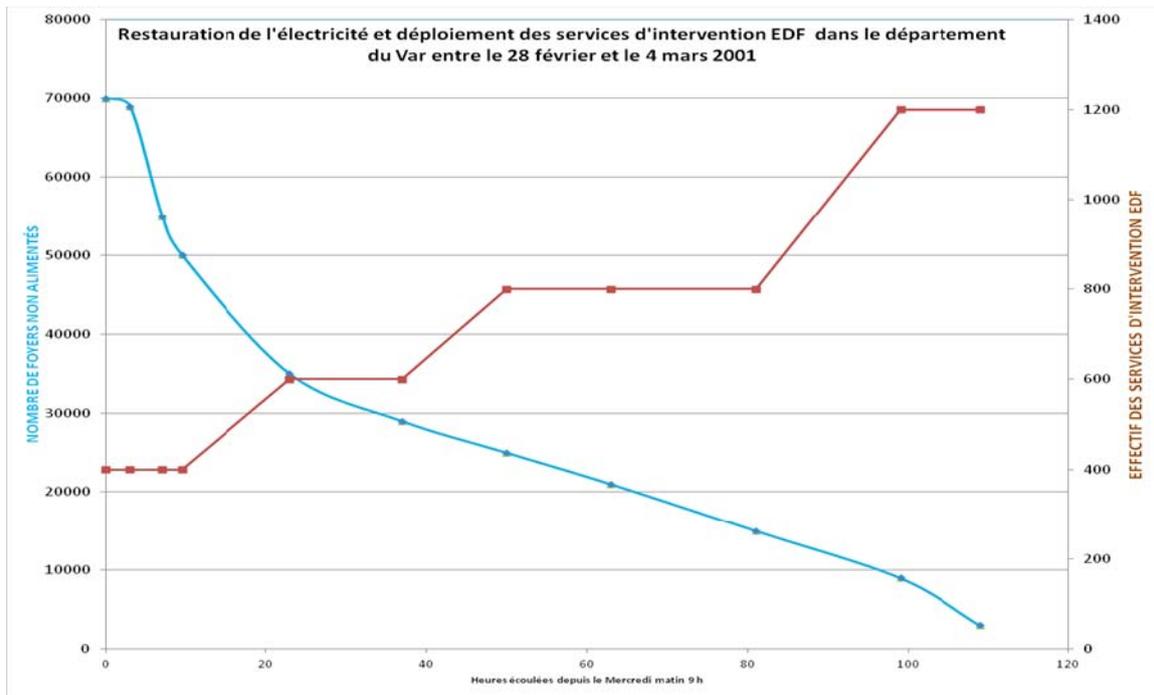
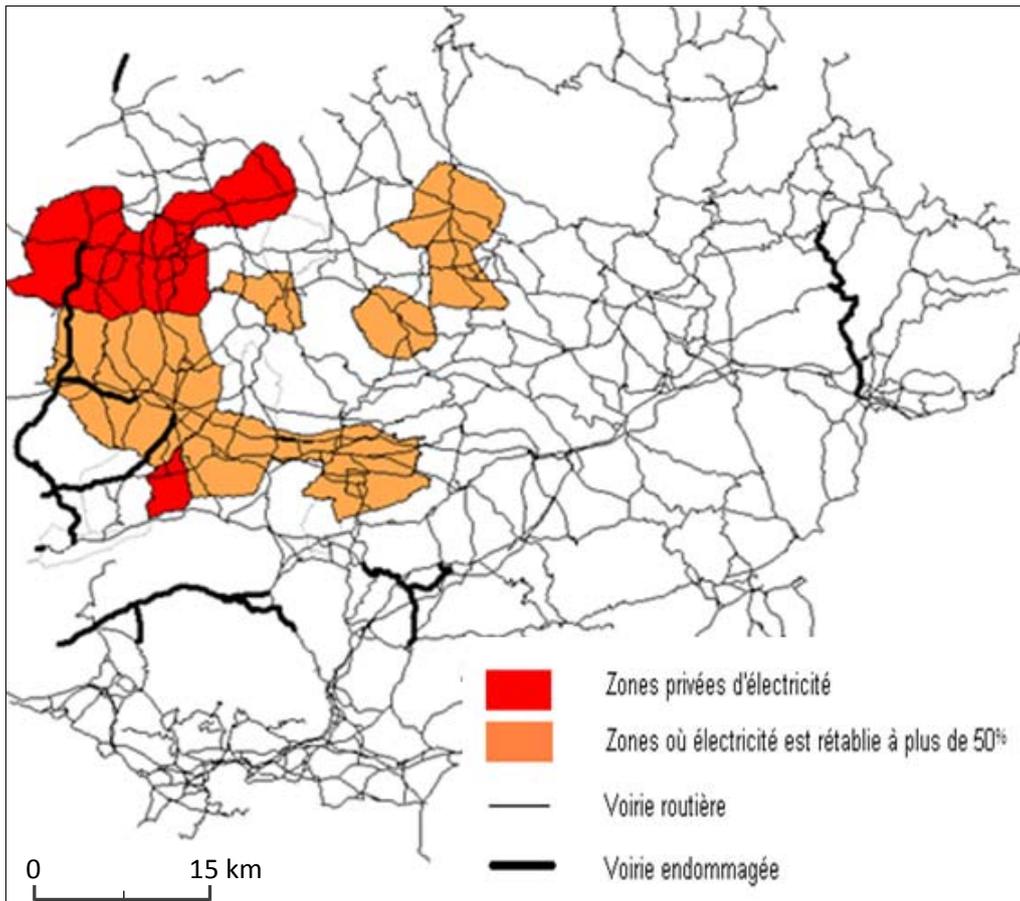


Figure 38 : La restauration de l'électricité et le déploiement progressif des services d'intervention EDF avec l'arrivée des renforts des départements de l'Isère et des Alpes-Maritimes.

Au niveau des routes internes, les dommages sont également très nombreux et localisés dans la partie ouest du département et aux alentours du Massif de la Sainte Baume. La description très détaillée des dommages routiers et de l'état des liaisons de communes à communes dans le journal local (annexe) nous permet de proposer une cartographie simple à partir de la base de données Route 500 de l'IGN. En croisant cette information avec les communes déclarées encore coupées le vendredi 2 Mars vers 23h30 dans les communiqués de presse, soit près de 63 heures après le début de la coupure, on peut supposer un lien de causalité entre la non accessibilité de ces zones et le non réapprovisionnement en électricité pour près de 20 000 clients (carte 14).



Carte 14 : Les dommages routiers et la durée de coupure électrique dans le département du Var le vendredi 2 mars en fin de soirée.



Figure 39 : Photographie du travail des équipes de secours en provenance de l'Isère partiellement entravé par l'enneigement de la voirie lors de la panne de février 2001 dans le Var (Source : Service de presse ERDF).



Figure 40 : Photographie de l'arrivée d'un camion grue et d'équipes de secours après le déneigement des voiries routières. (Source : Service presse ERDF).

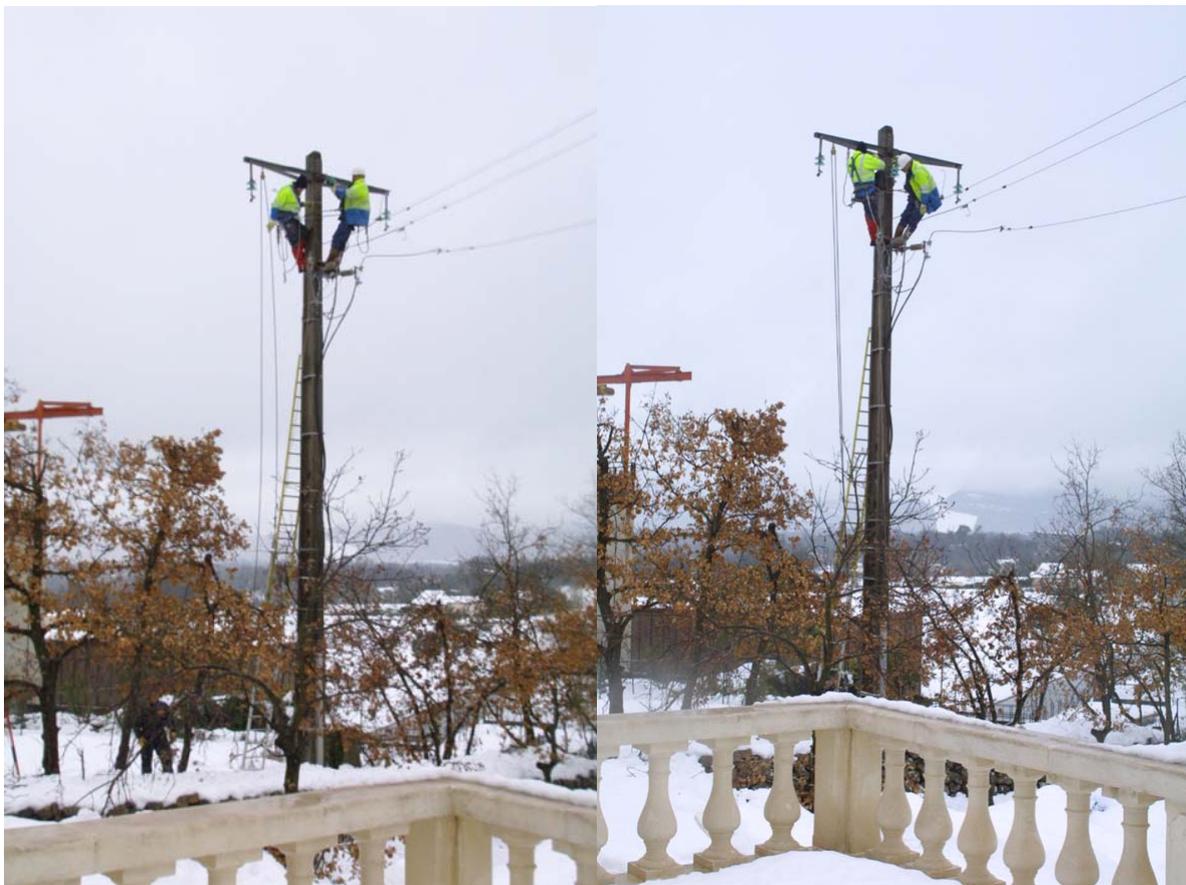


Figure 41 : Deux techniciens en plein travaux acrobatiques à plus d'une quinzaine de mètres du sol sur une ligne du réseau de distribution électrique. (Source : Service presse ERDF).

Conclusion

Même s'il ne s'agit que d'un scénario possible parmi de nombreux, cette première analyse rétrospective nous permet de préciser de manière plus aboutie les différents types d'interactions possibles des dommages aux réseaux techniques dans les systèmes de risques (figure 42). L'impact du réseau de transport routier sur le réseau électrique ne conduit pas directement à de nouveaux endommagements électriques ni à une rediffusion du risque dans l'espace mais à une aggravation du risque par rediffusion du risque dans le temps. L'effet de réseau porte sur la durée, on pourrait parler d'un effet de prolongation du système de risques.

L'impact du réseau électrique est également complexe en termes de durée dans le sens où comme nous l'avons vu, certains dysfonctionnements du réseau potable, liés aux coupures électriques ne peuvent apparaître qu'au bout d'une certaine durée de la coupure (qui dépasse le stock d'eau disponible dans un réservoir par exemple). L'effet de réseau possède à nouveau un rapport complexe avec la question du temps, tout en ayant cette fois un effet potentiel en termes de rediffusion d'impact dans l'espace. On comprend alors que dans ce scénario, indirectement, l'impact au réseau de transport routier joue un rôle prépondérant dans le déclenchement de l'impact réseau potable, puisque c'est lui qui contribue à aggraver fortement la durée de la coupure électrique.

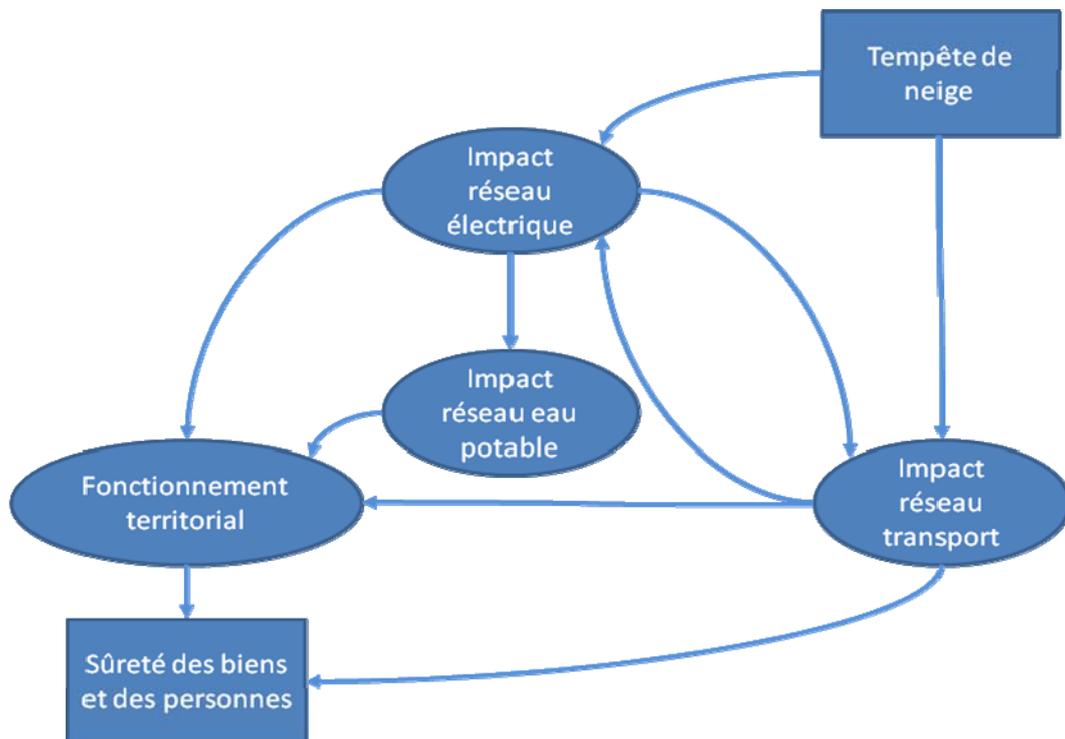


Figure 42 : Impacts et interdépendance des réseaux techniques dans le système de risques du 28 février au 4 mars 2001, dans le département du Var.

A l'échelle de la région PACA, l'articulation entre la temporalité de la construction d'une fragilité électrique dans le temps long, induit par le développement des territoires et des réseaux techniques (1960-2005), avec la temporalité plus brève et événementielle du déclenchement des systèmes de risques induits par cette fragilité, témoigne d'une forme de complexité temporelle des systèmes de risques. L'anticipation des systèmes de risques nous conduit donc à raisonner sur les interactions entre deux temporalités bien distinctes, renvoyant à la construction du système de risques d'une part, et au déclenchement du système de risques d'autre part.

La complexité temporelle des systèmes de risques observée dans ce chapitre est doublée d'une complexité spatiale forte puisque le territoire électrique PACA est lui-même imbriqué dans plusieurs niveaux supérieurs de territoires électriques qui sont, nous l'avons vu, susceptibles d'être déstabilisés dans leur ensemble par des perturbations locales et susceptibles de perturber les autres réseaux en aval. Cette fragilité s'avère importante en région PACA du fait de la structure du réseau de transport électrique et de la relativement faible quantité des moyens de production électrique installés dans la région. De plus, le territoire électrique PACA se caractérise par un niveau important d'hétérogénéité qui conduit à un niveau de fragilité plus important dans la partie Sud-Est de la région. Cette fragilité électrique, constituée dans le temps long, rend possible, à certaines périodes, le déclenchement de coupures électriques importantes même si la perturbation initiale est de faible intensité et localisée très localement. De plus, comme le montre le cas des incendies en région PACA, de légères variations dans la localisation de l'aléa de départ peuvent avoir un impact très important sur la diffusion spatiale des dommages indirects, ce qui confirme le haut degré d'incertitude des systèmes de risques associés aux dommages des réseaux évoqué dans la partie 1.

La spatialisation rétrospective des systèmes de risques est menée dans une démarche « classique » et les données dont nous disposons pour reconstruire ces événements ne justifient pas réellement le recours aux méthodes évoquées au chapitre 3. Pour autant, comme nous l'avons noté, l'imprécision des données dont nous disposons nous conduit à généraliser de manière importante les périmètres coupés et leur évolution temporelle. Dans le chapitre suivant, nous nous attacherons à prendre en compte de manière plus explicite, les enjeux d'imprécision, d'incomplétude et d'incertitude, associés à la connaissance des interdépendances réseaux-territoires et de l'interaction entre ce système et une perturbation externe.