



Organisation météorologique mondiale

PRINCIPES DIRECTEURS POUR LA COMMUNICATION RELATIVE À L'INCERTITUDE DES PRÉVISIONS

PWS-18

OMM/DT-N° 1422



Auteur principal et coordinateur: Jon Gill,
avec le concours de José Rubiera, Claire Martin,
Ivan Cacic, Ken Mylne, Chen Dehui, Gu Jiafeng, Tang xu,
Munehiko Yamaguchi, Andre Kamnga Foamouhoue,
Eugene Poolman et John Guiney.

Réviseur: Haleh Kootval

Mise en page: Samuel Muchemi
Couverture: Alexander Keshavjee

© 2008, Organisation météorologique mondiale

OMM/DT-N° 1422

NOTE

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent, de la part des organismes participants, aucune prise de position quelle qu'elle soit quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

Il convient de noter que le présent rapport n'est pas une publication officielle de l'OMM et n'a donc pas été soumis aux procédures éditoriales standard de l'Organisation. L'OMM ne souscrit pas nécessairement aux opinions qui sont exprimées par des personnes ou des groupes d'experts et publiées dans un document technique de l'Organisation.

TABLE DES MATIÈRES

Chapitre 1:	Introduction	1
1.1	À propos des principes directeurs	2
1.1.1	Contexte	2
1.1.2	Objet des principes directeurs	2
Chapitre 2:	Pourquoi indiquer l'incertitude des prévisions	3
2.1	L'indication de l'incertitude des prévisions permet de prendre de meilleures décisions	3
2.2	L'indication de l'incertitude des prévisions permet de prendre en compte les attentes des intéressés	3
2.3	L'indication de l'incertitude renforce la confiance des usagers	3
2.4	L'incertitude des prévisions reflète l'état actuel de la science	4
Chapitre 3:	Sources d'incertitude des prévisions	5
3.1	Imprévisibilité de l'atmosphère	5
3.2	Incertitude de l'interprétation des données	5
3.3	Incertitude dans la présentation des prévisions	5
3.4	Interprétation des prévisions	5
Chapitre 4:	Comment indiquer l'incertitude des prévisions	7
4.1	Perception des informations relatives à l'incertitude	7
4.2	Discernement des usagers	7
4.3	Utilisation de codes de couleur	7
4.4	Exemples d'informations sur l'incertitude	8
4.4.1	Terminologie	8
4.4.2	Graphiques	10
4.4.3	Icônes	11
4.4.4	Cartes	12
4.4.5	Échelles d'incertitude	16
	Catégories alphabétiques	16
	Indices de confiance	16
	Probabilités	16
	Difficultés de compréhension des probabilités	17
4.4.6	Indices météorologiques	17
4.5	Adaptation des techniques aux médias	18
Chapitre 5:	Mise en application des prévisions probabilistes par les décisionnaires	19
Chapitre 6:	Vérification et calibrage	20
Chapitre 7:	Conclusion	21
Bibliographie		22

Chapitre 1 : Introduction

Comme le soulignait le Conseil exécutif de l'OMM réuni en sa cinquième session en avril 2002 (annexe du paragraphe 5.1.8 du résumé général), l'incertitude est inhérente à la prévision hydrométéorologique. Les prévisionnistes connaissent bien la question de l'incertitude et de la prévisibilité : ils y sont confrontés chaque fois qu'ils effectuent une prévision. Parfois, les modèles informatiques et les consignes aboutissent à des prévisions cohérentes, et les prévisionnistes font confiance aux résultats. D'autres fois, les modèles sont très éloignés ou alors un paramètre météorologique est difficile à prévoir en soi. Néanmoins, les prévisions sont à réaliser, même en cas d'incertitude importante.

L'incertitude des prévisions peut aussi tenir à la façon dont le prévisionniste exploite les informations disponibles. Même si les prévisions émanant d'un modèle sont très précises, le prévisionniste doit les interpréter et les intégrer dans un contexte météorologique. Il doit ensuite, à partir de son interprétation, faire sa propre prévision, qui sera elle-même assimilée et interprétée par l'utilisateur. Une incertitude peut apparaître à chaque étape de cette « chaîne de l'information ».

Il est essentiel d'indiquer aux utilisateurs l'incertitude des prévisions. Cela leur permet de prendre de meilleures décisions fondées sur la fiabilité de ces prévisions, et cela permet aussi aux prévisionnistes de tenir compte de l'attente des utilisateurs en la matière.

Les présents principes directeurs portent sur la communication relative à l'incertitude des prévisions. S'ils traitent des sources de cette incertitude et abordent des disciplines scientifiques connexes (prévisions probabilistes ou ensembles de prévision numérique, par exemple), tel n'est pas leur objet. Celui-ci est plutôt de déterminer comment les Services météorologiques et hydrologiques nationaux (SMHN) intègrent les informations sur l'incertitude des prévisions dans leurs services de prévisions hydrométéorologiques et quels sont les meilleurs moyens de transmettre ces informations aux usagers.

De nombreux SMHN ont mis ou mettent actuellement au point des techniques pour remédier aux difficultés liées à l'indication de l'incertitude des prévisions. Ce faisant, ils doivent prendre garde à certains pièges. En tant que scientifiques, les météorologues, par exemple, connaissent bien l'incertitude et le vocabulaire des probabilités, alors que d'autres sont moins familiarisés avec ces notions. Dans un cas comme dans l'autre, il est essentiel de former les prévisionnistes pour que l'incertitude puisse être systématiquement estimée et indiquée. Dans la population générale, le degré de compréhension varie en fonction du niveau d'instruction et de culture des personnes, mais l'homme de la rue est généralement moins à l'aise avec les probabilités que les scientifiques, d'où un risque important d'interprétation erronée.

Il est difficile d'indiquer l'incertitude dans les prévisions traditionnelles présentées sous forme de textes. Ceux-ci sont courts, les lecteurs ont du mal à en appréhender tout le contenu et il faut parfois beaucoup de temps aux prévisionnistes pour choisir exactement les termes

voulus. En outre, la façon d'exprimer l'incertitude dans un texte est souvent subjective et le lecteur risque de ne pas comprendre ce que veut dire le prévisionniste. Il existe une solution consistant à indiquer le degré d'incertitude dans une échelle numérique simple à utiliser pour toutes les prévisions. L'idée ne date pas d'hier : dans un article publié en 1906 dans la *Monthly Weather Review*, W.E. Cooke proposait une échelle en cinq points pour exprimer l'incertitude :

5	Certitude presque absolue
4	Certitude admissible, mais risque d'erreur une fois sur 10 environ
3	Doute important : prévision plus probablement vraie que fausse, mais risque d'erreur quatre fois sur 10 environ
2	Possibilité, mais peu de chances : si des averses sont indiquées, par exemple, elles seront faibles, à supposer qu'elles se produisent
1	Possibilité la plus faible : très peu de chances

Et une prévision pourrait se présenter ainsi : « Zone

sud-ouest : beau temps partout (5) sauf dans l'extrême sud-ouest, où existe une possibilité de faibles averses sur les côtes (2) ; chaleur à l'intérieur des terres (4) et tendance au refroidissement sur la côte ouest (3) ».

Une autre façon d'exprimer l'incertitude consiste à indiquer dans la prévision non seulement le scénario le plus probable, mais aussi le deuxième scénario le plus probable, ce qui permet aux intéressés de concevoir des plans d'urgence. De nombreux utilisateurs ne souhaitent fonder leurs décisions que sur une seule prévision, mais d'autres, qui ont des besoins plus précis, s'intéressent aux autres possibilités envisageables. C'est le cas en particulier des personnes chargées de gérer les situations d'urgence, qui doivent connaître les autres scénarios possibles et même les pires scénarios envisageables pour pouvoir planifier les ressources à mettre en œuvre et parer à toute éventualité.

Le recours aux probabilités est un moyen courant d'exprimer l'incertitude, qui se généralise de plus en plus. Il faut que les probabilités soient fondées sur des techniques scientifiques objectives et qu'elles soient fiables et correspondent à la véritable distribution de probabilité du phénomène considéré.

Ainsi, les probabilités découlant des prévisions d'ensemble ne doivent pas *a priori* être considérées comme fiables, mais elles doivent être vérifiées et calibrées, le cas échéant. Il est également possible d'évaluer les probabilités à l'aide de méthodes statistiques reposant sur les erreurs de prévisions passées ou de techniques de prise de décisions subjectives. Les probabilités doivent en outre être clairement définies et indiquées pour que les usagers en comprennent bien le sens.

L'incertitude peut également être exprimée par une fourchette de valeurs présentée, par exemple, sous la forme d'une barre d'erreurs ou d'un météogramme EPS. De nombreux usagers ont trouvé cette méthode utile dans le cadre de leur processus décisionnel. Ces principes directeurs portent sur les divers moyens de décrire et d'indiquer l'incertitude des prévisions et ils mettent l'accent sur les principales questions que les SMHN doivent aborder et résoudre.

1.1 À propos des principes directeurs

1.1.1 Contexte

Les présents principes directeurs ont été élaborés sous les auspices du Programme des services météorologiques destinés au public de l'Organisation météorologique mondiale, par l'Équipe d'experts sur les aspects des services météorologiques destinés au public (SMP) relatifs à la communication et par les participants à une réunion d'experts qui s'est tenue à Shanghai, Chine, en septembre 2007. L'Équipe d'experts sur les aspects des SMP relatifs à la communication est, entre autres missions, chargée de :

Déterminer la meilleure façon de bien faire comprendre aux utilisateurs finals les notions d'incertitude et de confiance qui deviennent de plus en plus courantes grâce à l'emploi accru des systèmes de prévision d'ensemble et d'autres systèmes de prévision probabiliste, et faire rapport à ce sujet.

Ces principes directeurs ont pour objectif principal d'aider les SMHN à élaborer des stratégies et des techniques leur permettant de fournir, dans le cadre de leurs services, des informations sur l'incertitude des prévisions. À cet égard, ils contribuent donc aux objectifs généraux du programme des SMP de l'OMM, qui sont de renforcer la capacité des Membres de l'Organisation à faire face aux besoins de la société, et d'apprendre au public à mieux connaître l'éventail des prestations des SMHN et à les utiliser au mieux.

Ces principes directeurs doivent être considérés comme venant compléter les connaissances scientifiques sur l'incertitude des prévisions, un domaine qui occupe une place de plus en plus importante dans le monde de la recherche en hydrométéorologie et qui fait l'objet de vastes projets internationaux tels que le programme THORPEX (*THE Observing system Research and Predictability EXperiment*, Expérience concernant la recherche sur les systèmes d'observation et la prévisibilité) du Programme mondial de recherche sur la prévision du temps de l'OMM. Dans le cadre du programme SMTDP (Système mondial de traitement des données et de prévision) de l'OMM, l'Équipe d'experts pour les systèmes de prévision d'ensemble donne des orientations concernant les procédés de prévision. Les résultats de ces activités de recherche viendront renforcer la base scientifique des services de prévision probabiliste et des autres services de prévision de l'incertitude. Toutefois, si les informations prévisionnelles ne sont pas communiquées de manière efficace aux usagers, elles ne pourront pas être pleinement exploitées.

1.1.2 Objet des principes directeurs

Les présents principes directeurs ont été élaborés dans le but d'aider les SMHN à remédier aux problèmes inhérents à la communication des informations relatives à l'incertitude des prévisions. Ils mettent l'accent sur les différentes manières de présenter et de décrire ces informations. Ils abordent également la question de l'interprétation de ces informations par les utilisateurs, ainsi que les méthodes courantes permettant d'éviter les interprétations erronées.

Ces principes directeurs s'adressent surtout aux personnes qui mettent au point et fournissent des services de prévision et d'alerte hydrométéorologiques. Il s'agit notamment des spécialistes de la prévision du temps et du climat, des météorologistes spécialisés en radiodiffusion ainsi que des professionnels chargés de la mise au point et de la gestion des services de prévision, qui souhaitent connaître le meilleur moyen de présenter les éléments d'incertitude de ces services.

Le calcul de l'incertitude des prévisions n'est pas abordé dans ce document et les techniques telles que les prévisions numériques d'ensemble ou les prévisions statistiques n'y sont pas expliquées en détail. Pour obtenir des informations intéressantes sur les méthodes de prévision d'ensemble, il est recommandé de consulter le site Web du programme Comet, à l'adresse www.meted.ucar.edu/index.php. Le présent document, lui, est essentiellement consacré à la communication des informations relatives à l'incertitude que ces méthodes peuvent engendrer.

Pour savoir comment indiquer l'incertitude, il faut en comprendre l'origine. On pourra à cet effet se reporter au chapitre 3, « Sources d'incertitude des prévisions », qui traite des différentes sources d'incertitude des prévisions, notamment de l'inexactitude qui caractérise la météorologie, de la traduction des informations météorologiques en prévisions par les prévisionnistes, ainsi que de l'interprétation de ces prévisions par les usagers.

Le présent document se veut un guide pratique sur les meilleures façons d'indiquer l'incertitude. Il contient des exemples utiles dont les SMHN pourront s'inspirer afin de mettre au point leurs propres stratégies. Il s'agit là du sujet central de ce document, qui est abordé au chapitre 4, « Comment indiquer l'incertitude des prévisions ».

Le but final de l'indication de l'incertitude est de permettre aux utilisateurs de prendre de meilleures décisions face à l'incertitude. Le chapitre 5 présente rapidement quelques idées sur cette question. Pour que la prise de décisions soit efficace, il est essentiel que les prévisions aient un certain degré de fiabilité et qu'elles rendent bien compte de l'incertitude. Le chapitre 6 aborde brièvement la nécessité d'une vérification et d'un calibrage efficaces des prévisions probabilistes.

Avant toute chose – et c'est là la raison d'être essentielle de ces principes directeurs –, il est nécessaire de comprendre l'importance de l'indication de l'incertitude. Le chapitre qui suit, « Pourquoi indiquer l'incertitude des prévisions ? », est consacré à cette question.

Chapitre 2 : Pourquoi indiquer l'incertitude des prévisions

Il existe plusieurs raisons d'indiquer l'incertitude des prévisions, tant pour ceux qui les utilisent que pour les SMHN qui les fournissent. Chacune d'entre elles fait l'objet d'un paragraphe de ce chapitre.

2.1 L'indication de l'incertitude des prévisions permet de prendre de meilleures décisions

La raison principale d'indiquer l'incertitude des prévisions est d'aider les utilisateurs à prendre de meilleures décisions. C'est le cas en particulier lorsqu'ils disposent de plusieurs possibilités et souhaitent parer à toute éventualité. Les situations de ce type sont très courantes. Elles vont de simples décisions au jour le jour concernant, par exemple, les vêtements à porter, à de vastes interventions en cas d'urgence, comme l'organisation d'une évacuation. Voici quelques exemples de la façon dont les informations sur l'incertitude peuvent améliorer la qualité et l'efficacité d'une décision :

- Un agriculteur souhaite épandre de l'engrais. Pour que l'opération réussisse, il faut un peu de pluie afin que cet engrais soit absorbé par le sol. L'agriculteur a établi une règle selon laquelle, si la probabilité de pluie est inférieure à 80 %, le risque de perdre l'engrais est trop important. Ainsi, il attend jusqu'à ce que la probabilité augmente. Il lui faut un degré de certitude élevé. (À l'inverse, imaginons, par exemple, une personne qui organise une manifestation en plein air. Le plus petit risque de pluie étant susceptible de poser problème, cette personne pourra fixer très bas le seuil déterminant sa prise de décision.)
- Une agence nationale pour l'alimentation évalue la sécurité alimentaire pour l'année à venir. Selon les prévisions climatiques saisonnières, il existe une probabilité légèrement supérieure à la normale de pluies inférieures à la moyenne pendant la saison de croissance. Ainsi, l'agence prend des mesures en vue du stockage de nourriture. Les conséquences d'une insuffisance des précipitations sont tellement graves que l'agence réagit, même si l'incertitude des prévisions est relativement élevée.
- Un service d'urgence doit décider s'il convient d'évacuer une population en prévision de l'approche d'un cyclone tropical. Selon les prévisions, il existe une probabilité de 10 % de vents dévastateurs. Même si cette probabilité est faible, elle est suffisamment élevée par rapport aux conséquences possibles pour que le service commence à évacuer la zone menacée.

Dans chacun de ces trois cas, les intéressés adaptent leur action à divers degrés d'incertitude des prévisions, selon leurs propres besoins. Il est possible d'optimiser cette adaptation en estimant les coûts et les pertes associés à la décision. C'est pourquoi les informations sur l'incertitude

des prévisions sont tellement utiles : elles permettent aux intéressés de réagir aux prévisions en fonction de leur situation. Faute de telles informations, si, par exemple, on prévoit simplement de la pluie ou pas de pluie, l'incertitude sous-jacente n'a pas disparu et le prévisionniste a simplement exprimé un jugement fondé sur la meilleure estimation possible. Si ce jugement peut être bien adapté aux besoins de certains utilisateurs, il peut aussi ne pas l'être pour l'ensemble d'entre eux.

Les utilisateurs doivent avoir conscience que s'ils prennent une décision alors qu'il existe une incertitude, de fausses alertes risquent de se produire. C'est là une caractéristique des prévisions probabilistes. Par exemple, dans le cas du cyclone tropical évoqué plus haut, sur dix évacuations, une seule permettra de sauver des vies, alors que, pour les neuf autres, il n'y aura finalement pas de vents dévastateurs. Le modèle coût-perte peut être utile pour évaluer le niveau de réponse à donner selon les différentes probabilités. Son utilisation est illustrée par un exemple dans l'appendice A du document WMO/TD-NO.1292, *Guidelines on Integrating Severe Weather Warnings into Disaster Risk Management* (Principes directeurs pour la prise en compte des avis de phénomènes météorologiques dangereux dans la gestion des risques de catastrophe).

2.2 L'indication de l'incertitude des prévisions permet de prendre en compte les attentes des intéressés

Les météorologues doivent tenir systématiquement compte de l'incertitude lorsqu'ils font une prévision. Cela peut leur paraître stressant si les utilisateurs s'attendent à ce qu'une prévision soit toujours avérée. Ils savent que certains phénomènes sont plus prévisibles que d'autres : s'ils peuvent l'indiquer aux intéressés, ceux-ci appréhenderont correctement l'exactitude et la fiabilité du service, et ils pourront établir des rapports plus harmonieux avec eux.

Les prévisionnistes évoquent souvent l'intérêt des bulletins météo face à face ou des interviews dans les médias, qui leur permettent de préciser le degré de fiabilité des prévisions communiquées et de suggérer d'autres scénarios possibles. Ces modes de diffusion sont très utiles pour aborder la question de l'incertitude des prévisions et en expliquer les causes. Les prévisionnistes peuvent par exemple déclarer que « la plupart des modèles semblent pencher en faveur de faibles pluies, mais deux autres modèles prévoient plutôt de fortes pluies, et il est donc préférable de garder à l'esprit cette éventualité ». De cette façon, les utilisateurs prennent conscience du processus de prévision et comprennent mieux l'incertitude qui la caractérise.

2.3 L'indication de l'incertitude renforce la confiance des usagers

Pour qu'un SMHN soit considéré de façon évidente comme la source des prévisions et alertes météorologiques officielles, il doit absolument garder la confiance des usagers. Ceux qui comprennent que toute

prévision est entachée d'incertitude et qui tiennent compte dans leurs décisions de l'incertitude indiquée par les SMHN sont bien plus susceptibles de leur accorder leur confiance. Selon certaines études, les informations sur l'incertitude des prévisions n'ébranlent pas la confiance que les intéressés ont dans les services mais, au contraire, les rassurent : ils voient qu'on les traite de façon sincère et que les services sont objectifs et scientifiques.

2.4 L'incertitude des prévisions reflète l'état actuel de la science

Les services météorologiques doivent être fondés sur des bases scientifiques solides. L'incertitude étant inhérente aux prévisions qui émanent des modèles de prévision numérique et aux autres éléments du processus de prévision (analysés plus en détail au chapitre 3), il convient d'en tenir compte dans les prévisions et les avis diffusés. Si la fiabilité des services est insuffisante, la crédibilité de la profession et des SMHN sera ébranlée.

Chapitre 3 : Sources d'incertitude des prévisions

Pour indiquer l'incertitude des prévisions de façon efficace, il faut en comprendre l'origine. Parfois, l'incertitude augmente lors du processus de prévision en raison du comportement intrinsèquement chaotique de l'atmosphère, de notre capacité limitée à mesurer et à modéliser son état et de nos difficultés à interpréter les données d'observation et celles issues de modèles. Elle se fait jour également lorsque les prévisionnistes tentent de traduire leur compréhension scientifique de la situation par des mots simples. Enfin, elle peut apparaître lorsque l'utilisateur, qui ne comprend pas toujours de la même façon que le prévisionniste la terminologie employée ou le sens d'une prévision, reçoit et interprète celle-ci. Il existe diverses façons d'indiquer ces incertitudes. Dans le cas d'une incertitude scientifique, par exemple, le recours aux probabilités peut être un moyen efficace d'en indiquer le degré. Dans le cas d'une incertitude due à l'interprétation des prévisions, le recours à une langue intelligible et à une terminologie bien définie contribuera éminemment à une communication efficace. Les différentes sources d'incertitude sont examinées de façon plus précise dans les paragraphes ci-après.

3.1 Imprévisibilité de l'atmosphère

L'incertitude des prévisions est due à l'imprévisibilité inhérente à l'atmosphère, qui est par nature un fluide chaotique très sensible aux conditions initiales. Ajoutée à la représentation incomplète de l'état de l'atmosphère au début de l'exécution d'un modèle de prévision numérique du temps, cette caractéristique se traduira toujours par une incertitude des prévisions. Les modèles de prévision d'ensemble visent à quantifier la sensibilité de la situation aux conditions initiales, et elles permettent donc de mesurer le niveau d'incertitude engendré par cette cause.

Ces modèles ne sont en eux-mêmes qu'une simulation de l'atmosphère et leur exactitude est limitée par leur capacité à représenter de façon précise des processus atmosphériques complexes. Lorsque la situation est particulièrement compliquée et difficile à modéliser (par exemple dans le cas de conditions météorologiques convectives à court terme), le niveau d'incertitude des prévisions peut être relativement élevé.

Les prévisions à plus longue échéance s'appuient sur la prévisibilité de paramètres qui évoluent lentement, tels que la température de la surface de la mer, mais l'évolution de l'atmosphère n'est soumise qu'à un faible forçage par le couplage à la couche limite inférieure, ce qui génère des incertitudes dans les prévisions.

3.2 Incertitude de l'interprétation des données

Lorsque le prévisionniste reçoit les prévisions, il doit encore interpréter ces données et les traduire sous forme de politiques et de produits. Ainsi, les données issues des modèles de prévision numérique se présentent généralement sous la forme de champs météorologiques tels que la pression en surface, la température ou le vent. Les conditions météorologiques sensibles (averses,

brouillards, etc.) peuvent être représentées par des champs diagnostiqués ou sont interprétées en fonction de l'expérience et de modèles conceptuels. En règle générale, les modèles et les ensembles donnent les meilleurs résultats avec les paramètres intégralement résolus, alors que les variables météorologiques diagnostiquées impliquent une plus grande incertitude.

3.3 Incertitude dans la présentation des prévisions

L'utilisation d'une terminologie appropriée pour présenter une prévision est essentielle à l'efficacité de la communication. Pour autant, il arrive souvent que la terminologie et la phraséologie employées n'expriment pas parfaitement le scénario prévu. La présentation et la concision d'une prévision peuvent également être restrictives. Ainsi, des incertitudes peuvent apparaître du fait que le prévisionniste est incapable d'indiquer *in extenso* ce qui risque de se produire. Par exemple, si la prévision concerne une zone géographique étendue et que des conditions météorologiques très diverses sont attendues, les prévisionnistes devront résumer la situation en présentant une synthèse générale ou en mentionnant uniquement les faits les plus importants. Des expressions sommaires telles qu'« à l'ouest » ou « pendant la soirée et toute la nuit » contiennent en elles-mêmes une incertitude car elles décrivent des réalités générales.

3.4 Interprétation des prévisions

Enfin, l'origine de l'incertitude d'une prévision réside aussi dans la façon dont l'utilisateur reçoit et interprète cette prévision. C'est là que l'incertitude peut être la plus élevée, notamment si la terminologie est mal comprise, ou que l'utilisateur donne à la prévision un sens différent de celui prévu. De nombreux SMHN ont réalisé des enquêtes afin d'évaluer le niveau de compréhension des termes utilisés dans les prévisions, et les résultats ont montré que ces termes étaient souvent mal compris.

Parfois, les prévisionnistes eux-mêmes interprètent différemment la terminologie des prévisions. Les expressions « risque de tempête » et « possibilité de tempête » veulent-elles dire la même chose ? Quelle est la différence entre « beau dans l'ensemble » et « quelques gouttes de pluie » ? Si l'on soumettait ces deux questions à deux prévisionnistes, il y a fort à parier que leurs réponses seraient différentes. Dans la mesure où les spécialistes ne s'accordent pas entre eux, comment les usagers pourraient-ils être sûrs du sens d'une prévision ? Les centres de prévision devraient mettre au point des définitions normalisées des termes utilisés et les employer systématiquement.

Lorsque l'on envisage la question de l'interprétation des prévisions sous l'angle des probabilités, le problème se complique encore davantage. Le Service météorologique australien a réalisé une enquête en demandant aux personnes interrogées comment elles comprenaient des prévisions annonçant 30 % de risque de pluie dans une grande ville. Cinquante-cinq pour cent des personnes interrogées ont répondu que, pour elles, il existait 30 %

de risque de pluie dans un endroit ou un autre de la ville, et 36 % ont répondu qu'il existait 30 % de risque de pluie partout dans la ville. Cet exemple montre l'importance de définir précisément le phénomène, afin que le prévisionniste et l'utilisateur sachent exactement sur quel élément porte la probabilité. Les usagers peuvent également se faire une idée plus claire des prévisions si la probabilité des phénomènes est présentée par rapport à leur fréquence observée.

La perception des informations influe également de manière importante sur l'interprétation de l'incertitude et

du risque. Les personnes réagissent face à l'incertitude en fonction des conséquences du phénomène prévu.

Enfin, un usager peut interpréter une prévision de façon erronée parce que sa langue maternelle n'est pas la même que celle du prévisionniste.

La question de l'indication de l'incertitude et de l'influence de la perception sur la transmission des informations est examinée plus en détail dans le chapitre suivant.

Chapitre 4 : Comment indiquer l'incertitude des prévisions

4.1 Perception des informations relatives à l'incertitude

La principale raison de donner des informations sur l'incertitude des prévisions est d'aider les intéressés à prendre de meilleures décisions. Cependant, il faut d'abord pour cela qu'ils comprennent et interprètent ces informations.

Des spécialistes du comportement ont analysé la façon dont on perçoit ce type de langage et d'information. Leurs études sont très instructives.

Il est démontré, par exemple, que l'importance ou l'ampleur d'un phénomène peut influencer sur la façon dont les gens décrivent et interprètent les informations sur l'incertitude (Patt et Schrag, 2003). Si, par exemple, il est prévu objectivement que de faibles pluies ou de fortes pluies ont une probabilité de se produire de 10 %, ils estimeront subjectivement que les fortes pluies auront plus de chances de se produire. Cette exagération est évidente lorsque l'on demande aux intéressés de décrire une probabilité numérique donnée en termes simples : pour le phénomène de grande ampleur, ils utilisent des termes correspondant à une probabilité plus élevée que pour le phénomène de faible ampleur.

Souvent, estimant que les autres personnes aussi font preuve d'exagération, les usagers « décodent » ce qu'on leur dit. Ainsi, si l'on prévoit qu'un phénomène à fort impact a une probabilité moyenne de se produire, ils vont souvent minimiser le risque, estimant que le prévisionniste exagère. Il faut garder à l'esprit cette tendance des usagers à « exagérer » et à « décoder » les informations qu'ils reçoivent. Il est bon de faire appel à une mesure numérique objective de l'incertitude (probabilité, par exemple) en employant des termes simples et clairement définis. On peut prendre comme exemple l'échelle de probabilité utilisée par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), dont les termes et les seuils de probabilité sont clairement définis (tableau 1).

Terminologie	Probabilité de réalisation d'un événement ou d'un résultat
Pratiquement certain	> 99 %
Très probable	> 90 %
Probable	> 66 %
À peu près aussi probable qu'improbable	33 % à 66 %
Improbable	< 33 %
Très improbable	< 10 %
Exceptionnellement improbable	< 1 %

Tableau 1 : Échelle de probabilité du GIEC

4.2 Discernement des usagers

Il est à noter que les usagers ont des exigences différentes en matière d'informations sur l'incertitude et des niveaux

différents de compréhension. Certains, et notamment les responsables d'interventions d'urgence, ont besoin de données quantitatives détaillées sur l'incertitude. Ils disposent parfois de plans d'intervention précis prévoyant des dispositions si des seuils définis sont atteints. Un plan d'évacuation de la population locale peut, par exemple, être déclenché si la probabilité de vents cycloniques est supérieure à 20 %.

Il est préférable que les usagers et le SMHN établissent ensemble ces plans afin que chacune des parties puisse évaluer les besoins et les capacités de l'autre.

Les utilisateurs avertis d'informations sur l'incertitude connaissent les raisons de cette incertitude. Lorsqu'ils leur communiquent de telles informations, les SMHN peuvent employer des termes techniques et donner des explications assez détaillées. Ils peuvent aussi leur présenter des graphiques relativement complexes. Ils doivent en revanche faire preuve de prudence concernant l'emploi d'informations difficiles à appréhender lorsqu'ils s'adressent à des utilisateurs moins avertis, moins à même de comprendre les sources d'incertitude et préférant des messages et des graphiques simples.

Avec le temps, l'expérience et une formation suffisante, les usagers peuvent voir leur compréhension et leur discernement s'améliorer. Gigerenzer *et al.* (2005) ont montré qu'à New York, où le public connaît depuis longtemps les prévisions concernant la probabilité de précipitations, la majorité des usagers savent qu'une prévision indiquant une probabilité de pluie de 30 % signifie qu'il y a trois chances sur 10 pour qu'il pleuve quel que soit l'endroit de la ville. À l'inverse, dans quatre villes européennes où l'on ne fait pas appel aux prévisions de probabilité, la plupart des usagers pensent à tort que la prévision veut dire qu'il pleuvra pendant 30 % du temps ou sur 30 % de la zone concernée.

4.3 Utilisation de codes de couleur

La couleur est un outil très puissant pour transmettre des informations et faire comprendre des choses. Comme n'importe quel outil, il faut s'en servir avec prudence. Les couleurs sont fréquemment utilisées pour présenter graphiquement des probabilités (ou d'autres incertitudes). Il faut veiller à ce que celles choisies fassent passer le message voulu.

La figure 1 ci-dessous donne un exemple de prévision probabiliste saisonnière de précipitations diffusée par le Service météorologique australien. On notera que les probabilités inférieures à 50 % sont représentées par des couleurs chaudes.

Si l'on utilise la couleur de cette façon, l'utilisateur risque de mal interpréter le message. Numériquement, 49 % n'est pas très différent de 51 %, mais les couleurs semblent indiquer le contraire, à savoir que les zones en jaune seront sèches et les zones en vert clair humides. En outre, cette échelle de couleur n'est pas très bien conçue, car la couleur utilisée pour les valeurs supérieures à 75 % ressemble beaucoup à celle utilisée pour les valeurs comprises entre 25 et 35 %.

Ayant pris conscience du problème, le Service météorologique a conçu une nouvelle palette de couleurs permettant de mieux faire passer le message voulu. Dans l'exemple ci-dessous (figure 2), toutes les valeurs situées entre 40 et 60 % sont en blanc ou en gris. Les informations sont aussi détaillées, mais les couleurs « à connotation émotionnelle » ont été changées et ne s'appliquent désormais qu'aux probabilités faibles ou élevées. Il est par ailleurs important d'utiliser une échelle de couleurs qui puisse être facilement lue par les personnes atteintes de troubles de la vision des couleurs. On trouvera des conseils sur ces échelles par exemple sur le site www.colorlab.wickline.org/colorblind/colorlab.

4.4 Exemples d'informations sur l'incertitude

Quelques exemples de façons efficaces de transmettre des informations sur l'incertitude des prévisions sont présentés ci-après. Ces exemples reprennent les idées et principes énoncés plus haut. Les SMHN sont invités à s'en inspirer pour mettre au point ou améliorer la communication aux usagers des informations sur l'incertitude.

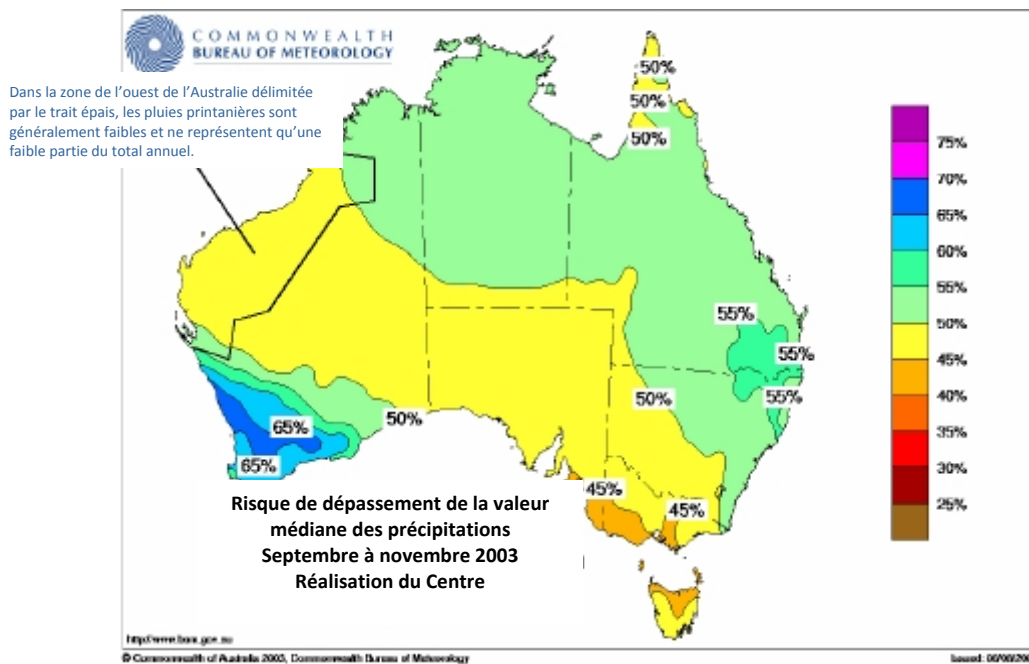


Figure 1 : Prévision saisonnière de précipitations (Service météorologique australien)

4.4.1 Terminologie

La terminologie de l'incertitude peut être simple ou complexe. Lorsqu'ils présentent un bulletin météo ou qu'ils préparent une prévision à l'intention du grand public, les prévisionnistes peuvent employer des expressions telles que « risque de », « un ou deux » ou

« possibilité de ». Ils pourront parfois utiliser des descripteurs non spécifiques tels qu'« ultérieurement », « qui s'annonce » ou « dans la région ». Ces descripteurs seront délibérément vagues lorsque le prévisionniste ne sera pas sûr du moment ou de l'endroit précis du phénomène prévu.

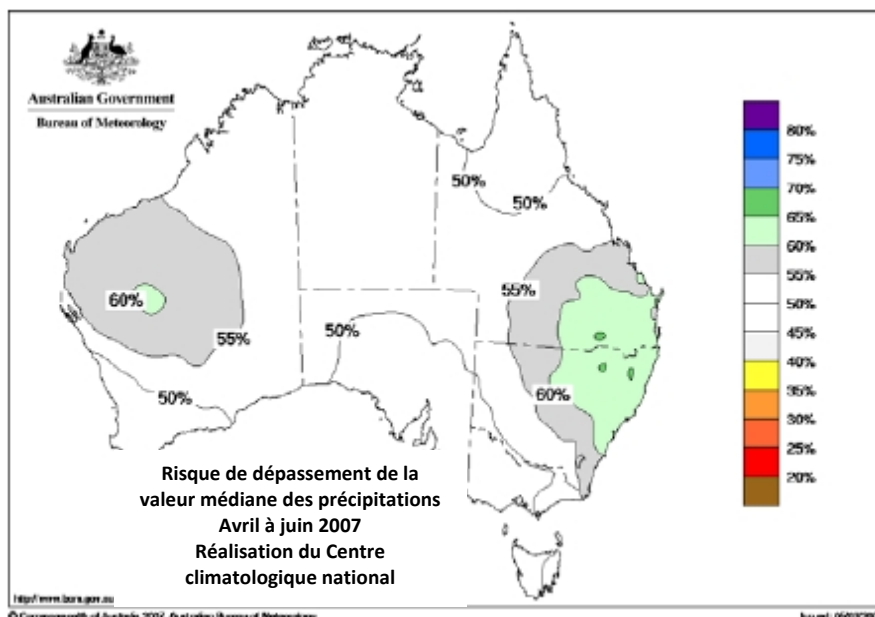


Figure 2 : Prévision saisonnière de précipitations (Service météorologique australien)

Souvent, l'incertitude d'une prévision est due à l'apparition d'une situation météorologique imprévisible. Une description narrative de la situation, accompagnée éventuellement de l'indication d'autres scénarios possibles, peut être un moyen efficace de signaler l'incertitude à des usagers avertis. C'est à la radio que ce type d'information passe le mieux.

Dans de nombreux pays, les usagers (avertis ou non) n'ont pas accès à des moyens de communication tels qu'Internet ou la télévision, et doivent utiliser des liaisons radio ou téléphoniques. Pour que les prévisions leur parviennent, la seule solution consiste alors parfois à les communiquer sous forme narrative *via* la radio ou le téléphone. La transmission d'informations relatives à l'incertitude doit se faire sans ambiguïté, en employant toujours la même terminologie. Lorsque l'on met au point des définitions normalisées pour décrire l'incertitude, il est important de prendre en compte les différences linguistiques et culturelles ainsi que le niveau de discernement des usagers. À cet égard, une enquête auprès de ces usagers peut s'avérer utile et la traduction des différents termes dans plusieurs langues peut être nécessaire pour éliminer les éventuels problèmes d'interprétation. Toutes les langues n'auront pas forcément de mots pour rendre correctement l'incertitude.

Une terminologie appropriée est essentielle pour indiquer l'incertitude, mais sous une forme verbale, elle peut être déroutante pour l'utilisateur. Quelle est par exemple la différence entre « risque de » et « possibilité de » ? L'expression « risque de » a-t-elle le même sens pour tous les prévisionnistes ? S'il est bon d'employer de telles expressions pour que l'utilisateur n'ait pas l'impression d'une certitude, il est important d'observer une certaine homogénéité. Des définitions et des procédures claires seront utiles à cet égard. On pourrait par exemple établir une règle selon laquelle on ne parlera de « possibilité d'averses » que si la probabilité est supérieure à un seuil prédéfini de 30 %. Cette règle devra de préférence

résulter d'une analyse des systèmes de décision des utilisateurs.

Le tableau 2 propose une échelle qui pourrait être utilisée par les SMHN pour définir les termes les plus courants relatifs à l'incertitude. Cette échelle semblable à l'échelle de probabilité du GIEC (tableau 1) contient quelques autres termes souvent utilisés par les prévisionnistes.

Terminologie	Probabilité de réalisation d'un événement ou d'un résultat
Extrêmement probable	> 99 %
Très probable	90 % à 99 %
Probable	70 % à 89 %
Plus probable qu'improbable	55 % à 69 %
Aussi probable qu'improbable	45 % à 54 %
Moins probable qu'improbable (possible)	30 % à 44 %
Improbable	10 % à 29 %
Très improbable	1 % à 9 %
Extrêmement improbable	< 1 %

Tableau 2 : Échelle de probabilité des prévisions

L'un des dangers que comporte l'utilisation d'une telle échelle est lié aux définitions de termes comme « probable », « possible » et « risque de » et à leur classement hiérarchique (c'est-à-dire à l'ordre dans lequel on les place dans l'échelle). Les recherches en psychologie montrent que des mots tels que « possible » peuvent être interprétés de façons très différentes d'une personne à l'autre. Si on les utilise, il faut alors en donner une définition claire aux usagers et les employer toujours dans le même sens. La question des valeurs de probabilité précises à leur attribuer est également à étudier de près. Néanmoins, les SMHN peuvent prendre cette échelle comme point de départ pour définir le vocabulaire servant à indiquer l'incertitude des prévisions.

4.4.2 Graphiques

Des graphiques simples peuvent être utiles pour présenter des données quantitatives sur l'incertitude des prévisions. L'exemple ci-après (figure 3) présente la prévision saisonnière de probabilités de précipitations sous forme de diagramme à secteurs :

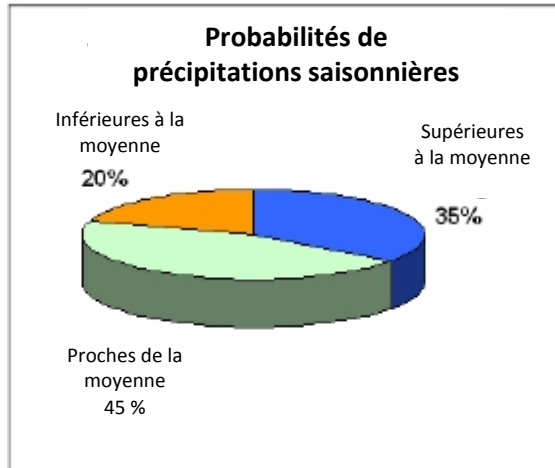


Figure 3 : Exemple de probabilités de précipitations représentées sous forme de diagramme à secteurs

L'un des intérêts de cette présentation est qu'elle montre toutes les possibilités à la fois. Les usagers prennent

connaissance non seulement du scénario le plus probable, mais aussi de la probabilité relative des autres scénarios.

Un autre moyen efficace d'indiquer l'incertitude, surtout si elle augmente avec le délai d'échéance, est d'utiliser des séries chronologiques comprenant des « barres d'erreur ». La figure 4 donne un exemple de série chronologique de la température prévue où l'incertitude est indiquée pour chaque pas de temps. Cette présentation, appelée série chronologique de prévisions d'ensemble, météogramme EPS ou « EPSgram », est couramment utilisée par plusieurs centres de publication de prévisions d'ensemble.

La figure 5 est un autre exemple de présentation du même type d'informations. Elle présente également la plage de valeurs de l'ensemble entre des centiles définis, mais la légende utilise des « fréquences naturelles » (par exemple, 9 fois sur 10) qui sont plus facilement comprises par le plus grand nombre, d'après les psychologues. Une enquête réalisée sur Internet par le Service météorologique britannique (Met Office) a montré que les usagers avaient une préférence pour ce type de diagramme en éventail. Enfin, l'indication des observations de la veille leur permet de comparer la température prévue à une situation à laquelle ils peuvent facilement se référer (plus chaud ou plus froid qu'hier). La figure 6 représente un autre type de graphique, appelé diagramme à barres, qui se prête mieux aux prévisions de précipitations.

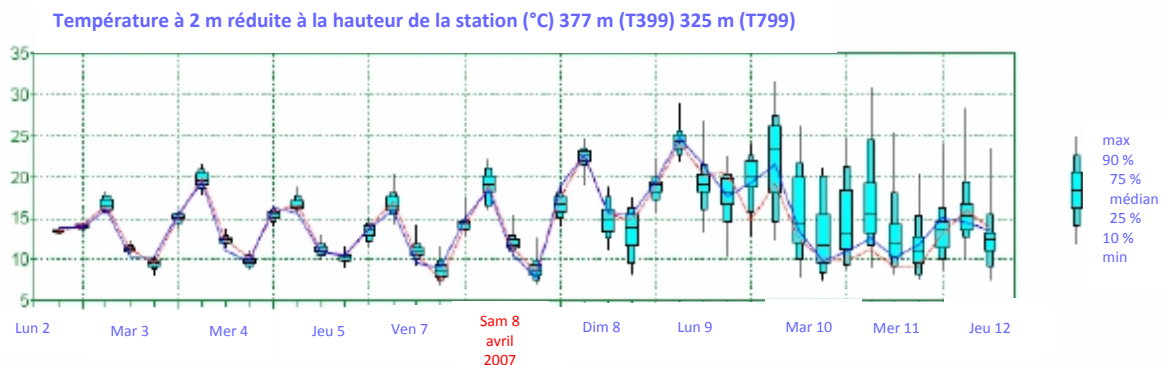


Figure 4 : Météogramme des prévisions de températures généré par un système de prévision d'ensemble (CEPMMT)

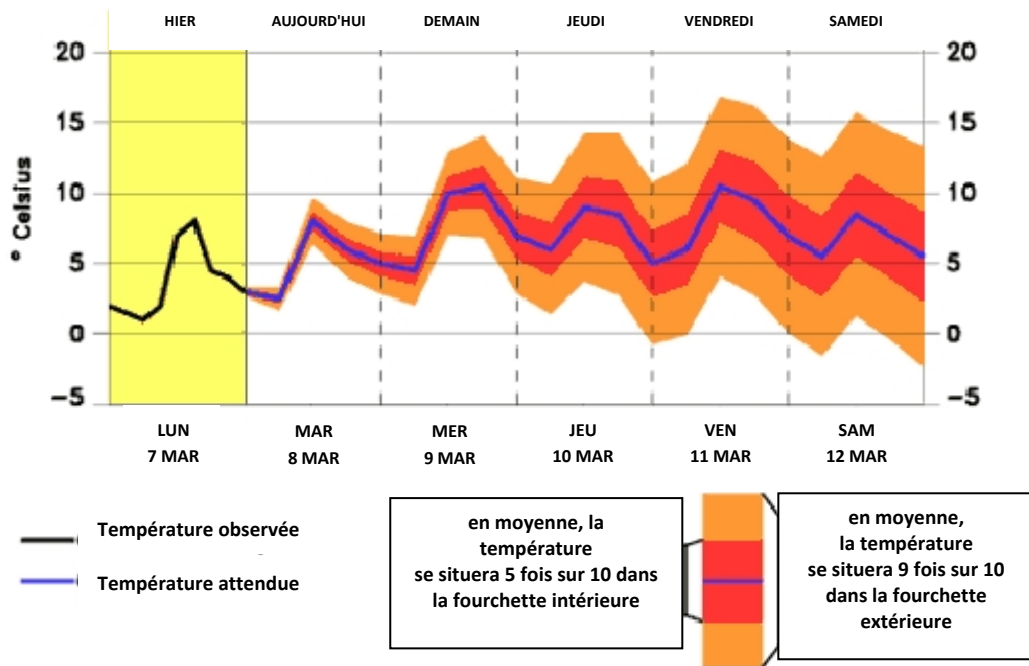


Figure 5 : Diagramme en éventail des prévisions de températures généré par un système de prévision d'ensemble. Les recherches en psychologie sur la compréhension par le grand public des informations sur les risques ont guidé la réalisation de ce schéma. Une enquête a montré que les utilisateurs du site Web du Service météorologique britannique (Met Office) appréciaient ce type de graphique.

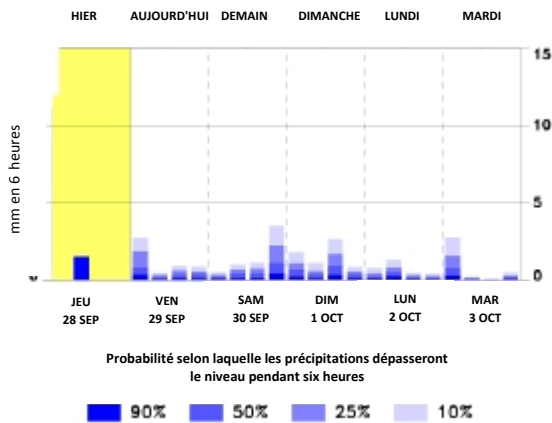


Figure 6 : Diagramme à barres des prévisions de précipitations généré par un système de prévision d'ensemble. Une enquête a montré que les utilisateurs du site Web du Service météorologique britannique (Met Office) appréciaient ce type de graphique.

4.4.3 Icônes

Utiliser des icônes peut s'avérer difficile pour indiquer l'incertitude des prévisions, mais utile pour donner rapidement une information sous forme imagée à la télévision ou sur un site Internet. Dans ce cas, souvent, on superpose simplement sur l'icône les informations concernant l'incertitude sous forme numérique, en indiquant par exemple une probabilité (figure 7) :

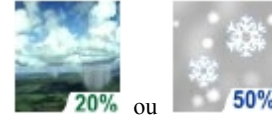


Figure 7 : Icônes représentant un type de précipitation accompagné de sa probabilité (Service météorologique national de la NOAA - Administration américaine pour les océans et l'atmosphère).

Il est important de choisir une icône qui symbolise clairement le phénomène météorologique qu'elle est censée représenter. Le message sera encore plus précis si elle s'accompagne d'un ou deux mots d'explication (par exemple, « averses »).

4.4.4 Cartes

Il est commode de représenter les informations sur l'incertitude dans l'espace. Une carte permet souvent de présenter une prévision accompagnée de l'incertitude correspondante. La carte indiquant la perspective climatique consensuelle pour la région de la corne de l'Afrique (figure 8) en est un bon exemple. Les zones d'égale probabilité, représentées selon un code de couleurs (gris pour les prévisions « neutres »), montrent au premier coup d'œil la répartition spatiale de la probabilité de pluie.

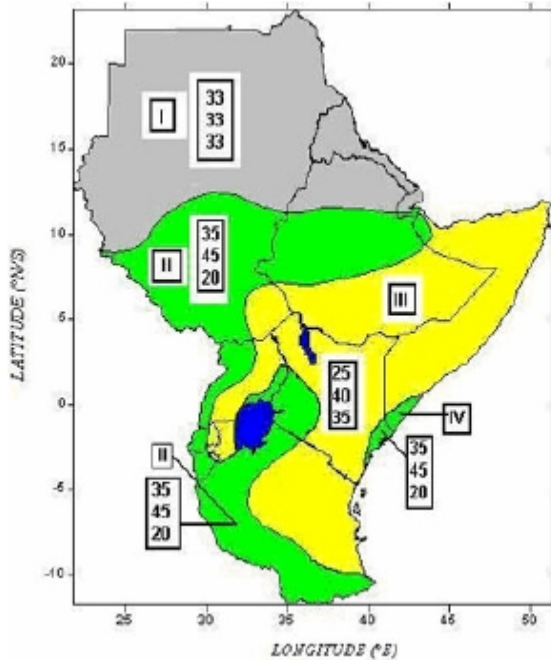


Figure 8 : Perspective climatique consensuelle pour la région de la corne de l'Afrique (avec l'autorisation du Centre de prévision et d'application climatologiques relevant de l'IGAD)

Pour chaque zone de la carte, on trouve une prévision saisonnière sous la forme d'une case contenant trois nombres. Ces nombres indiquent, de haut en bas, le taux de probabilité de précipitations supérieures à la normale, proche de la normale et inférieures à la normale. L'intérêt de cette disposition réside dans le fait que tous les scénarios sont présentés.

Autrement dit, l'utilisateur sait que, si un scénario est privilégié, il existe d'autres possibilités. Ces informations pourraient également être présentées sous la forme d'un diagramme à secteurs pour chaque zone de la carte. Dans le cas de prévisions saisonnières dont la qualité peut être limitée, il est en outre important de préciser quel est leur degré de fiabilité habituel, et lorsqu'elles ne sont pas fiables, le prévisionniste devrait se contenter d'indiquer la probabilité climatologique.

L'expérience a prouvé que la carte présentée à la figure 8, qui comporte plusieurs catégories, est parfois difficilement interprétée par les utilisateurs, notamment les moins avertis, car ils ne disposent pas de connaissances très étendues en probabilités. Des explications supplémentaires écrites sur la façon d'interpréter la carte seraient utiles. Par ailleurs, il est judicieux de donner des informations sur des phénomènes météorologiques dont la prévisibilité est importante. Ainsi, si les systèmes de prévision peuvent affirmer avec une fiabilité élevée qu'il n'y aura pas de sécheresse, cette information doit surtout être transmise aux usagers vivant dans des zones exposées à ce phénomène. Lorsque les systèmes ont toujours donné des résultats fiables pour une catégorie en particulier, la prévision est considérée comme plus sûre et l'utilisateur doit disposer de cette information. Enfin, il est utile de donner des exemples caractéristiques de phénomènes antérieurs dont l'importance a été supérieure ou inférieure à la normale, ce qui permet à l'utilisateur d'établir des comparaisons.

Dans ce cas, toutefois, il faut rappeler que les informations locales pour la saison à venir ne seront probablement pas identiques à celles de l'exemple passé.

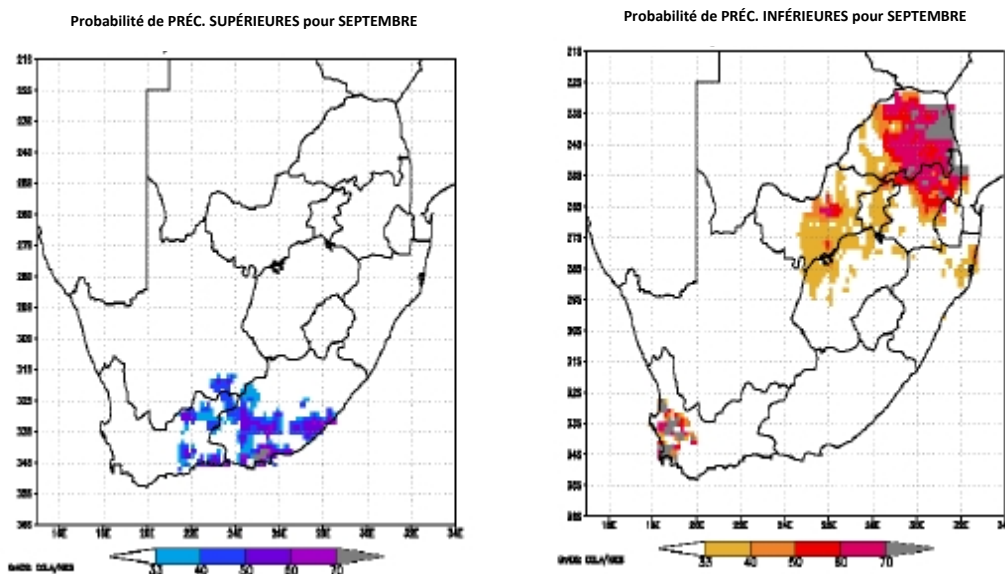


Figure 9 : Probabilités des prévisions relatives aux catégories de précipitations mensuelles supérieures à la normale (à gauche) et inférieures à la normale (à droite).

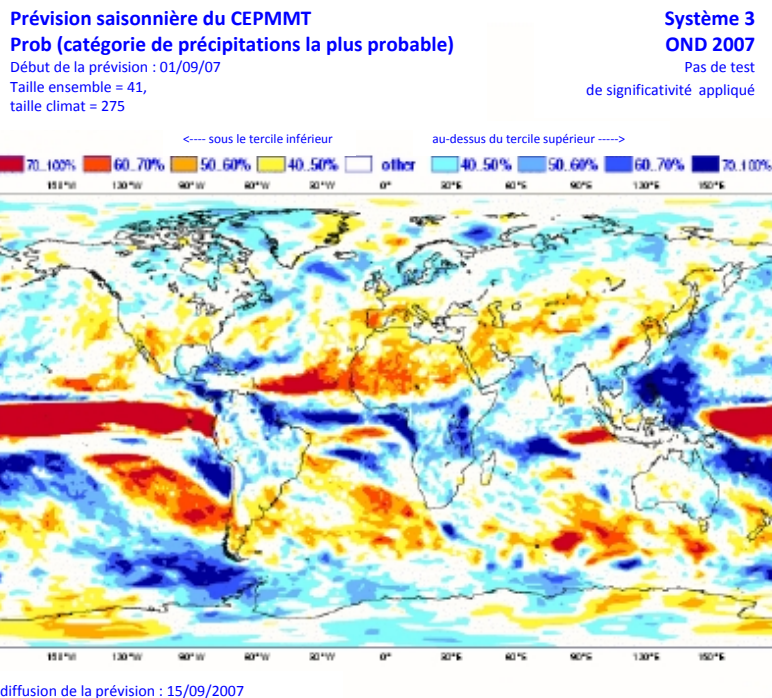


Figure 10 : Probabilités des prévisions relatives à la catégorie de précipitations saisonnières la plus probable.

Les informations sur les prévisions saisonnières peuvent faire l'objet d'autres présentations utiles, par exemple de cartes indiquant le taux de probabilité de précipitations supérieures à la normale et inférieures à la normale lorsque l'indication est claire (figures 9 et 10). Là encore, n'oublions pas que ce type de produit n'est utile que

lorsque le processus de vérification révèle la fiabilité de la prévision, et cette information doit être transmise aux usagers. Pour cela, on peut avoir recours à des dispositifs qui masquent les indications de la prévision dans les régions où le degré de fiabilité est faible.

MOGREPS (Régional)
 Carte de probabilité Vitesse du vent à 10 m > 34 nœuds
 Entre le 27/02/2007 à 18hUTC et le 28/02/2007 à 18hUTC délai d'échéance 24 h
 (Moyenne de la pression minimale au niveau de la mer de l'ensemble représentée par les traits fins à l'arrière-plan)

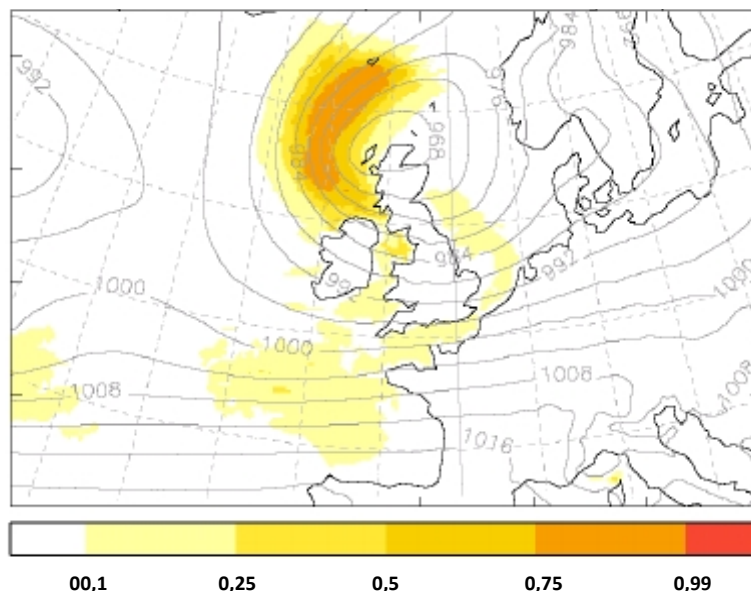


Figure 11 : Carte représentant la probabilité de coups de vent d'une vitesse supérieure à 34 nœuds, obtenue avec le système d'ensemble MOGREPS du Service météorologique britannique (Met Office). Dans cet exemple, surtout destiné aux prévisionnistes ou aux usagers ayant des connaissances en météorologie, la moyenne d'ensemble de la pression en surface est également indiquée, ce qui permet de voir de quel système météorologique provient le vent.

Les cartes sont souvent utilisées pour des prévisions de probabilités à courte et moyenne échéance. Ces prévisions sont généralement obtenues au moyen de systèmes de prévision d'ensemble. On peut présenter des cartes de probabilité selon des seuils prédéterminés, en indiquant par exemple la probabilité de coups de vent d'une vitesse supérieure à 34 nœuds, comme le montre la figure 11.

Il peut également être utile de représenter sur une carte les valeurs d'un paramètre météorologique tel que la hauteur totale des précipitations, qui se produit à un niveau de probabilité donné. Pour un responsable de la gestion des ressources en eau, par exemple, il pourra être intéressant de connaître la valeur du 10^{ème} centile des précipitations, ce qui lui donnera une estimation du niveau le plus faible qu'il peut s'attendre à recevoir, alors qu'une personne chargée du contrôle des crues souhaitera sans doute connaître le 90^{ème} centile des précipitations, ou la valeur maximale. La figure 12 montre un exemple de

sénario le plus pessimiste en matière de précipitations, obtenu avec le système d'ensemble MOGREPS du Service météorologique britannique. Des informations semblables sont présentées sous une autre forme au tableau 3.

La trajectoire prévue d'un cyclone tropical (figure 13) établie par le Centre national cubain de prévisions est un autre exemple de présentation graphique qui rend bien compte de l'incertitude. Grâce à la forme de cône utilisée, le public ne se focalise pas sur une trajectoire unique qui l'amènerait à se sentir en sécurité si cette trajectoire ne passe pas directement au-dessus de lui. Par ailleurs, cette représentation confirme qu'étant donné son ampleur, un ouragan peut toucher une très vaste région et ne se limite pas à un point ou à une bande étroite. La note explicative qui figure en haut du graphique est très importante : « Étant donné l'ERREUR MOYENNE DE PRÉVISION, l'ŒIL du cyclone devrait passer par le cône blanc au cours des 72 prochaines heures. »

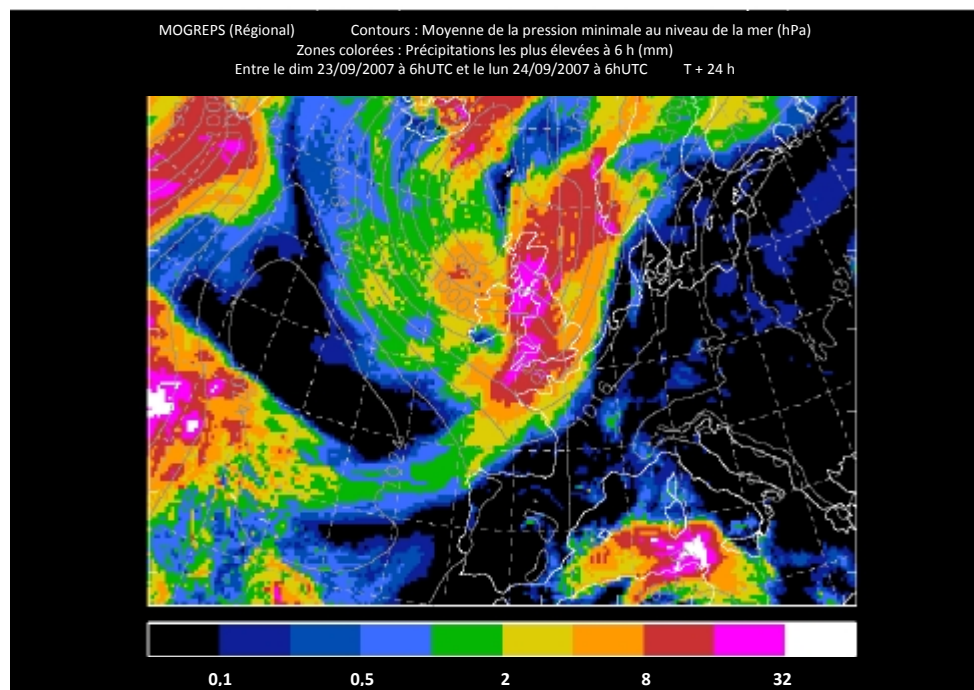


Figure 12 : Prévisions de précipitations maximales à 6 h obtenues grâce au système d'ensemble MOGREPS du Service météorologique britannique. À chaque point de la grille correspond le maximum de précipitations prévu par chacun des membres de l'ensemble, ce qui permet à l'utilisateur d'envisager l'hypothèse la plus pessimiste.

Lieu	75 % de probabilités de précipitations d'au moins (mm)	50 % de probabilités de précipitations d'au moins (mm)	25 % de probabilités de précipitations d'au moins (mm)
Perth	132	168	202
Darwin	137	191	252
Adelaide	112	138	179
Brisbane	143	198	270
Sydney	130	212	310
Canberra	129	166	240
Melbourne	137	170	218
Hobart	136	172	210

Tableau 3 : Quantité de précipitations prévue, stratifiée en fonction du seuil de probabilité (Service météorologique australien)

L'une des limites du graphique de la figure 13 est qu'il ne permet pas de savoir quelles sont les zones les plus menacées à l'intérieur du cône. À la figure 14, on peut voir une autre présentation qui montre la totalité du cône d'incertitude, mais qui donne quand même des informations sur la zone où le risque de

passage du cyclone est le plus grand. Ce graphique permet de savoir selon quelle probabilité le centre du cyclone passera à moins de 120 km (75 miles) de tout point pendant la période sur laquelle porte la prévision, les probabilités les plus élevées se trouvant au centre du cône d'incertitude.

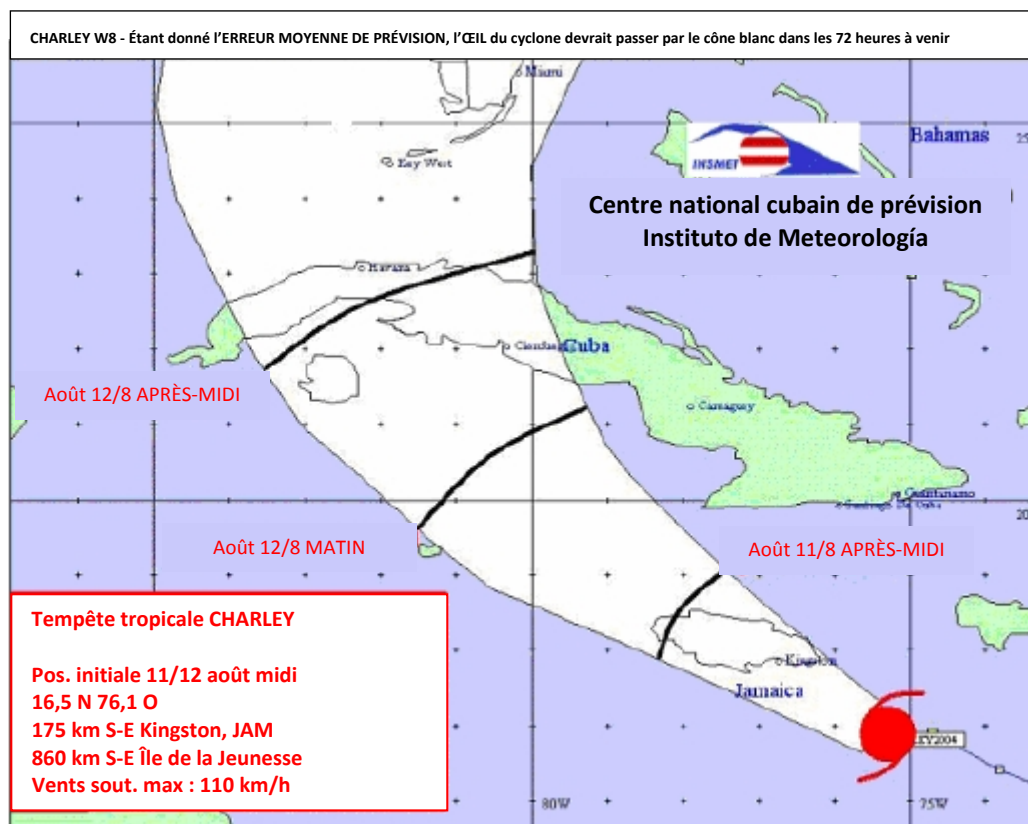


Figure 13 : Trajectoire prévue d'un cyclone tropical et cône d'erreur moyenne de prévision (Centre national cubain de prévision)

4.4.5 Échelles d'incertitude

Catégories alphabétiques

Il est utile, pour indiquer l'incertitude, de faire appel à des catégories prédéterminées ayant une définition précise, ce qui permet aux usagers de saisir le degré exact d'incertitude auquel songe le prévisionniste. C'est le cas de l'échelle de probabilité du GIEC présentée au tableau 1 et de celle présentée au tableau 2.

Indices de confiance

On peut également indiquer l'incertitude des prévisions à l'aide d'un indice de confiance. Cette méthode simple peut être appréciée des usagers. L'Office fédéral suisse de météorologie et climatologie a recours à ce type d'indice dans certaines de ses prévisions, qui est en fait une mesure de la « fiabilité » représentée sur une échelle de 1 à 10 (figure 15). Toutefois, ces indices sont à prendre avec précaution si l'on veut éviter des simplifications excessives. Par exemple, le niveau de confiance peut être élevé lorsqu'il s'applique à la température mais pas aux précipitations, et l'utilisation d'un indice unique pour l'ensemble de la prévision peut induire en erreur. L'indice doit tenir compte des variations normales dans le délai d'échéance, faute de quoi on risque d'obtenir uniquement des degrés de

confiance élevés pour les prévisions à courte échéance et des degrés de confiance faibles pour les prévisions à longue échéance. Sous réserve que les utilisateurs sachent comment les indices de confiance sont définis, il s'agit d'un moyen rapide et efficace de présenter des informations sur l'incertitude.

Probabilités

Les probabilités sont sans doute le moyen le plus répandu de donner des informations sur l'incertitude des prévisions. Elles doivent être définies de façon précise et leur signification clairement expliquée aux usagers. Lorsque l'on définit une probabilité, il faut d'abord déterminer la quantité à laquelle elle va s'appliquer. Il peut s'agir de l'occurrence d'un phénomène à un endroit et à un moment donnés, comme la probabilité d'apparition d'un orage. Bien souvent, on prend comme référence un paramètre météorologique qui franchit une valeur de seuil prédéfinie, par exemple lorsque la température descend en dessous de 0° Celsius. Il peut également s'agir d'une catégorie, par exemple la probabilité de 10 à 50 millimètres de précipitations à un endroit donné pendant une durée déterminée. Dans le cas de prévisions à longue échéance, on choisit souvent une anomalie, par exemple la probabilité de précipitations supérieures à la moyenne. Le choix est dicté par le phénomène considéré et par le service demandé.

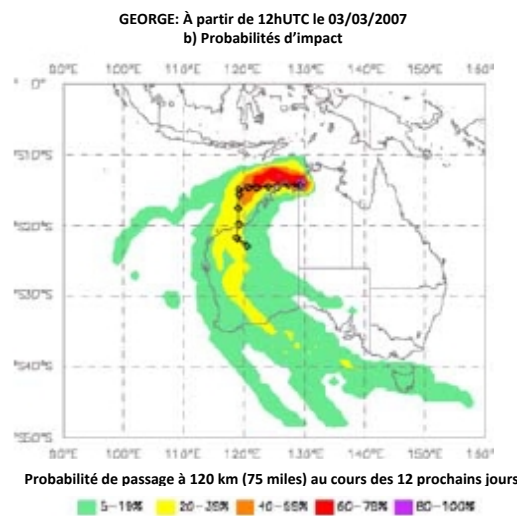


Figure 14 : Trajectoire prévue d'un cyclone tropical, correspondant à la probabilité du passage de la tempête à moins de 120 km (75 miles) de tout point. Cette carte est automatiquement générée par le système MOGREPS du Service météorologique britannique, mais elle peut également être réalisée par un prévisionniste. (Les points noirs représentent la trajectoire observée du cyclone.)



Figure 15 : Prévisions à 4 jours faisant apparaître l'indice de confiance (« Fiabilité ») sur une échelle de 10. (Télévision suisse et Office fédéral suisse de météorologie et climatologie)

L'une des conditions de l'emploi d'informations sur les probabilités est de disposer d'un élément de référence pour ces informations, ce qui est particulièrement important pour que l'utilisateur puisse interpréter les données et agir. Pour cela, la meilleure solution consiste peut-être à associer la prévision probabiliste à une comparaison avec la fréquence observée des phénomènes. Par exemple, une prévision du type « probabilité de 60 % d'orage cet après-midi » peut s'accompagner d'un message tel que « probabilité environ deux fois plus élevée que la normale à cette époque de l'année ».

Difficultés de compréhension des probabilités

Les probabilités sont un moyen répandu de donner des informations sur l'incertitude des prévisions, mais elles présentent des difficultés particulières de communication. Tout d'abord, de nombreux usagers souhaitent simplement savoir si le phénomène prévu va se produire ou non. Les prévisions probabilistes ne les intéressent pas et ils les considèrent souvent comme une fuite du SMHN devant ses responsabilités, comme une manœuvre pour se couvrir. Il convient, sur ce point, d'éduquer l'utilisateur pour qu'il comprenne que la météorologie n'est pas une science exacte. Il découle de cette attitude qu'en l'absence d'une réponse franchement positive ou négative, l'utilisateur sera tenté de transformer une prévision probabiliste en prévision catégorique. Par exemple, la prévision saisonnière d'une probabilité accrue de températures estivales supérieures à la moyenne pourra être interprétée comme l'affirmation que l'été sera chaud. Il existe d'innombrables exemples de médias qui ont simplifié à l'excès des perspectives probabilistes afin de publier des titres accrocheurs.

Deuxième difficulté : comprendre ce à quoi s'applique la probabilité d'occurrence d'un phénomène. À un endroit précis ? À toute une zone ? À une période ? Ce point a

déjà été évoqué plus haut dans le présent chapitre, mais il n'est pas inutile de revenir dessus. Il faut veiller à ce que la terminologie employée soit bien définie et comprise, non seulement des usagers, mais aussi des prévisionnistes qui font une prévision. Pour en être sûr, posons-nous la question : « est-ce que je pourrais vérifier cette prévision de manière objective ? » Si la réponse est non, la définition doit être affinée.

Il existe une autre difficulté : le problème de la probabilité à 50 %. Les usagers considèrent souvent que les prévisions dont la probabilité est de 50 % sont le signe que le prévisionniste ne veut pas se prononcer. Toutefois, si la fréquence observée du phénomène est faible, par exemple, une probabilité de 50 % peut constituer un signal fort. Par ailleurs, lorsque la prévision s'inscrit dans une longue suite de prévisions faisant appel à une gamme de probabilités très large, il peut tout à fait arriver que la probabilité se situe vraiment entre les valeurs extrêmes. Il a été démontré que, lorsque le prévisionniste évite d'utiliser des probabilités de 50 % en indiquant des valeurs légèrement inférieures ou supérieures, c'est au détriment de la fiabilité globale des prévisions.

4.4.6 Indices météorologiques

Un indice météorologique qui indique si les conditions météorologiques prévues sont adaptées à certaines activités, par exemple l'indice de la qualité de l'air, l'indice UV, voire un indice pour les alpinistes, peut constituer un moyen simple d'interpréter l'incertitude pour l'utilisateur. Lorsque la confiance est élevée, les valeurs extrêmes de l'indice sont appropriées, alors qu'une plus grande incertitude devrait impliquer l'utilisation de valeurs intermédiaires. L'administration météorologique chinoise établit de nombreux indices de ce type destinés à l'usage du grand public.

4.5 Adaptation des techniques aux médias

Le choix de la technique de diffusion et de présentation d'informations sur l'incertitude des prévisions dépend largement des médias concernés. Ce qui donne de bons résultats dans un secteur peut ne pas être efficace dans un autre.

Pour les bulletins météo face à face, les interviews à la radio ou toute autre présentation orale de prévisions, il est bon d'avoir recours à une langue simple et à un style narratif. Dans un tel cas, le prévisionniste a le temps d'expliquer la situation ; il peut présenter les autres scénarios possibles, indiquer pourquoi et en quoi les modèles de prévision numérique sont différents et donner un aperçu global et complet de la situation. Le recours à un mode de communication non verbale – intonation, expression corporelle, etc. – peut également être très

efficace pour donner aux auditeurs ou aux spectateurs confiance dans la prévision.

Si une prévision est présentée de façon plus formelle, par exemple par écrit, le prévisionniste doit veiller à employer des termes prédéfinis ou faciles à comprendre pour indiquer l'incertitude. S'il utilise une expression comme « un risque de », il faut que le destinataire sache implicitement quel est l'équivalent numérique de ce risque. D'un autre côté, il pourra se référer à une mesure numérique de l'incertitude.

La présentation graphique de l'incertitude d'une prévision est très utile et convient particulièrement à une présentation sur Internet. Elle peut s'accompagner d'explications pour aider l'utilisateur à interpréter des informations parfois assez complexes. À la télévision, le choix est plus restreint du fait de la courte durée des bulletins météo, mais certaines cartes ou certains graphiques peuvent convenir.

Chapitre 5 : Mise en application des prévisions probabilistes par les décisionnaires

Le but principal des prévisions probabilistes est de permettre aux utilisateurs finals de prendre des décisions plus pertinentes dans l'objectif d'une réduction des risques. Améliorer le processus de prise de décision implique de bien comprendre la décision ainsi que ses conséquences sur l'utilisateur. Tout d'abord, le phénomène sur lequel porte les probabilités présentées doit correspondre très exactement à la vulnérabilité de cet usager aux conditions météorologiques. S'il est en mesure d'évaluer les coûts induits par les mesures préventives à prendre, de même que les pertes qu'il risque de subir s'il n'est pas protégé et que de mauvaises conditions météorologiques se produisent, il pourra sans doute déterminer le seuil de probabilité optimal à partir duquel il devra prendre ces mesures. Or, toutes les décisions ne sont pas aussi simples à prendre qu'il y paraît. L'utilisateur peut être capable de mettre en œuvre différentes mesures préventives ou utiles, adaptées aux niveaux de probabilité. Lorsqu'il existe plusieurs catégories ou réponses possibles, la situation est souvent plus complexe, et la meilleure solution réside alors probablement dans une étroite coopération entre l'utilisateur et le SMHN, qui permet aux premiers de comprendre les limites des capacités de prévisions, et au second de mieux cerner les besoins.

Pour de nombreuses applications, il peut être utile de combiner les données de prévisions d'ensemble à des modèles d'application (prévision des ondes de tempête, production d'électricité éolienne, besoins énergétiques, prévention des risques d'inondations, organisation du trafic maritime). L'incertitude que comporte la prévision météorologique peut ainsi être étendue à l'incertitude pour l'application de l'utilisateur.

Le Laboratoire d'économie expérimentale de l'Université d'Exeter a mené des expériences sur la capacité des usagers à prendre de meilleures décisions grâce à des prévisions assorties d'informations sur l'incertitude. Il a été demandé à des étudiants de différents niveaux de prendre un certain nombre de décisions en fonction de prévisions présentées de la même façon qu'à la figure 5, avec ou sans informations relatives à l'incertitude. On a alors constaté que ceux qui avaient reçu les informations relatives à l'incertitude prenaient des décisions beaucoup plus pertinentes que les autres. Le constat a été le même indépendamment de la filière suivie par les étudiants, scientifique ou non, ce qui montre que la majorité de la population peut tirer parti d'informations relatives à l'incertitude.

Chapitre 6 : Vérification et calibrage

Quelle que soit la façon dont elles sont présentées, les informations relatives à l'incertitude des prévisions doivent donner une image précise de la réalité. La vérification des prévisions est essentielle si l'on veut avoir la garantie de fournir des informations fiables et elle peut également servir de base au calibrage des prévisions. En ce sens, elle doit faire partie intégrante du processus de prévision. Le prévisionniste travaille avec plusieurs modèles qui génèrent des produits déterministes et probabilistes. Pour pouvoir choisir entre différents systèmes de prévision et réduire les incertitudes dans la communication et l'interprétation des prévisions, il faut avoir une bonne connaissance de l'exactitude des modèles.

La connaissance des processus de vérification permet également d'obtenir des informations utiles sur l'incertitude des prévisions y compris en l'absence d'informations provenant de systèmes perfectionnés tels que les ensembles.

Il est plus facile de réaliser des prévisions fiables et simples lorsque les modèles ont la capacité de prédire les

phénomènes du passé. Certaines méthodes de vérification sont tout particulièrement conçues pour évaluer la qualité des prévisions probabilistes, notamment les diagrammes de fiabilité, le score RPSS (*Rank Probability Skill Score*) et le score ROCSS (*Relative Operating Characteristic Skill Score*). Dans le cas d'une prévision reposant sur plusieurs catégories, le score RPSS peut être utile pour déterminer si un système de prévision donne de meilleurs résultats qu'une prévision climatologique ou toute autre prévision de référence. Les diagrammes de fiabilité facilitent le calibrage ou l'ajustement des probabilités, en particulier lorsqu'ils mettent en évidence une prévision excessive ou insuffisante. Le score ROCSS est utile pour vérifier si le système de prévision donne de bons résultats pour tel ou tel fait présentant un intérêt ; il peut également servir de point de départ d'une carte de fiabilité qui pourra être utilisée pour masquer la prévision dans les régions où le degré de fiabilité est nul. Lorsque la vérification montre que les prévisions ne sont pas sûres ou qu'elles ne sont pas associées à une indication claire, il est recommandé au prévisionniste de revenir à des fréquences climatologiques observées pour définir les probabilités de prévision.

Chapitre 7 : Conclusion

L'incertitude est un élément inhérent à la prévision. Il est bon de l'indiquer de façon claire, ce qui permet aux usagers de prendre de meilleures décisions, et aux SMHN de tenir compte des attentes de ces derniers en matière de prévisions.

Dans ces principes directeurs, nous avons évoqué la question de l'indication de l'incertitude des prévisions. Nous avons montré comment les SMHN peuvent intégrer

des informations sur cette incertitude dans leurs bulletins météorologiques et quelles sont les meilleures façons de présenter ces informations aux usagers. Nous avons donné des exemples de bonnes techniques de présentation et indiqué certains pièges à éviter. Nous invitons les SMHN à s'y reporter pour connaître la meilleure manière d'indiquer l'incertitude des prévisions et de l'intégrer de façon habituelle et efficace dans leur service.

Bibliographie

Cooke, W. E., 1906. Forecasts and verifications in Western Australia. *Monthly Weather Review*, **34**, 23-24.

Patt, A. and D. Schrag, 2003. Using specific language to describe risk and probability. *Climatic Change*, **61**, 17-30.

Gigerenzer, G., R. Hertwig, E. van den Broek, B. Fasolo, K. V. Katsikopoulos, 2005. "A 30% Chance of Rain Tomorrow": How Does the Public Understand Probabilistic Weather Forecasts? *Risk Analysis* **25 (3)**, 623-629.