

# Guide sur l'application de normes d'enseignement et de formation professionnelle en météorologie et en hydrologie

Volume I – Météorologie

Édition 2015

TEMPS CLIMAT EAU



ORGANISATION  
MÉTÉOROLOGIQUE  
MONDIALE

OMM-N° 1083



# Guide sur l'application de normes d'enseignement et de formation professionnelle en météorologie et en hydrologie

Volume I – Météorologie

Édition 2015



ORGANISATION  
MÉTÉOROLOGIQUE  
MONDIALE

OMM-N° 1083

#### NOTE DE L'ÉDITEUR

La base de données terminologique de l'OMM, METEOTERM, et la liste des abréviations peuvent être consultées aux adresses [http://www.wmo.int/pages/prog/lsp/meteoterm\\_fr.html](http://www.wmo.int/pages/prog/lsp/meteoterm_fr.html) et [http://www.wmo.int/pages/themes/acronyms/index\\_fr.html](http://www.wmo.int/pages/themes/acronyms/index_fr.html), respectivement.

Il convient d'informer le lecteur que lorsqu'il copie un hyperlien en le sélectionnant dans le texte, des espaces vont apparaître après <http://>, <https://>, <ftp://>, <mailto:>, et après les barres obliques (/), les tirets (-) et les séquences de caractères (lettres et chiffres). Il faut supprimer ces espaces de l'URL ainsi recopiée. L'URL correcte apparaît lorsque l'on place le curseur sur le lien. On peut aussi cliquer sur le lien et copier l'adresse qui s'affiche dans le ruban du navigateur.

OMM-N° 1083

© **Organisation météorologique mondiale, 2015**

L'OMM se réserve le droit de publication en version imprimée ou électronique ou sous toute autre forme et dans n'importe quelle langue. De courts extraits des publications de l'OMM peuvent être reproduits sans autorisation, pour autant que la source complète soit clairement indiquée. La correspondance relative au contenu rédactionnel et les demandes de publication, reproduction ou traduction partielle ou totale de la présente publication doivent être adressées au:

Président du Comité des publications  
Organisation météorologique mondiale (OMM)  
7 bis, avenue de la Paix  
Case postale 2300  
CH-1211 Genève 2, Suisse

Tél.: +41 (0) 22 730 84 03  
Fax: +41 (0) 22 730 80 40  
Courriel: [publications@wmo.int](mailto:publications@wmo.int)

ISBN 978-92-63-21083-8

NOTE

Les appellations employées dans les publications de l'OMM et la présentation des données qui y figurent n'impliquent, de la part de l'Organisation météorologique mondiale, aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

La mention de certaines sociétés ou de certains produits ne signifie pas que l'OMM les cautionne ou les recommande de préférence à d'autres sociétés ou produits de nature similaire dont il n'est pas fait mention ou qui ne font l'objet d'aucune publicité.





# TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
<b>PRÉFACE</b> .....	<b>vii</b>
<b>PARTIE I. CLASSIFICATION OMM DU PERSONNEL</b> .....	<b>1</b>
1. INTRODUCTION .....	1
2. INFORMATIONS DE BASE. ....	2
2.1 Postulats .....	2
2.2 Facteurs de changement. ....	2
3. CLASSIFICATION DES PERSONNELS DE LA MÉTÉOROLOGIE. ....	3
3.1 Objet de la classification .....	3
3.2 Catégories de personnel. ....	3
3.3 Composantes du Programme d'enseignement de base pour les météorologistes	4
3.4 Composantes du Programme d'enseignement de base pour les techniciens en météorologie .....	4
3.5 Au-delà des programmes d'enseignement de base .....	5
3.6 Résultats attendus de la formation .....	5
4. RAPPORTS ENTRE CLASSIFICATION, QUALIFICATIONS ET COMPÉTENCES PROFESSIONNELLES .....	6
5. PERSONNEL MÉTÉOROLOGIQUE .....	8
5.1 Qualification initiale des météorologistes. ....	8
5.1.1 Diplôme universitaire en météorologie .....	8
5.1.2 Programme d'études de deuxième et troisième cycles en météorologie	9
5.1.3 Programme d'enseignement ne menant pas à un diplôme. ....	9
5.2 Qualification initiale des techniciens en météorologie .....	9
6. DÉROULEMENT DE CARRIÈRE .....	10
6.1 Niveaux de carrière des météorologistes .....	10
6.2 Niveaux de carrière des techniciens en météorologie. ....	10
6.3 Changement de classification en cours de carrière .....	11
7. APTITUDES COLLECTIVES ET COMPÉTENCES TRANSFÉRABLES .....	11
8. MATIÈRES FONDAMENTALES ET SCIENCES DE L'ATMOSPHÈRE .....	12
8.1 Mathématiques et physique .....	12
8.2 Matières complémentaires .....	13
8.3 Disciplines météorologiques de base .....	13
8.4 Rapports entre les disciplines météorologiques de base et les programmes d'enseignement de base .....	13
9. MISE EN ŒUVRE DES PROGRAMMES D'ENSEIGNEMENT DE BASE .....	13
<b>PARTIE II. PROGRAMME D'ENSEIGNEMENT DE BASE POUR LES MÉTÉOROLOGISTES</b> ..	<b>15</b>
1. INTRODUCTION .....	15
2. MATHÉMATIQUES, PHYSIQUE ET MATIÈRES COMPLÉMENTAIRES – NOTIONS FONDAMENTALES .....	15
2.1 Mathématiques .....	16
2.2 Physique .....	16
2.3 Matières complémentaires .....	17
3. SUJETS RELEVANT DES SCIENCES DE L'ATMOSPHÈRE .....	18
3.1 Météorologie physique .....	19
3.1.1 Composition de l'atmosphère, rayonnement et phénomènes optiques .....	20
3.1.2 Thermodynamique et physique des nuages .....	20
3.1.3 Météorologie de la couche limite et micrométéorologie .....	21
3.1.4 Observations et instruments traditionnels .....	21
3.1.5 Télédétection .....	22
3.2 Météorologie dynamique .....	23
3.2.1 Dynamique de l'atmosphère .....	23
3.2.2 Prévision numérique du temps .....	24
3.3 Météorologie synoptique et à moyenne échelle .....	24

3.3.1	Systèmes météorologiques des latitudes moyennes et des régions polaires . . . . .	25
3.3.2	Systèmes météorologiques tropicaux . . . . .	26
3.3.3	Systèmes météorologiques de moyenne échelle. . . . .	27
3.3.4	Observation, analyse et diagnostic du temps . . . . .	27
3.3.5	Prévision du temps . . . . .	28
3.3.6	Prestation de services . . . . .	28
3.4	Climatologie . . . . .	29
3.4.1	Circulation générale, climats et services climatologiques . . . . .	29
3.4.2	Variabilité et évolution du climat . . . . .	30
 <b>PARTIE III. PROGRAMME D'ENSEIGNEMENT DE BASE POUR LES TECHNICIENS EN MÉTÉOROLOGIE . . . . .</b>		<b>32</b>
1.	INTRODUCTION . . . . .	32
2.	MATHÉMATIQUES, PHYSIQUE ET MATIÈRES COMPLÉMENTAIRES – NOTIONS FONDAMENTALES. . . . .	32
2.1	Mathématiques . . . . .	33
2.2	Physique . . . . .	33
2.3	Matières complémentaires . . . . .	34
3.	SUJETS DE MÉTÉOROLOGIE GÉNÉRALE. . . . .	35
3.1	Météorologie physique et dynamique – Principes de base . . . . .	36
3.2	Météorologie synoptique et à moyenne échelle – Principes de base . . . . .	37
3.3	Climatologie – Principes de base . . . . .	38
3.4	Instruments et méthodes d'observation météorologiques . . . . .	39
 <b>APPENDICE A. NIVEAUX DE CARRIÈRE DES MÉTÉOROLOGISTES ET DES TECHNICIENS EN MÉTÉOROLOGIE . . . . .</b>		<b>41</b>
 <b>APPENDICE B. DISCIPLINES MÉTÉOROLOGIQUES DE BASE . . . . .</b>		<b>43</b>



## PRÉFACE

Le présent guide a été publié à l'origine sous le titre de *Manuel sur l'application de normes d'enseignement et de formation professionnelle en météorologie et en hydrologie*. Le Manuel avait remplacé les *Directives pour la formation professionnelle des personnels de la météorologie et de l'hydrologie opérationnelle* (OMM-N° 258), conformément à la résolution 32 (Cg-XVI). Suite au Dix-septième Congrès météorologique mondial, le terme «manuel» dans le titre a été remplacé par «guide» dans un souci de cohérence avec les textes réglementaires de l'OMM (voir le *Rapport final abrégé et résolutions du Dix-septième Congrès météorologique mondial* (OMM-N° 1157), paragraphe 5.2.2 du résumé général); cela étant, le numéro de publication et le contenu demeurent identiques.

Le Guide a pour objet de favoriser une interprétation commune des aptitudes de base exigées de celles et ceux qui veulent être reconnus comme météorologistes ou techniciens en météorologie selon la définition de l'Organisation météorologique mondiale (OMM), tout en aidant les Services météorologiques et hydrologiques nationaux (SMHN) à concevoir des systèmes de classification du personnel ainsi que des programmes de formation professionnelle qui satisfassent aux normes internationales.

Ce guide complète la partie VI du Volume I du *Règlement technique* (OMM-N° 49). Il est destiné à aider les Membres à mettre en application les normes qui sont énoncées dans le Règlement technique. Si certaines de ces normes sont reproduites ici, il est cependant conseillé de toujours consulter le Règlement technique, à toutes fins utiles.

La possibilité de disposer de personnel qualifié est une préoccupation majeure de toutes les institutions scientifiques et techniques. Ainsi qu'il est indiqué dans la Convention de l'OMM, l'un des buts de l'Organisation est d'encourager l'enseignement en météorologie et dans des domaines connexes et de concourir à la coordination des aspects internationaux de cette activité. De fait, depuis sa création en 1950, l'OMM a largement contribué à la promotion des activités d'enseignement et de formation professionnelle dans les domaines de la météorologie et, après l'élargissement de son mandat, de l'hydrologie.

C'est dans le cadre de son Programme d'enseignement et de formation professionnelle que l'OMM s'emploie à renforcer les SMHN de ses Membres, en particulier dans les pays en développement, où le renforcement des capacités et la mise en valeur des ressources humaines contribuent à combler progressivement le fossé existant entre les services offerts par les SMHN des pays développés et ceux que peuvent fournir les SMHN des pays en développement.

De plus, compte tenu de l'évolution rapide des besoins, l'OMM a entrepris, ces dernières années, de redéfinir la classification de son personnel météorologique et hydrologique et a simultanément renforcé le rôle de ses centres régionaux de formation professionnelle, amélioré les compétences des formateurs, favorisé l'utilisation des nouvelles technologies, facilité l'octroi de bourses d'études, organisé des activités de formation et actualisé les textes d'orientation.

Pour élaborer le présent guide, l'OMM a tiré profit de l'expérience qu'un certain nombre de ses Membres ont bien voulu partager. L'Organisation remercie également les membres du Groupe d'experts de l'enseignement et de la formation professionnelle relevant du Conseil exécutif, et particulièrement son président, M. Alexander Bedritskiy, qui ont supervisé les travaux du groupe chargé de la rédaction de la présente publication (constitué de MM. Robert Riddaway, Christopher Webster, LeRoy Spayd et Jeff Wilson).

---



## **PARTIE I. CLASSIFICATION OMM DU PERSONNEL**

Les premières sections de la partie I présentent un aperçu de la classification du personnel météorologique adoptée par l'OMM. Les sections suivantes sont consacrées aux qualifications de base que doivent avoir les personnels météorologiques et à la progression ultérieure de leur carrière. On trouvera en outre dans cette partie I une brève description des aptitudes collectives et des compétences transférables ainsi que les éléments fondamentaux qui permettent d'approfondir les connaissances en météorologie. On y trouvera enfin des conseils d'ordre général sur la mise en œuvre des programmes d'études nécessaires.

### **1. INTRODUCTION**

«La hiérarchisation du personnel météorologique peut sans aucun doute se concevoir de différentes manières, chacune d'elles ayant ses propres mérites et ses avantages pratiques. Cependant, il est tout aussi évident qu'aucun système ne permettra de définir comme il convient toutes les catégories de personnel nécessaires. Il est donc indispensable qu'une classification de compromis soit acceptée, avec ses défauts et ses restrictions. Cela étant reconnu et admis, il est possible de mettre au point un système de classification qui pourra être employé comme base de travail pour la préparation des programmes d'enseignement et de formation du personnel météorologique.»

*Directives pour la formation professionnelle des personnels de la météorologie et de l'hydrologie opérationnelle (OMM-N° 258), première édition, 1969, page 9*

Cette citation reflète toujours les défis et les possibilités propres à un ouvrage de cette nature. Le défi est d'établir un cadre international suffisamment souple pour s'adapter aux besoins des Membres, tout en étant suffisamment rigoureux pour assurer la qualité des personnels ayant suivi les cours dispensés dans ce cadre. De nombreux Membres assurent déjà une formation professionnelle de leurs personnels qui va au-delà de ce niveau minimum pour répondre à des exigences nationales plus strictes face à l'évolution de la technologie et aux besoins des utilisateurs.

La présente publication résout les deux problèmes soulevés dans la citation ci-dessus: un système de classification générique pour les personnels de la météorologie et des qualifications recommandées pour les personnels de chaque catégorie. Cette classification générique et ces qualifications ont pour but d'établir un cadre international que les Membres puissent mettre en œuvre, adapter à leurs besoins particuliers ou utiliser comme élément de référence pour évaluer leurs propres systèmes nationaux.

Dans l'ensemble de la publication, une distinction claire est établie entre la classification du personnel et les tâches accomplies dans les Services météorologiques et hydrologiques nationaux (SMHN). La classification est liée aux qualifications, alors que les tâches sont liées aux compétences. Il appartient à chaque Membre de décider de quelle manière attribuer des tâches données aux différentes catégories de personnel.

La présente publication porte sur l'enseignement et la formation professionnelle initialement indispensables pour que les personnels aient les qualifications correspondant aux diverses catégories de classification. L'enseignement et la formation supplémentaires nécessaires pour acquérir les compétences associées à un grand nombre de tâches courantes accomplies par le personnel météorologique et hydrologique sont présentés dans le Volume I du *Règlement technique* (OMM-N° 49) (voir la liste la plus récente des cadres de compétences, y compris ceux en cours d'élaboration, à l'adresse <http://www.wmo.int/pages/prog/dra/etrp/competencies.php>).

Les *Directives à l'intention des formateurs dans le domaine des services météorologiques, hydrologiques et climatologiques* (OMM-N° 1114), élaborées par le Groupe d'experts de l'enseignement et

de la formation professionnelle relevant du Conseil exécutif, viendront compléter les normes exposées ici. Elles donnent des indications sur la démarche à suivre (y compris la façon de spécifier et d'évaluer les résultats attendus de la formation et les compétences professionnelles) et définissent les compétences que doivent avoir les instructeurs.

## 2. INFORMATIONS DE BASE

Cette section présente les principes de base sur lesquels se fonde la publication et les raisons pour lesquelles le système de classification et les directives correspondantes doivent être revues régulièrement.

### 2.1 Postulats

La présente publication est fondée sur les postulats suivants:

- a) Le Guide devrait servir de référence internationale adaptable, dans la mesure du possible, aux besoins nationaux et locaux;
- b) Les conditions essentielles pour être classé comme technicien en météorologie ou météorologiste devraient être indiquées dans le Programme d'enseignement de base pour les techniciens en météorologie (PEB-MT) et le Programme d'enseignement de base pour les météorologistes (PEB-M). Ces conditions devraient être précisées sous forme de résultats attendus (définis comme ce qu'un apprenant est censé pouvoir faire pour apporter la preuve de ses connaissances, de sa compréhension ou de ses aptitudes à la suite du processus d'apprentissage, plutôt que comme le contenu d'un programme d'enseignement). Bien que le PEB-TM et le PEB-M aient des sujets en commun, les résultats attendus de la formation sont différents;
- c) Le fait d'avoir suivi avec succès un programme de météorologie de niveau universitaire devrait être le principal facteur permettant de différencier les personnels classés comme météorologistes et les personnels classés comme techniciens en météorologie. À la suite des qualifications initiales en début d'emploi, une formation continue tout au long de la carrière est nécessaire pour assurer le perfectionnement ultérieur;
- d) Les météorologistes et les techniciens en météorologie devraient gravir les échelons en franchissant des étapes définies sur le plan national, par exemple selon les plans de carrière de la fonction publique de leur pays. De plus, un technicien en météorologie pourrait être reclassé comme météorologiste après avoir satisfait aux conditions du PEB-M;
- e) Les conditions de classification comme technicien en météorologie ou comme météorologiste devraient être traitées séparément des compétences requises pour occuper un poste donné;
- f) La présente publication s'inspire de la quatrième édition des *Directives pour la formation professionnelle des personnels de la météorologie et de l'hydrologie opérationnelle* (OMM-N° 258) pour assurer une continuité autant que possible;
- g) Aux fins du présent guide, les termes «sciences de l'atmosphère» et «météorologie» devraient être considérés comme synonymes.

### 2.2 Facteurs de changement

Les directives et le système de classification doivent être revus régulièrement pour les raisons suivantes:

- a) Les progrès sensibles de la météorologie en tant que science physique appliquée résultent d'une meilleure compréhension du système couplé atmosphère-océan-terres émergées, d'une amélioration des techniques de prévision et de la révolution en cours dans le domaine des technologies de l'information et de la communication;
- b) La demande de services météorologiques et hydrologiques ne cesse d'évoluer au gré des mutations économiques, sociales et politiques constatées dans de nombreuses régions du monde, l'accent étant mis sur les besoins des utilisateurs et le contrôle de la qualité;
- c) Des changements importants ont lieu dans la façon de considérer la formation et la spécialisation professionnelles, notamment en raison de l'importance croissante accordée à la formation continue ainsi qu'à la définition des compétences (c.-à-d. les connaissances, les aptitudes et le comportement nécessaires pour un emploi donné).

### 3. CLASSIFICATION DES PERSONNELS DE LA MÉTÉOROLOGIE

Cette section présente le système de classification de l'OMM approuvé par le Conseil exécutif à sa cinquantième session (Genève, 1998) et ratifié par le Treizième Congrès météorologique mondial (Genève, 1999). Le Conseil exécutif a recommandé une modification de la définition du terme «météorologiste» à sa soixante-deuxième session (Genève, 2010). Cette modification a été approuvée par le Seizième Congrès (Genève, 2011).

#### 3.1 Objet de la classification

Le système OMM de classification du personnel de la météorologie a pour objet:

- a) D'offrir un cadre international permettant de définir sans ambiguïté les qualifications de base requises des personnes qui exercent les fonctions météorologiques et hydrologiques prescrites dans la Convention de l'OMM;
- b) De faciliter la définition des résultats attendus de référence et des programmes d'enseignement et de formation professionnelle correspondants destinés aux personnels de la météorologie;
- c) D'aider les SMHN:
  - À établir des systèmes de classification du personnel adaptés à leurs besoins propres;
  - À mettre en place des programmes d'enseignement et de formation professionnelle applicables à leurs propres structures et correspondant à leurs besoins;
  - À garantir que les établissements d'enseignement et de formation professionnelle connaissent les conditions auxquelles doivent satisfaire les personnes qui sont engagées en qualité de météorologistes ou de techniciens en météorologie, sur le plan des connaissances théoriques et pratiques, et qu'ils sont en mesure d'offrir l'instruction voulue.

#### 3.2 Catégories de personnel

Deux grandes catégories de personnel sont définies: les cadres et les techniciens. Pour le personnel météorologique, ces catégories sont désignées ainsi:

- Météorologiste: personne ayant achevé avec succès le Programme d'enseignement de base pour les météorologistes à un niveau correspondant à un diplôme universitaire;

- Technicien en météorologie: personne ayant achevé avec succès le Programme d'enseignement de base pour les techniciens en météorologie.

Bien que la classification porte sur deux catégories de personnel, les utilisateurs sont censés l'adapter à leur situation particulière, par exemple leur réglementation nationale pour la classification de la fonction publique.

Dans beaucoup de cas, le fait d'être classé comme météorologiste ou technicien en météorologie est indispensable pour pouvoir exercer des fonctions de spécialiste de la météorologie dans un SMHN. Toutefois, un enseignement et une formation spécialisés allant au-delà du PEB-M et du PEB-TM seront nécessaires pour pouvoir exécuter des tâches spécialisées telles que l'observation, la production de prévisions et d'avis ou la réalisation de travaux de recherche.

### 3.3 **Composantes du Programme d'enseignement de base pour les météorologistes**

Les principales composantes du PEB-M sont:

- a) Des notions fondamentales de mathématiques et de physique, et des matières complémentaires relatives à d'autres sciences et domaines connexes, aux communications et à l'analyse et l'exploitation des données;
- b) Des matières relevant des sciences de l'atmosphère:
  - La météorologie physique (composition de l'atmosphère, rayonnement et phénomènes optiques et électriques, thermodynamique et physique des nuages, météorologie de la couche limite et micrométéorologie, méthodes et instruments d'observation classiques, télédétection);
  - La météorologie dynamique (dynamique de l'atmosphère, prévision numérique du temps);
  - La météorologie synoptique et de moyenne échelle (systèmes météorologiques des latitudes moyennes et des régions polaires, systèmes météorologiques tropicaux, systèmes météorologiques à moyenne échelle, observation, analyse et diagnostic du temps, prévision du temps, prestation de services);
  - La climatologie (circulation générale, climats et services climatologiques, variabilité et évolution du climat).

Outre l'enseignement de base nécessaire pour maîtriser les composantes a) et b), les personnes qui souhaitent se spécialiser peuvent aussi étudier de façon plus approfondie des sujets tels que la météorologie aéronautique, la chimie de l'atmosphère et la surveillance et la prévision du climat.

### 3.4 **Composantes du Programme d'enseignement de base pour les techniciens en météorologie**

Les principales composantes du PEB-TM sont:

- a) Des notions fondamentales de mathématique et de physique, et des matières complémentaires relatives à d'autres sciences et domaines connexes, aux communications et à l'analyse et au traitement des données;
- b) Des éléments de météorologie générale: principes de base de la météorologie physique et dynamique, de la météorologie synoptique et de moyenne échelle et de la climatologie, et instruments et méthodes d'observation météorologiques.

Outre l'enseignement de base nécessaire pour maîtriser les composantes a) et b), les personnes qui souhaitent se spécialiser peuvent aussi étudier de façon plus approfondie des sujets tels que les observations et les mesures spécialisées, le contrôle de la qualité des données, l'archivage des données, l'étalonnage et l'entretien du matériel, les communications et l'informatique.

### 3.5 **Au-delà des programmes d'enseignement de base**

Outre l'élaboration de programmes de spécialisation allant au-delà des PEB-M et PEB-TM décrits ci-dessus, de nombreux Membres exigent de leurs personnels qu'ils aient des connaissances et des compétences plus larges et plus poussées que celles qui sont spécifiées dans les programmes d'enseignement de base, afin de répondre à des besoins nationaux particuliers. Par exemple:

- a) Certains SMHN accomplissent des tâches autres que la prestation de services météorologiques et climatologiques (par exemple la fourniture de services concernant les séismes, les tsunamis, les volcans, les glissements de terrain, l'utilisation des ressources en eau et les inondations), si bien que leurs personnels doivent recevoir un enseignement et une formation professionnelle qui excèdent les exigences énoncées dans les programmes d'enseignement de base, lesquels sont essentiellement fondés sur des compétences en météorologie;
- b) La prestation de services météorologiques spécialisés (par exemple de services agrométéorologiques) occupe une grande place dans les activités de certains SMHN. Leurs programmes d'enseignement et de formation professionnelle doivent alors s'attacher à l'étude approfondie de ce domaine précis, ce qui peut nécessiter l'acquisition de connaissances particulières au sujet des activités et des besoins des utilisateurs concernés;
- c) Les SMHN des régions tropicales ont sans doute besoin que leurs personnels aient une connaissance des systèmes météorologiques tropicaux plus poussée que ne le prévoient les programmes d'enseignement de base. Il en va de même pour la connaissance des systèmes météorologiques propres aux latitudes moyennes et aux régions polaires pour les SMHN des régions extratropicales.

De plus, l'obtention d'un diplôme peut être une exigence imposée par certains SMHN pour le recrutement ou la progression de carrière de leur personnel.

L'approche adoptée devrait permettre aux Membres de formuler des exigences nationales allant au-delà de celles stipulées dans les programmes d'enseignement de base.

### 3.6 **Résultats attendus de la formation**

Le PEB-M et le PEB-TM s'énoncent sous la forme de résultats attendus plutôt que de contenu. Ainsi, l'accent est mis sur les résultats obtenus par l'apprenant plutôt que sur les intentions de l'instructeur ou sur les sujets à assimiler selon le programme d'enseignement. Les résultats escomptés précisent l'objet du programme, ce qui est utile à l'instructeur comme à l'étudiant. Ils permettent aussi de déterminer avec plus de sûreté si l'apprentissage voulu a bien été acquis.

Il existe une hiérarchie des résultats attendus dans le PEB-M et le PEB-TM. Le tableau 1 ci-dessous donne un aperçu des divers niveaux et quelques exemples des descripteurs correspondants. Les aptitudes cognitives de niveau supérieur en matière d'analyse, d'évaluation et de création sont fondées sur les aptitudes de niveau inférieur en matière de mémorisation, de compréhension et d'application. On a tendance à associer les résultats attendus pour le PEB-M et le PEB-TM à la mémorisation, la compréhension, l'application et l'analyse.

**Tableau 1. Niveaux d'aptitude et exemples des descripteurs correspondant aux résultats attendus de la formation**

<i>Niveau d'aptitude cognitive</i>	<i>Exemples de descripteurs</i>
Mémorisation: L'apprenant se souvient des informations.	Décrire, définir, identifier
Compréhension: L'apprenant explique des idées ou des concepts.	Expliquer, interpréter, discuter
Application: L'apprenant exploite de nouvelles connaissances dans une situation familière.	Appliquer, exploiter, établir des liens
Analyse: L'apprenant fait la différence entre les parties constitutives et relie les parties à l'ensemble.	Analyser, comparer, rechercher
Évaluation: L'apprenant justifie une décision ou une ligne de conduite.	Évaluer, argumenter, recommander
Création: L'apprenant génère de nouveaux produits, idées ou façons de voir les choses.	Créer, organiser, évaluer

Tableau fondé sur la classification du comportement intellectuel établie par Bloom *et al.* (1956) et modifiée ultérieurement par Anderson et Krathwohl (2001)

#### 4. **RAPPORTS ENTRE CLASSIFICATION, QUALIFICATIONS ET COMPÉTENCES PROFESSIONNELLES**

Cette section met l'accent sur les rapports qui existent entre classification, qualifications et compétences professionnelles, afin de faciliter l'usage du présent guide.

La classification du personnel en deux catégories – météorologiste et technicien en météorologie – se fonde sur la satisfaction des conditions propres au PEB-M ou au PEB-TM. Le fait qu'une personne ait achevé avec succès l'un ou l'autre de ces programmes d'études de base ne signifie pas qu'elle soit immédiatement prête à assumer un emploi correspondant de façon compétente.

Un emploi donné devrait être associé à un ensemble de normes de compétence qui définissent les connaissances, les aptitudes et le comportement spécifiques exigés. Normalement, pour acquérir ces compétences, il faut suivre un enseignement et une formation liés à un emploi considéré, qui vont au-delà des conditions propres au PEB-M et au PEB-TM.

Un SMHN ou un autre organisme peut mettre en place un programme d'enseignement et de formation professionnelle qui permette de respecter les conditions de classification et les exigences en matière de compétence dans le cadre du même programme. On peut par exemple adopter cette approche pour:

- a) Satisfaire aux conditions du PEB-TM et acquérir les compétences nécessaires pour être observateur agrométéorologique ou technicien chargé d'installer et d'entretenir le matériel météorologique;
- b) Satisfaire aux conditions du PEB-M et acquérir les compétences nécessaires afin d'être prévisionniste spécialisé dans les services météorologiques destinés au public.

Un SMHN ou un autre organisme peut aussi décider, sur la base de directives nationales ou locales, qu'un emploi donné consistant à assurer des services professionnels ne peut être assumé que par des météorologistes ou des techniciens en météorologie.

En 2010, le Conseil exécutif de l'OMM a décidé que les commissions techniques devaient être chargées de définir des compétences professionnelles générales et les exigences correspondantes en matière d'enseignement et de formation professionnelle pour le personnel devant accomplir des tâches dans ses domaines de compétence. Ces exigences devraient être stipulées dans



**Tableau 2. Représentation schématique des liens entre qualifications initiales, compétences professionnelles et prestation de services professionnels, avec indication des responsabilités**

	<i>Technicien en météorologie</i>	<i>Météorologiste</i>
<b>Qualifications initiales</b> Responsabilité incombant au Groupe d'experts de l'enseignement et de la formation professionnelle relevant du Conseil exécutif de l'OMM	Enseignement et formation professionnelle de base	
	Sujets de météorologie générale (météorologie physique et dynamique de base, météorologie synoptique de base, climatologie de base, instruments et méthodes d'observation météorologiques)	Sujets relevant des sciences de l'atmosphère (météorologie physique, météorologie dynamique et prévision numérique du temps, météorologie synoptique et à moyenne échelle, climatologie)
	Notions fondamentales de mathématiques et de physique et dans des matières complémentaires (y compris autres disciplines scientifiques et techniques de communication)	
<b>Compétences professionnelles</b> Responsabilité incombant aux commissions techniques de l'OMM	Enseignement et formation professionnelle spécialisés supplémentaires	
<b>Prestation de services professionnels</b> Responsabilité incombant au SMHN ou à l'organisme employeur	Observation du temps, surveillance du climat ou autres applications	Analyse et prévision du temps, surveillance et prévision du climat ou autres applications

les publications produites et mises à jour par les commissions techniques appropriées (voir la liste la plus récente de ces publications à l'adresse <http://www.wmo.int/pages/prog/dra/etrp/competencies.php>).

Note: Si une commission technique ne précise pas les compétences professionnelles requises, cette tâche revient à chaque SMHN.

Les rapports entre qualifications initiales, compétences professionnelles et prestation de services professionnels sont résumés dans le tableau 2 ci-dessus.

Les qualifications obtenues auprès d'une autorité reconnue certifient qu'une personne a suivi avec succès un programme d'études ou possède le savoir-faire voulu pour accomplir efficacement une tâche donnée. Une qualification désigne les connaissances, le degré de compréhension et les aptitudes acquises.

Les qualifications se divisent en deux grandes catégories:

- Qualifications universitaires: celles-ci sont généralement obtenues dans un établissement d'enseignement supérieur ou une université. Elles sont souvent définies en fonction d'un ensemble de résultats à atteindre.
- Qualifications professionnelles: celles-ci sont généralement obtenues dans un établissement de formation ou auprès d'un organisme professionnel. Elles sont souvent définies en fonction d'un ensemble de compétences dont il faut faire la démonstration.

La classification comme météorologiste ou comme technicien en météorologie est, à maints égards, semblable à l'obtention d'une qualification universitaire, les programmes d'enseignement de base étant fondés sur l'obtention d'un ensemble de résultats attendus.

## 5. PERSONNEL MÉTÉOROLOGIQUE

Cette section présente brièvement l'idée maîtresse du système de classification du personnel météorologique.

### 5.1 Qualification initiale des météorologistes

Les conditions requises par le PEB-M sont généralement remplies si les postulants ont obtenu un diplôme universitaire en météorologie ou s'ils ont suivi avec succès un programme d'études supérieures en météorologie (après avoir acquis un diplôme universitaire qui inclut des notions fondamentales de mathématiques et de physique, notions qui sont généralement traitées dans le cadre des cours de sciences, de sciences appliquées, de génie ou d'informatique). Si tel n'est pas le cas, les établissements d'enseignement doivent démontrer que leur programme d'études procure les acquis attendus d'un enseignement de niveau universitaire et répond aux exigences nationales en la matière.

Les représentants permanents sont censés prendre l'initiative de consulter les organes nationaux et régionaux compétents pour définir les qualifications universitaires exigées des météorologistes dans leur pays. Ils devraient en outre collaborer avec les établissements nationaux d'enseignement et de formation professionnelle pour veiller à ce que les diplômés en météorologie satisfassent aux exigences du PEB-M, autrement dit, à ce que tous les volets du PEB-M soient couverts par la formation de niveau universitaire.

Le PEB-M devrait être conçu de sorte que les personnes qui ont suivi avec succès le programme d'études puissent:

- Démontrer qu'elles maîtrisent les matières enseignées;
- Utiliser au mieux des techniques éprouvées d'analyse et de recherche employées dans leur discipline et appliquer les méthodes et techniques apprises pour revoir, consolider, accroître et mettre en application leurs connaissances;
- Tirer parti de leurs connaissances théoriques pour présenter et soutenir des raisonnements en vue de résoudre des problèmes dans leur discipline;
- Évaluer de façon critique des arguments, des hypothèses, des concepts abstraits et des données en tenant compte de l'incertitude, de l'ambiguïté et des limites des connaissances dans leur discipline;
- Présenter des informations, des idées, des problèmes et des solutions se rapportant à leur discipline, tant à des spécialistes qu'à des non-spécialistes.

Ces personnes devraient en outre acquérir des compétences transférables leur permettant de travailler en équipe, de gérer leur propre apprentissage, de faire preuve d'initiative, d'exercer leurs responsabilités et de prendre des décisions dans des situations complexes et imprévisibles.

#### 5.1.1 *Diplôme universitaire en météorologie*

Un diplôme universitaire en météorologie qui prend en compte l'ensemble du PEB-M est le meilleur moyen de satisfaire aux conditions requises pour être classé comme météorologiste. Normalement, un diplôme en météorologie couvre un champ plus vaste que ce qui est requis pour le PEB-M. Par exemple:

- Certaines matières sont traitées plus en profondeur que dans le cadre du PEB-M (dans les régions tropicales, on mettra ainsi davantage l'accent sur la météorologie tropicale);
- Certaines matières non abordées dans le PEB-M sont incluses pour permettre d'acquérir des connaissances spécialisées correspondant a) aux besoins économiques précis du pays

et/ou aux exigences du SMHN (par exemple la météorologie agricole ou l'hydrologie) ou b) aux intérêts en matière de recherche-développement de l'établissement qui propose le programme d'études.

Normalement, un programme sanctionné par un diplôme universitaire satisfaisant aux exigences du PEB-M demande trois ou quatre ans d'études après les études secondaires, mais cette durée peut varier selon les établissements universitaires. En général, la première moitié du programme porte sur l'enseignement des sciences fondamentales et la deuxième, sur l'enseignement de la météorologie.

### 5.1.2 ***Programme d'études de deuxième et troisième cycles en météorologie***

Un programme d'études de deuxième ou troisième cycle en météorologie correspond en principe à des études universitaires menant à une maîtrise ou à un doctorat en météorologie. Normalement, on exige au départ un diplôme universitaire en sciences, en génie ou en informatique (par exemple dans des domaines scientifiques ou techniques déterminés tels que les mathématiques, la physique, la chimie, l'ingénierie électronique ou l'ingénierie en géosciences) avec des connaissances en mathématiques et en physique du niveau du PEB-M.

Certains établissements d'enseignement et de formation professionnelle (comme certains de ceux qui sont administrés par des SMHN ou des centres régionaux de formation professionnelle) offrent parfois un programme d'études supérieures répondant à toutes les exigences du PEB-M, mais ne conduisant pas à une qualification telle qu'une maîtrise ou un diplôme de troisième cycle. Dans un tel cas, le programme d'études doit être aussi rigoureux et exigeant sur le plan intellectuel qu'un programme d'études dispensé dans une université. Les établissements sont censés pouvoir démontrer que leur programme atteint le niveau voulu.

Pour un programme d'études de deuxième ou troisième cycle, les exigences propres au PEB-M sont les mêmes que pour un programme d'études menant à un diplôme universitaire en météorologie, sauf que le rythme d'enseignement peut être considérablement plus rapide.

### 5.1.3 ***Programme d'enseignement ne menant pas à un diplôme***

Certains établissements d'enseignement et de formation professionnelle (tels que certains de ceux qui sont administrés par des SMHN ou des centres régionaux de formation professionnelle) peuvent proposer un programme d'études répondant à toutes les exigences du PEB-M, mais sans conduire à une qualification officielle telle qu'une licence, une maîtrise ou un diplôme de troisième cycle. Ces programmes sont conçus précisément pour correspondre au PEB-M avec peu ou pas de matières en plus. Les exigences propres au PEB-M sont les mêmes, que le programme aboutisse à un diplôme ou pas. Dans un tel cas, le programme d'études doit être aussi rigoureux et exigeant sur le plan intellectuel qu'un programme d'études dispensé dans une université. Les établissements sont censés pouvoir démontrer que leur programme atteint le niveau demandé, surtout du point de vue de la portée et de la profondeur.

Ce type d'établissement peut exiger comme condition d'admission que le futur étudiant ait déjà un niveau adéquat en mathématiques ou en physique ou prévoir de dispenser cet enseignement dans son programme de cours. L'essentiel n'est pas de savoir comment les étudiants entament le programme, mais si, à la fin de ce programme, ils satisfont aux conditions du PEB-M.

## 5.2 **Qualification initiale des techniciens en météorologie**

Les Membres font appel à diverses formules d'enseignement et de formation professionnelle pour qualifier leurs techniciens en météorologie, depuis un enseignement classique dans une école technique, un établissement d'enseignement supérieur ou une université offrant des programmes précis d'études en météorologie jusqu'à une formation, éventuellement en cours d'emploi, en matière d'observations et de mesures météorologiques. Quelle que soit l'approche adoptée, les conditions du PEB-TM doivent être respectées.

En général, les exigences propres au PEB-TM sont satisfaites lorsqu'un programme d'études postsecondaires est mené à bien dans un établissement tel que le centre de formation professionnelle d'un SMHN ou un établissement d'enseignement complémentaire.

Le PEB-TM doit être conçu de telle façon que les personnes qui ont suivi avec succès le programme d'études puissent:

- Démontrer qu'elles connaissent les concepts et principes correspondant à leur domaine d'études;
- Présenter, évaluer et interpréter des données qualitatives et quantitatives leur permettant de porter un jugement pertinent selon les théories et les notions de base de leur domaine d'études;
- Évaluer divers moyens de résoudre des problèmes liés à leur domaine d'études;
- Transmettre les résultats de leurs études de façon précise et fiable;
- Approfondir leur formation et acquérir de nouvelles aptitudes dans un cadre structuré.

## 6. DÉROULEMENT DE CARRIÈRE

Cette section donne un aperçu du déroulement de carrière des météorologistes et des techniciens en météorologie.

Dans ces deux catégories de personnel, selon les particularités de chaque pays, une personne passe normalement d'un poste à responsabilités limitées sous supervision étroite à un poste comportant davantage de responsabilités et une moindre supervision. Certains atteignent des postes élevés avec des responsabilités en matière de supervision et d'encadrement. Tout avancement est fondé sur l'expérience accumulée, la formation continue et les compétences professionnelles démontrées.

On emploie les désignations «débutant», «intermédiaire» et «supérieur» pour qualifier trois niveaux généraux de déroulement de carrière dans chaque grande catégorie de personnel.

### 6.1 Niveaux de carrière des météorologistes

Après avoir suivi le programme PEB-M, les météorologistes entrent dans le monde du travail. À la suite d'une préparation supplémentaire visant à acquérir les compétences voulues pour un emploi donné (qui devrait inclure une période d'orientation, une formation en cours d'emploi et d'autres cours de formation), ils assument progressivement des fonctions opérationnelles en matière d'analyse et de prévision du temps, de surveillance et de prévision du climat ou d'autres applications pertinentes. Certains météorologistes deviennent consultants, cadres, décideurs ou administrateurs; d'autres se lancent dans la recherche-développement ou l'enseignement. Les responsabilités générales correspondant aux trois niveaux de carrière sont résumées dans l'[appendice A](#).

### 6.2 Niveaux de carrière des techniciens en météorologie

Après avoir suivi le programme PEB-TM, les techniciens en météorologie entrent dans le monde du travail. Ayant acquis un ensemble de connaissances et d'aptitudes de base, ils doivent ensuite acquérir les compétences nécessaires pour un emploi donné (par le biais d'une période d'orientation, d'une formation en cours d'emploi et d'autres cours de formation). Ils assument progressivement des fonctions opérationnelles qui peuvent consister à effectuer des observations sur le temps, le climat et l'environnement ou à aider les prévisionnistes à élaborer et diffuser des produits et des services. En général, les SMHN emploient de nombreux

autres types de techniciens, comme des techniciens en mécanique, en électricité et en électronique, pour installer et entretenir le matériel (par exemple les récepteurs au sol pour les observations de météorologie aéronautique, les stations météorologiques automatiques, les radars météorologiques ou le matériel de télécommunications). Les responsabilités générales correspondant aux trois niveaux de carrière sont résumées dans l'[appendice A](#).

### 6.3 **Changement de classification en cours de carrière**

Telles qu'elles ont été présentées, les exigences du PEB-M et PEB-TM sont normalement satisfaites lorsqu'une personne a suivi un programme initial d'études dans une université ou un établissement de formation professionnelle. Cela a lieu généralement avant ou peu après le début d'un emploi dans un SMHN. Dans la pratique, toutefois, on peut répondre aux exigences voulues pour être météorologiste ou technicien en météorologie en cours de carrière. Par exemple, les techniciens en météorologie qui ont acquis une bonne connaissance de la météorologie de par leur formation initiale, un perfectionnement professionnel continu et une expérience opérationnelle peuvent vouloir suivre un programme d'études leur permettant d'être classés comme météorologistes. Dans ce cas, nombre des résultats attendus définis dans le PEB-M auront déjà été atteints. À condition que l'enseignement préalable puisse être officiellement établi et enregistré (par exemple par les responsables de la formation professionnelle au sein d'un SMHN), le programme d'études n'a besoin de porter que sur les résultats attendus qui n'ont pas encore été acquis. La même approche s'applique aux personnes dont la formation initiale ne porte pas sur l'ensemble du PEB-TM, mais qui, en cours de carrière, souhaitent être classés comme techniciens en météorologie.

La réglementation et les exigences nationales ou institutionnelles vont déterminer si un reclassement tenant compte des acquis préalables est une pratique acceptée dans un pays donné.

## 7. **APTITUDES COLLECTIVES ET COMPÉTENCES TRANSFÉRABLES**

Cette section porte sur les aptitudes collectives et les compétences transférables des météorologistes et des techniciens en météorologie.

Les météorologistes et les techniciens en météorologie devraient suivre une formation continue pour actualiser et améliorer leurs connaissances et leurs aptitudes professionnelles et, le cas échéant, acquérir de nouvelles compétences. Cette démarche peut prendre diverses formes: assistance professionnelle, autoformation (par exemple lecture dirigée et enseignement assisté par ordinateur), détachement ou stage, formation en cours d'emploi et cours de recyclage sous la direction d'un instructeur. Le choix dépend, entre autres, des besoins particuliers de perfectionnement, des ressources disponibles et des styles d'enseignement préférés.

Les météorologistes et les techniciens en météorologie travaillent souvent en équipe au sein de leurs SMHN. Ils doivent être compétents dans leurs emplois et capables de s'adapter à l'évolution des conditions, tout en suivant une progression de carrière. Cela exige des connaissances, une compréhension et une expérience vastes et approfondies, conjuguées à une capacité d'adaptation et à une aptitude à travailler de façon autonome.

Par compétence, on entend le fait de posséder des connaissances de base et des aptitudes techniques et de pouvoir les appliquer; mais les météorologistes et les techniciens en météorologie doivent aussi avoir des aptitudes qui leur permettent notamment:

- De communiquer efficacement lors de présentations écrites et orales;
- De partager efficacement leurs connaissances et de collaborer avec autrui;
- De faire preuve d'initiative et d'adopter une approche axée sur la résolution de problèmes pour les tâches sortant de l'ordinaire;

- De faire preuve d'esprit critique lorsqu'ils sont confrontés à de nouvelles informations;
- D'assumer la responsabilité de leurs propres décisions et de pouvoir en expliquer le bien-fondé;
- De gérer plusieurs tâches à la fois et de les classer par ordre de priorité;
- De gérer leur propre formation et leurs propres performances;
- D'acquérir les aptitudes, les connaissances et la compréhension qu'exige l'évolution des pratiques de travail.

Bien que ces capacités soient importantes, on s'est abstenu, dans la présente publication, de définir ces «aptitudes collectives et compétences transférables», qui dépendent essentiellement du type et du niveau de l'emploi occupé, des exigences particulières de l'organisation et de la mesure dans laquelle les personnes sont responsables de leur propre perfectionnement professionnel.

## 8. MATIÈRES FONDAMENTALES ET SCIENCES DE L'ATMOSPHÈRE

On trouvera dans cette section un exposé des matières fondamentales et des disciplines météorologiques de base.

En tant que science physique, la météorologie porte essentiellement sur la physique et la dynamique de l'atmosphère. Elle porte aussi sur de nombreux effets directs de l'atmosphère sur la surface de la Terre, les océans et la vie en général. Son objectif ultime est de comprendre et de prévoir le mieux possible les phénomènes atmosphériques, de l'échelon local à l'échelle planétaire et à des échéances allant de quelques secondes, minutes ou heures à plusieurs jours, semaines ou saisons (et même décennies et siècles). Les exigences du PEB-M et du PEB-TM ont pour but de garantir que les personnes ont acquis toutes les connaissances nécessaires pour atteindre cet objectif.

### 8.1 Mathématiques et physique

Les étudiants doivent avoir des connaissances approfondies en mathématiques et en physique (et, dans l'idéal, des connaissances de base en chimie) pour comprendre les rapports entre les phénomènes atmosphériques et la nature de la matière, selon les principes physiques de base. Ainsi, lorsqu'on élabore des programmes d'enseignement de base pour les météorologistes, il faut prévoir des cours associés ou de perfectionnement en mathématiques axés sur les notions fondamentales et les méthodes utilisées dans l'étude de la dynamique des fluides et de la thermodynamique.

Comme pour les mathématiques, il peut s'avérer nécessaire d'organiser des cours associés ou de perfectionnement en physique. Il existe cependant une distinction de taille entre l'étude des sciences de l'atmosphère et l'étude courante de la physique. En physique, on tend à mettre l'accent sur des processus particuliers, mais l'étude des sciences de l'atmosphère concerne un système vaste et complexe au sein duquel se produisent des effets et des interactions qu'on risque de ne pas comprendre parfaitement si on les considère hors contexte. L'objectif ultime est de comprendre, tant sur le plan qualitatif que sur le plan quantitatif, le fonctionnement cohérent de l'ensemble du système. C'est pourquoi les cours associés et de perfectionnement en physique devraient apporter les connaissances sous-jacentes nécessaires à la compréhension des sciences de l'atmosphère.

## 8.2 **Matières complémentaires**

Des connaissances en mathématiques et en physique sont obligatoires pour l'étude des disciplines météorologiques de base, mais il convient aussi d'avoir des connaissances de base dans des sciences connexes (en particulier l'océanographie et l'hydrologie). En outre, l'aptitude à communiquer efficacement et des compétences en matière d'analyse et de traitement des données seront à la base de l'acquisition d'un savoir-faire en météorologie.

## 8.3 **Disciplines météorologiques de base**

Les disciplines météorologiques de base, qu'on distingue davantage par la fonction de la science que par la matière elle-même, sont les suivantes:

- Météorologie physique;
- Météorologie dynamique;
- Météorologie synoptique et à moyenne échelle;
- Climatologie.

Ces disciplines sont étudiées de façon plus détaillée dans l'[appendice B](#).

## 8.4 **Rapports entre les disciplines météorologiques de base et les programmes d'enseignement de base**

Il existe un certain chevauchement entre les quatre disciplines météorologiques de base. Par exemple, la météorologie synoptique peut inclure certains sujets que l'on peut considérer comme faisant partie de la météorologie dynamique ou de la météorologie physique. Ainsi, la subdivision en quatre matières adoptée ici ne doit pas être considérée comme la seule manière possible de classer les sciences de l'atmosphère.

Pour les météorologistes, il est pratique de considérer les résultats attendus de la formation dans le cadre du PEB-M en fonction des quatre disciplines météorologiques. Par ailleurs, en raison des types d'emplois que les techniciens en météorologie sont appelés à exercer, il est judicieux de mettre davantage l'accent sur les instruments et les méthodes d'observation météorologiques et moins sur les aspects théoriques de la météorologie physique et dynamique. Cela veut dire que les résultats attendus de la formation dans le cadre du PEB-TM n'ont pas été structurés selon les quatre disciplines météorologiques, mais que les résultats attendus pour la météorologie physique et dynamique sont associés, tandis que ceux qui sont liés aux instruments et aux méthodes d'observation météorologiques sont traités de façon distincte.

## 9. **MISE EN ŒUVRE DES PROGRAMMES D'ENSEIGNEMENT DE BASE**

On trouvera, dans la présente section, quelques conseils d'ordre général sur la mise en œuvre des programmes PEB-M et PEB-TM.

Les résultats attendus de l'enseignement présentés dans le cadre du PEB-M et du PEB-TM restent très généraux. Un établissement qui propose un programme d'études répondant aux exigences du PEB-M ou du PEB-TM devrait présenter des résultats attendus plus détaillés, mais conformes à ceux indiqués. Il faut donc s'intéresser à la façon dont ces résultats sont évalués.

Les résultats attendus de l'enseignement au titre du PEB-M et du PEB-TM ont été classés selon de grandes catégories de connaissances pour aider les lecteurs du présent ouvrage à assimiler l'ensemble des informations présentées. Cependant, la façon dont ces résultats ont été classés n'indique pas comment le programme d'études doit être structuré. C'est à l'établissement

qui propose le programme de décider d'une structure qui tienne compte des connaissances préalables et du mode d'enseignement préféré des étudiants, de l'existence d'installations spécialisées et des besoins particuliers des SMHN concernés.

Un aspect essentiel de la classification des intéressés comme météorologistes ou techniciens en météorologie est de prendre des dispositions rigoureuses et transparentes pour évaluer si les résultats attendus propres au PEB-M et au PEB-TM ont été atteints. C'est aux SMHN qu'il incombe de prendre ces dispositions, en concertation avec les établissements qui proposent le programme d'études. Il est indispensable de disposer d'une documentation adéquate sur le processus et les résultats, pour qu'un organisme extérieur puisse s'assurer qu'une personne classée comme météorologiste ou comme technicien en météorologie répond effectivement aux exigences du PEB-M ou du PEB-TM.

---



## **PARTIE II. PROGRAMME D'ENSEIGNEMENT DE BASE POUR LES MÉTÉOROLOGISTES**

Cette partie commence par un aperçu des objectifs du PEB-M suivi d'une définition des résultats attendus de l'enseignement des matières fondamentales. Le reste de la partie II est consacré aux résultats attendus de la formation dans le domaine de la météorologie physique, de la météorologie dynamique, de la météorologie synoptique et à moyenne échelle et de la climatologie.

### **1. INTRODUCTION**

Le PEB-M a pour objectif global de permettre aux intéressés d'acquérir un ensemble solide et vaste de connaissances au sujet des phénomènes et des processus atmosphériques ainsi que les aptitudes nécessaires à l'application de ces connaissances.

Pour répondre aux exigences du PEB-M, l'intéressé doit acquérir les connaissances et les compétences suivantes:

- Des connaissances concernant les principes physiques et les interactions atmosphériques, les méthodes de mesure et d'analyse des données, le comportement des systèmes météorologiques (grâce à la synthèse des données sur le temps présent et des données de modèles conceptuels) ainsi que la circulation générale de l'atmosphère et les variations du climat;
- La capacité d'appliquer ces connaissances par un raisonnement scientifique en vue de résoudre les problèmes qui se posent dans le domaine des sciences de l'atmosphère et de participer à l'analyse et à la prévision des incidences du temps et du climat sur la société et à la diffusion d'informations en la matière.

Le PEB-M vise à inculquer aux intéressés les connaissances, les aptitudes et la confiance nécessaires au développement de leur savoir-faire et à leur fournir les bases requises pour une spécialisation ultérieure. Les personnes qui souhaitent travailler dans des domaines tels que l'analyse et la prévision du temps, la modélisation et la prévision du climat et la recherche-développement doivent suivre un enseignement et une formation complémentaires pour acquérir les compétences professionnelles requises. En outre, elles doivent continuer à améliorer leurs connaissances et leurs aptitudes en suivant des cours de perfectionnement professionnel tout au long de leur carrière.

### **2. MATHÉMATIQUES, PHYSIQUE ET MATIÈRES COMPLÉMENTAIRES – NOTIONS FONDAMENTALES**

Après avoir assimilé l'enseignement des notions fondamentales, l'intéressé doit pouvoir:

- a) Démontrer qu'il a les connaissances en mathématiques et en physique nécessaires pour achever avec succès les composantes météorologiques du Programme d'enseignement de base pour les météorologistes;
- b) Démontrer qu'il a les connaissances dans d'autres disciplines scientifiques et domaines connexes qui complètent les compétences en météorologie prises en compte dans le Programme d'enseignement de base pour les météorologistes;
- c) Analyser et utiliser les données, et communiquer et présenter l'information.

(*Règlement technique* (OMM-N° 49), Volume I, appendice A)

Les connaissances de base doivent pouvoir être acquises grâce à l'une ou plusieurs des approches suivantes:

- Obtention d'un diplôme en mathématiques ou en physique avant l'étude de sujets se rapportant aux sciences de l'atmosphère;
- Assimilation d'un programme d'introduction aux matières fondamentales axé sur les résultats attendus de la formation avant l'étude des sciences de l'atmosphère (cet enseignement devrait s'accompagner d'applications pratiques se rapportant aux sciences de l'atmosphère);
- Intégration des connaissances de base à l'étude des sciences de l'atmosphère.

## 2.1 **Mathématiques**

### **Résultats attendus de la formation**

L'intéressé doit pouvoir maîtriser les notions suivantes:

- **Calcul différentiel et intégral:** Différencier et intégrer les fonctions de base, déterminer maximums et minimums et utiliser le développement de Taylor en se fondant sur la compréhension des notions et méthodes fondamentales du calcul différentiel et intégral;
- **Vecteurs et matrices:** Résoudre des équations simultanées, trouver les valeurs propres et les vecteurs propres d'une matrice et procéder à des calculs et à des transformations au moyen de nombres complexes et de vecteurs, en se fondant sur la compréhension des notions et méthodes fondamentales associées aux matrices, aux vecteurs et aux nombres complexes;
- **Équations différentielles:** Procéder à une manipulation algébrique des équations différentielles et différentielles partielles de base du premier et deuxième ordre, notamment en utilisant des séries de Fourier et en vérifiant les solutions, et mettre en évidence les problèmes liés à la valeur initiale et à la valeur limite;
- **Statistiques:** Choisir des moyens pertinents d'afficher des données statistiques, calculer les indicateurs statistiques de base (par exemple moyenne, écart-type et test de signification) et tirer des conclusions de données statistiques, en se fondant sur la compréhension des notions et méthodes fondamentales associées à la théorie des probabilités et aux statistiques;
- **Méthodes numériques:** Utiliser des schémas numériques de base pour les dérivées dans le temps et l'espace et procéder à une analyse de stabilité de base en se fondant sur la compréhension des notions et méthodes fondamentales associées à la modélisation numérique.

## 2.2 **Physique**

### **Résultats attendus de la formation**

L'intéressé doit pouvoir maîtriser les notions suivantes:

- **Mécanique:** Appliquer les principes fondamentaux de la mécanique aux corps en mouvement en tenant compte des lois de la cinématique de Newton, des conditions d'équilibre, de la conservation du moment et du moment cinétique, de la conservation de l'énergie, des effets des systèmes rotatifs et des rapports entre les cadres de référence eulérien et lagrangien;

- **Dynamique des fluides:** Expliquer la cinématique de base des fluides, et notamment les notions de tourbillon, de divergence, de déformation, de fonction de courant et de potentiel de vitesse, ainsi que le rapport entre lignes de courant et trajectoires;
- **Transmission de la chaleur:** Expliquer la base physique de la transmission de la chaleur par conduction, convection et rayonnement;
- **Thermodynamique de base:** Appliquer les principes fondamentaux de la thermodynamique aux systèmes gazeux, et notamment les lois relatives aux gaz pour l'air sec et humide, la première et la deuxième loi de la thermodynamique, la loi de Dalton et la théorie cinétique des gaz, et expliquer la base physique de la chaleur sensible, de la chaleur spécifique, de la chaleur latente, de la pression et de la saturation de vapeur, des processus réversibles et irréversibles, de l'entropie et de l'enthalpie ainsi que les phases de l'eau et les changements de phase;
- **Ondes:** Expliquer les principes fondamentaux du déplacement des ondes, y compris les notions de réflexion, de réfraction et de diffraction, la vitesse de phase et de groupe ainsi que la dispersion et le déferlement des ondes;
- **Optique:** Expliquer les notions de réflexion, de réfraction, de diffraction et de diffusion de la lumière;
- **Rayonnement électromagnétique:** Expliquer les principes fondamentaux du rayonnement électromagnétique, et notamment le spectre électromagnétique, le rayonnement des corps noirs, la loi de Planck, la loi de Wien et la loi de Stefan-Boltzmann ainsi que la diffusion, l'absorption et l'émission de rayonnements.

### 2.3 Matières complémentaires

#### Résultats attendus de la formation

L'intéressé doit pouvoir maîtriser les notions suivantes:

##### a) Autres disciplines scientifiques et matières connexes

- **Contexte historique:** Indiquer les progrès scientifiques et techniques qui ont contribué au développement de la météorologie et de ses applications;
- **Chimie physique de base:** Expliquer, en utilisant la nomenclature chimique au besoin, les notions de base employées en chimie physique (éléments, molécules, composés, liaisons, réactions chimiques, vitesses de réaction, etc.) et décrire les propriétés des gaz et les principaux cycles et réactions chimiques qui influent sur la chimie de la troposphère et de la stratosphère;
- **Océanographie de base:** Décrire la circulation générale et la structure thermique des océans, expliquer les processus dynamiques qui sont à l'origine des courants océaniques, des marées et des vagues et expliquer comment on mesure la température et la salinité de l'eau;
- **Hydrologie de base:** Décrire le cycle hydrologique et expliquer les facteurs qui déterminent l'écoulement, les ressources en eau souterraines et de surface et le bilan hydrique, décrire les méthodes de mesure hydrologiques (précipitations, évaporation, humidité du sol, écoulement fluvial, eaux souterraines, etc.) et déterminer les causes de divers types d'inondations;
- **Géographie de base:** Décrire les principales caractéristiques géographiques de la zone de responsabilité, y compris le terrain et la démographie au plan local, et présenter les projections cartographiques couramment utilisées en météorologie;

- **Écologie de base:** Décrire les grands cycles de la biosphère (en particulier les cycles du carbone et de l'eau) et l'incidence des activités humaines sur ceux-ci (destruction des forêts ombrophiles et fonte du pergélisol, par exemple).
- b) Communications et travail d'équipe**
- **Communications écrites:** Rédiger des communications écrites dans un délai donné, de façon concise, précise et compréhensible, en faisant appel au traitement de texte et à des programmes de présentation;
  - **Présentations orales:** Faire des exposés dans un délai donné en s'assurant que le contenu et le style transmettent de façon précise des informations que l'auditoire puisse comprendre;
  - **Travail d'équipe:** Faire preuve d'une réelle compréhension des différents rôles joués et des différentes fonctions exercées au sein d'une équipe.
- c) Analyse et exploitation de données**
- **Programmation:** Utiliser les principes de base de la programmation informatique et créer un programme informatique simple pour analyser ou afficher des données;
  - **Traitement de données:** Procéder au traitement et à l'analyse statistique de données en faisant appel à des tableurs et à des bases de données;
  - **Consultation et récupération d'informations:** Trouver des informations météorologiques en consultant bibliothèques et bases de données et en effectuant des recherches sur Internet;
  - **Systèmes d'information géographique (SIG):** Étudier les composantes et fonctions d'un SIG, décrire ses applications possibles ainsi que ses avantages et inconvénients et donner un aperçu des questions de qualité des données soulevées par l'emploi d'un tel système;
  - **Création et publication de documents en ligne:** Créer, publier et actualiser une page Web de base.

### 3. SUJETS RELEVANT DES SCIENCES DE L'ATMOSPHÈRE

Les résultats attendus de la formation dans le domaine des sciences de l'atmosphère se répartissent dans les grandes catégories de connaissances suivantes:

- Météorologie physique;
- Météorologie dynamique;
- Météorologie synoptique et à moyenne échelle;
- Climatologie.

Il est à noter cependant que ce classement ne précise pas la structure d'un programme d'études. Il existe de nombreuses façons de structurer un programme pour que tous les résultats attendus de la formation soient atteints. Par exemple:

- Un module donné d'un programme d'études peut porter sur plusieurs sujets (méthodes et instruments d'observation classiques et télédétection, par exemple);

- Les résultats attendus dans plusieurs matières peuvent être répartis différemment (par exemple certains résultats figurant sous la rubrique «dynamique de l'atmosphère» peuvent être couverts dans la partie concernant les systèmes météorologiques des latitudes moyennes et des régions polaires et vice versa);
- Les résultats attendus dans une matière donnée peuvent être visés dans plusieurs modules du programme d'études de façon plus détaillée que ce qui est nécessaire pour la qualification minimale (par exemple des modules distincts pour la thermodynamique et la physique des nuages);
- Les résultats attendus peuvent être considérés de façon de plus en plus détaillée au fur et à mesure de la progression du programme d'études (il peut y avoir par exemple un module initial d'introduction à la météorologie, certains sujets étant traités plus en détail ultérieurement);
- Les résultats attendus peuvent être couverts dans le cadre d'un programme d'études visant à préparer les participants à un rôle particulier (par exemple un cours visant essentiellement à former des prévisionnistes peut porter sur tous les résultats attendus au titre du PEB-M en plus de développer des aptitudes plus approfondies et plus pratiques).

La priorité de chaque établissement est d'élaborer un programme d'études tenant compte des connaissances préalables des participants, de la meilleure façon de structurer le programme pour satisfaire aux exigences locales et de l'objectif du programme d'études dans son ensemble, qui peut aller au-delà de ce qui est nécessaire pour atteindre les résultats attendus indiqués ici.

### 3.1 **Météorologie physique**

Après avoir atteint les résultats attendus de la formation en météorologie physique, l'intéressé doit pouvoir:

- a) Expliquer la structure et la composition de l'atmosphère, les processus qui ont une incidence sur le transfert radiatif dans l'atmosphère et sur le bilan énergétique global ainsi que les causes des phénomènes optiques atmosphériques;
- b) Appliquer les lois de la thermodynamique aux processus atmosphériques, utiliser un diagramme thermodynamique pour évaluer les propriétés et la stabilité de l'atmosphère, déterminer l'effet de l'eau sur les processus thermodynamiques et expliquer les processus qui sont à l'origine de la formation des gouttelettes d'eau, des nuages, des précipitations et des phénomènes électriques;
- c) Se fonder sur les connaissances relatives aux turbulences et aux échanges d'énergie en surface pour expliquer la structure et les caractéristiques de la couche limite de l'atmosphère et le comportement des polluants;
- d) Comparer, confronter et expliquer les principes physiques sur lesquels reposent les instruments classiques servant à effectuer des mesures en surface et en altitude des paramètres atmosphériques et expliquer les sources fréquentes d'erreur et d'incertitude et l'importance de l'application des normes et du recours aux meilleures pratiques;
- e) Décrire le type de données météorologiques obtenues à l'aide de systèmes de télédétection, expliquer comment sont effectuées les mesures du rayonnement, détailler les procédés par lesquels les données atmosphériques sont tirées de ces mesures et indiquer les emplois et les limites des données de télédétection.

(*Règlement technique* (OMM-N° 49), Volume I, appendice A)

### 3.1.1 **Composition de l'atmosphère, rayonnement et phénomènes optiques**

#### Résultats attendus de la formation

L'intéressé doit pouvoir maîtriser les notions suivantes:

- **Structure de l'atmosphère:** Décrire la structure verticale de l'atmosphère selon ses composantes, sa température et son taux d'humidité;
- **Composition de l'atmosphère:** Expliquer la composition de l'atmosphère, y compris les gaz à l'état de traces, les aérosols, la poussière et les cendres volcaniques ainsi que les polluants;
- **Rayonnement dans l'atmosphère:** Expliquer, au moyen des éléments fondamentaux de la théorie du transfert radiatif, les effets des conditions de surface (y compris la neige et la glace) et des constituants atmosphériques (y compris les aérosols, la vapeur d'eau, les nuages, les gaz à effet de serre et les gaz réactifs) sur le rayonnement incident et sortant;
- **Bilan énergétique global:** Établir un rapport entre, d'une part, le climat de la Terre et ses variations latitudinales et temporelles et, d'autre part, le bilan énergétique de la surface de la Terre, les variations du flux solaire et les caractéristiques orbitales de notre planète;
- **Phénomènes optiques:** Expliquer la transparence de l'atmosphère et l'origine des phénomènes optiques courants (arcs-en-ciel, halos, couronnes, couleur du ciel, couleur des nuages, etc.) et décrire les conditions météorologiques propices à leur occurrence.

### 3.1.2 **Thermodynamique et physique des nuages**

#### Résultats attendus de la formation

L'intéressé doit pouvoir maîtriser les notions suivantes:

- **Thermodynamique appliquée:** Appliquer les lois de la thermodynamique en mettant l'accent sur la compréhension de la notion de particule d'air, la description des processus adiabatiques et le calcul des gradients adiabatiques secs et saturés et des quantités conservées correspondantes;
- **Humidité de l'atmosphère:** Définir les paramètres utilisés pour représenter le taux d'humidité de l'atmosphère et en expliquer la signification physique, les rapports entre eux et la façon de les mesurer, expliquer le processus du changement de phase et déterminer les effets de l'eau sur les processus thermodynamiques de l'atmosphère;
- **Stabilité de l'atmosphère:** Expliquer les caractéristiques de base d'une atmosphère stable, neutre, conditionnellement instable, potentiellement instable et instable, déterminer les conditions environnementales susceptibles de produire divers degrés de stabilité et expliquer la base physique des paramètres de stabilité couramment employés;
- **Diagrammes thermodynamiques:** Utiliser un diagramme thermodynamique pour analyser les processus atmosphériques, en évaluant la stabilité de l'atmosphère, en déterminant les paramètres courants employés pour décrire l'état de l'atmosphère (y compris les paramètres relatifs aux nuages) et en interprétant les principales caractéristiques d'un sondage;
- **Nuages et précipitations:** Décrire et expliquer les processus microphysiques conduisant à la formation et à la dissipation des gouttelettes des nuages, au développement et à la dissipation de nuages chauds et froids et à la formation et au grossissement de gouttes de pluie et de particules solides précipitantes et décrire la structure macroscopique des nuages chauds et froids;

- **Phénomènes électriques:** Expliquer les mécanismes qui sont à l'origine des phénomènes électriques dans l'atmosphère (par exemple éclairs nuage-sol et entre nuages) et décrire les conditions météorologiques propices à leur occurrence;
- **Formation d'hydrométéores atmosphériques:** Décrire les conditions synoptiques et à moyenne échelle et les processus locaux qui produisent divers types de nuages et de précipitations, le givre, la rosée, les gelées et divers types de brouillard.

### 3.1.3 **Météorologie de la couche limite et micrométéorologie**

#### Résultats attendus de la formation

L'intéressé doit pouvoir maîtriser les notions suivantes:

- **Processus turbulents:** Décrire les processus turbulents fondamentaux de la couche limite de l'atmosphère, y compris les écoulements laminaires et turbulents, les mécanismes d'apparition des turbulences, la dissipation, la décomposition des champs en éléments moyens et fluctuants, la description statistique des turbulences et le transport turbulent de masse, de chaleur, d'humidité et de quantités de mouvement;
- **Échanges énergétiques de surface:** Décrire le bilan énergétique à proximité de la surface de la Terre et expliquer les processus d'échange d'énergie dans la couche de surface;
- **Variations de la couche limite:** Se fonder sur les connaissances concernant les processus turbulents et les échanges énergétiques de surface pour expliquer l'évolution et la variation diurne de la couche limite, en mettant l'accent sur le transfert par conduction depuis la surface sous-jacente et sur le rôle du transfert radiatif pour déterminer le comportement de la couche limite;
- **Profils de la couche limite:** Se fonder sur les connaissances concernant les processus turbulents et les échanges énergétiques de surface pour expliquer les profils caractéristiques des variables météorologiques à l'état stable, neutre et instable;
- **Vents locaux:** Expliquer les incidences du terrain, des côtes et des zones urbaines sur les flux de la couche limite, y compris celles des circulations d'origine thermique (brises de mer et de terre, effets des lacs, vents des vallées, par exemple);
- **K-théorie:** Expliquer comment la K-théorie sert à modifier les équations de mouvement pour tenir compte des turbulences, expliquer l'origine et la signification de la spirale d'Ekman et en déduire une expression de la structure verticale du vent dans la couche de surface en recourant à l'hypothèse de la longueur de mélange;
- **Techniques de mesure:** Décrire les techniques utilisées pour mesurer les propriétés de la couche limite, y compris la qualité de l'air;
- **Contaminants atmosphériques:** Décrire les contaminants et polluants courants qui affectent la qualité de l'air et leurs sources et puits majeurs, ainsi que leur mode de mesure, leur comportement (y compris leurs réactions chimiques et photochimiques et leur dépôt sec et humide) et leur dispersion dans la couche limite et expliquer comment les conditions météorologiques, y compris la stabilité, se répercutent sur la qualité de l'air, la visibilité et la dispersion des panaches.

### 3.1.4 **Observations et instruments traditionnels**

#### Résultats attendus de la formation

L'intéressé doit pouvoir maîtriser les notions suivantes:



- **Mesures en surface:** Expliquer les principes physiques sur lesquels reposent les instruments servant à effectuer des mesures en surface de la température, de l'humidité, de la pression, des précipitations, du vent, de la hauteur des nuages, de la visibilité, de l'ensoleillement et du rayonnement ainsi que de la hauteur des ondes, indiquer les limites et la sensibilité de ces instruments et présenter le système de classification des nuages et des types de temps;
- **Mesures en altitude:** Expliquer les principes physiques sur lesquels reposent les instruments servant à effectuer des mesures en altitude de la position géographique, de la pression, de la température, de l'humidité et du vent ainsi que de l'ozone et d'autres constituants atmosphériques (par exemple la poussière et les cendres volcaniques);
- **Caractéristiques des instruments:** Décrire les caractéristiques des divers instruments utilisés pour effectuer des mesures en surface et en altitude des paramètres atmosphériques et mettre en lumière leurs similitudes et leurs différences;
- **Incertitude et erreurs des instruments:** Expliquer les sources courantes d'erreurs et d'incertitude des instruments et des techniques d'observation standard, les méthodes d'évaluation de la fiabilité d'une mesure donnée et la nécessité de tenir compte de la représentativité d'une observation;
- **Normes concernant les instruments:** Expliquer combien il est important de respecter les normes nationales et internationales de mesure et d'observer les meilleures pratiques pour étalonner les instruments avec précision;
- **Applications et limites des observations:** Décrire les applications des observations classiques et les limites que présentent ces dernières.

### 3.1.5 **Téledétection**

#### **Résultats attendus de la formation**

L'intéressé doit pouvoir maîtriser les notions suivantes:

- **Mesure du rayonnement:** Présenter les principes de la téledétection passive et active du rayonnement et la façon dont des informations exploitables peuvent être déduites de données de téledétection, y compris les limites et les sources d'erreur ou d'incertitude;
- **Systèmes de détection passifs:** Expliquer comment les systèmes de détection passifs sont utilisés pour obtenir des données numériques (par exemple la transmission d'images par les canaux visible, proche infrarouge, infrarouge et vapeur d'eau) et des informations dérivées sur la température de surface et les éclairs ainsi que les propriétés de l'atmosphère (y compris la température, l'humidité, le vent et les constituants atmosphériques);
- **Systèmes de détection actifs:** Expliquer comment des systèmes de détection actifs comme les radars, les lidars et les sodars sont utilisés pour obtenir des informations quantitatives et qualitatives sur des paramètres atmosphériques (par exemple la température, l'humidité, la nébulosité, les précipitations (intensité et type), la vitesse et la direction du vent, les turbulences) et divers phénomènes tels que les orages, les microrafales et les tornades;
- **Systèmes de sondage par satellite:** Décrire les caractéristiques orbitales, la précision, les contraintes au niveau de l'échantillonnage, l'emploi et les limitations de divers systèmes de sondage par satellite;
- **Mesures par radar:** Expliquer les principes physiques sur lesquels reposent les radars météorologiques, notamment les radars Doppler à impulsion, les caractéristiques des signaux, le traitement des informations radar et l'effet des facteurs météorologiques sur la propagation et l'atténuation des ondes radar dans l'atmosphère;



- **Systèmes placés à bord d'aéronefs et systèmes maritimes:** Expliquer comment les aéronefs, les navires et les bouées peuvent être utilisés pour obtenir des informations sur l'atmosphère et l'océan grâce à la télédétection.

### 3.2 **Météorologie dynamique**

Après avoir atteint les résultats attendus de la formation en météorologie dynamique, l'intéressé doit pouvoir:

- Expliquer le fondement physique des équations du mouvement (forces et référentiels), procéder à une analyse d'échelle pour déterminer les processus dynamiques propres aux écoulements équilibrés, décrire les caractéristiques de ces écoulements et utiliser les équations du mouvement pour expliquer la quasi-géostrophie, l'agéostrophie ainsi que la structure et la propagation des ondes dans l'atmosphère;
- Décrire et expliquer la base scientifique, les caractéristiques et les limites de la prévision numérique du temps pour la prévision à courte, moyenne et longue échéance et expliquer les applications de la prévision numérique du temps.

(Règlement technique (OMM-N° 49), Volume I, appendice A)

#### 3.2.1 **Dynamique de l'atmosphère**

##### Résultats attendus de la formation

L'intéressé doit pouvoir maîtriser les notions suivantes:

- **Équations décrivant les courants atmosphériques à grande échelle:** Expliquer les principes physiques des équations décrivant les courants atmosphériques à grande échelle (équations primitives), notamment en calculant les forces apparentes et réelles qui agissent sur un fluide dans un référentiel tournant et en formulant l'équation horizontale du mouvement;
- **Coordonnées de la pression:** Mettre sous forme de coordonnées de la pression les équations primitives qui déterminent l'évolution des courants atmosphériques à grande échelle et énoncer les avantages de l'emploi de ce système de coordonnées;
- **Analyse d'échelle et courants équilibrés:** Appliquer l'analyse d'échelle pour déterminer les processus dominants qui opèrent dans divers exemples d'écoulement de fluides et calculer les équations qui décrivent les courants équilibrés (y compris les courants inertiels, cyclostrophiques, géostrophiques et de gradient), l'équilibre hydrostatique et l'équilibre des vents thermiques;
- **Mouvement agéostrophique:** Expliquer, au moyen des équations du mouvement, les causes et les conséquences de l'écoulement agéostrophique, y compris l'effet de la friction;
- **Tourbillon et divergence:** Expliquer les notions de divergence, de tourbillon et de tourbillon potentiel, expliquer les mécanismes qui produisent des changements dans ces paramètres et préciser le rapport entre divergence dans le vent horizontal et mouvement vertical;
- **Écoulement quasi géostrophique:** Expliquer les approximations et les hypothèses employées pour établir le système quasi géostrophique d'équations, présenter le calcul de la tendance géopotentielle et des équations oméga, donner une interprétation physique des termes de forçage dans ces équations et utiliser ces dernières pour expliquer la distribution du mouvement vertical et la tendance géopotentielle dans un système barocline en développement;

- **Ondes de l'atmosphère:** Utiliser des formes approximatives des équations décrivant l'écoulement des fluides pour décrire la structure et la propagation des ondes sonores, des ondes de gravité et des ondes de Rossby;
- **Instabilité barocline et barotrope:** Expliquer le modèle conceptuel utilisé pour décrire l'instabilité barocline et barotrope.

### 3.2.2 **Prévision numérique du temps**

#### **Résultats attendus de la formation**

L'intéressé doit pouvoir maîtriser les notions suivantes:

- **Assimilation des données de prévision numérique du temps:** Expliquer comment les informations émanant de réseaux et de systèmes d'observation sont obtenues et élaborées pour être utilisées dans un modèle de prévision numérique du temps et présenter les principes sur lesquels reposent l'analyse objective, l'assimilation des données (y compris en 3D-Var et 4D-Var) et leur initialisation;
- **Modèles de prévision numérique du temps:** Décrire les principaux éléments d'un modèle de prévision numérique du temps (y compris les variables pronostiques, les lois physiques et la façon dont les processus physiques sont paramétrés) et expliquer la différence entre les divers types de modèles (par exemple les modèles spectraux par rapport aux modèles à points de grille et les modèles hydrostatiques par rapport aux modèles non hydrostatiques);
- **Points forts et points faibles de la prévision numérique du temps:** Déterminer les points forts et les points faibles de la prévision numérique du temps et expliquer pourquoi la prévisibilité atmosphérique a des limites;
- **Prévision d'ensemble:** Décrire les principes de la prévision d'ensemble et comment l'utiliser pour des prévisions à courte, moyenne et longue échéance;
- **Prévisions mensuelles à saisonnières:** Expliquer la base scientifique des prévisions mensuelles, saisonnières et intra-annuelles;
- **Réduction d'échelle:** Décrire les techniques utilisées pour produire des informations régionales détaillées concernant l'atmosphère en se fondant sur des sorties de modèles mondiaux;
- **Post-traitement et applications:** Décrire les techniques utilisées pour procéder au post-traitement des résultats de la prévision numérique du temps (par exemple en utilisant des statistiques de sorties de modèles) et certaines des applications fondées sur les résultats de la prévision numérique du temps (par exemple modèles d'ondes et de rendement des cultures).

### 3.3 **Météorologie synoptique et à moyenne échelle**

Après avoir atteint les résultats attendus de la formation en météorologie synoptique et à moyenne échelle, l'intéressé doit pouvoir:

- a) Décrire et expliquer, par les principes de la physique et de la dynamique, la formation, l'évolution et les caractéristiques des systèmes météorologiques d'échelle synoptique (y compris les phénomènes extrêmes ou dangereux) dans les régions des latitudes moyennes et les régions polaires et dans les régions tropicales, et évaluer les limites des théories et des modèles conceptuels relatifs à ces systèmes;
- b) Décrire et expliquer, par les principes de la physique et de la dynamique, la formation, l'évolution et les caractéristiques des phénomènes convectifs et

de moyenne échelle (y compris les phénomènes extrêmes ou dangereux) et évaluer les limites des théories et des modèles conceptuels relatifs à ces phénomènes;

- c) Suivre et observer la situation météorologique et utiliser des données en temps réel ou des données anciennes, y compris des données satellite et radar, pour élaborer des analyses et établir des prévisions de base;
- d) Décrire la prestation de services du point de vue de la nature, de l'utilisation et des avantages des principaux produits et services, notamment les messages d'alerte et l'évaluation des risques liés aux conditions météorologiques.

(*Règlement technique* (OMM-N° 49), Volume I, appendice A)

### 3.3.1 **Systemes météorologiques des latitudes moyennes et des régions polaires**

#### Résultats attendus de la formation

L'intéressé doit pouvoir maîtriser les notions suivantes:

- **Systemes météorologiques:** Expliquer dans quelle mesure les systèmes météorologiques des latitudes moyennes et des régions polaires diffèrent de ceux des tropiques;
- **Modification de masses d'air:** Expliquer comment des masses d'air peuvent être modifiées par l'environnement, les caractéristiques résultantes de l'air et les façons dont ces modifications peuvent influencer sur le temps dans d'autres régions du monde en raison des mouvements de l'air;
- **Fronts:** Se fonder sur les connaissances relatives aux processus physiques pour décrire les caractéristiques des fronts chauds, froids et stationnaires et occlus, les rapports de ces fronts avec les champs synoptiques et l'aspect tridimensionnel des limites des fronts;
- **Dépressions des latitudes moyennes:** Expliquer, par les principes de la physique et de la dynamique, le cycle des dépressions des latitudes moyennes selon le modèle norvégien, et notamment la structure tridimensionnelle d'une dépression en développement et le déplacement de l'air dans la dépression;
- **Rapides de courants-jets et courants-jets:** Expliquer, par les principes de la physique et de la dynamique, le développement, la structure et l'impact des rapides de courants-jets et le rapport entre les courants-jets et l'apparition de dépressions des latitudes moyennes;
- **Mouvements verticaux d'échelle synoptique:** Diagnostiquer les mouvements verticaux d'échelle synoptique dans les systèmes météorologiques des latitudes moyennes (par exemple en envisageant les mouvements agéostrophiques selon la théorie de Petterssen ou de Sutcliffe ou en appliquant l'équation oméga);
- **Cyclogénèse:** Expliquer, au moyen des processus dynamiques, la cyclogénèse et les facteurs contribuant à une cyclogénèse explosive;
- **Structure frontale et frontogénèse:** Expliquer la structure et les caractéristiques dynamiques des fronts, le rapport entre frontogénèse et mouvement vertical et les processus provoquant une frontogénèse en altitude;
- **Systemes météorologiques polaires:** Expliquer les caractéristiques et la formation des systèmes météorologiques polaires, y compris les vents catabatiques, les «barrier winds» et les dépressions polaires;

- **Conditions météorologiques extrêmes:** Décrire les conditions météorologiques, en particulier tout phénomène extrême ou dangereux, qui peuvent être associés aux systèmes météorologiques des latitudes moyennes et des régions polaires, ainsi que l'incidence probable de ces conditions;
- **Limites des modèles conceptuels:** Analyser des phénomènes météorologiques récents ou anciens en vue d'apprécier dans quelle mesure les théories et les modèles conceptuels des systèmes météorologiques des latitudes moyennes et des régions polaires s'approchent de la réalité.

### 3.3.2 ***Systèmes météorologiques tropicaux***

#### **Résultats attendus de la formation**

L'intéressé doit pouvoir maîtriser les notions suivantes:

- **Circulation générale dans les tropiques:** Décrire la circulation générale dans les tropiques et ses variations saisonnières selon la température, le vent zonal, la circulation méridienne, l'humidité et la pression au niveau de la mer;
- **Principales perturbations tropicales:** Décrire les principales perturbations tropicales et leur variabilité dans le temps, y compris la zone de convergence intertropicale (ZCIT), les ondes tropicales, l'inversion des alizés, les alizés, les courants-jets tropicaux et subtropicaux, les amas nuageux, les lignes de grains, les dépressions tropicales, les dorsales subtropicales et les anticyclones d'altitude;
- **Analyse des écoulements tropicaux:** Décrire les techniques employées pour analyser les écoulements tropicaux, notamment les lignes de courant et les isotaches, et déterminer les zones de convergence et de divergence;
- **Systèmes météorologiques:** Expliquer dans quelle mesure les systèmes météorologiques tropicaux diffèrent de ceux des latitudes moyennes et des régions polaires;
- **Ondes tropicales:** Décrire les divers types d'ondes tropicales (y compris les ondes de Kelvin, les ondes équatoriales de Rossby et l'oscillation de Madden-Julian) et leurs rapports avec la convection organisée et la cyclogénèse;
- **Cyclones tropicaux:** Expliquer, par les principes de la physique et de la dynamique, la structure et les caractéristiques des cyclones tropicaux, les principaux processus dynamiques à l'origine de leur apparition et les techniques employées pour prévoir leur apparition et leur évolution;
- **Moussons:** Expliquer, par les principes de la physique et de la dynamique, la structure et les caractéristiques des moussons et les principaux processus dynamiques qui régissent leur apparition;
- **Couplage océan-atmosphère:** Décrire le rôle du couplage océan-atmosphère en mettant l'accent sur la base théorique et l'impact du phénomène El Niño-oscillation australe;
- **Conditions météorologiques extrêmes:** Décrire les conditions météorologiques, en particulier tout phénomène extrême ou dangereux, qui peuvent être associés aux systèmes météorologiques tropicaux (notamment les cyclones tropicaux et les moussons) ainsi que l'impact probable de ces conditions;
- **Limites des modèles conceptuels:** Analyser des phénomènes météorologiques récents ou anciens en vue d'apprécier dans quelle mesure les théories et les modèles conceptuels des systèmes tropicaux s'approchent de la réalité.

### 3.3.3 ***Systèmes météorologiques de moyenne échelle***

#### **Résultats attendus de la formation**

L'intéressé doit pouvoir maîtriser les notions suivantes:

- **Systèmes de moyenne échelle:** Décrire les échelles spatiale et temporelle associées aux phénomènes à moyenne échelle et les différences que présentent les processus dynamiques qui régissent les systèmes de moyenne échelle et d'échelle synoptique;
- **Caractéristiques de moyenne échelle associées aux dépressions:** Expliquer les caractéristiques de moyenne échelle associées aux dépressions (bandes nuageuses, lignes sèches, fronts de rafales, lignes de grains, etc.);
- **Ondes de gravité:** Expliquer, par les principes de la physique et de la dynamique, la structure et la formation des ondes de gravité à moyenne échelle;
- **Systèmes convectifs:** Expliquer, par les principes de la physique et de la dynamique, la structure et la formation de systèmes convectifs isolés tels que les orages et les tempêtes convectives (notamment unicellulaires, multicellulaires et à cellules géantes);
- **Systèmes convectifs de moyenne échelle:** Expliquer, par les principes de la physique et de la dynamique, la structure et la formation des systèmes convectifs de moyenne échelle;
- **Phénomènes orographiques de moyenne échelle:** Expliquer, par les principes de la physique et de la dynamique, la structure et la formation des phénomènes orographiques de moyenne échelle (par exemple ondes sous le vent, tourbillons d'aval, vents ascendants et descendants, brises de vallée, écoulement dans les cols et dépressions sous le vent);
- **Conditions météorologiques extrêmes:** Décrire les conditions météorologiques, en particulier tout phénomène extrême ou dangereux, qui peuvent être associées aux phénomènes convectifs et de moyenne échelle, ainsi que l'incidence probable de ces conditions;
- **Limites des modèles conceptuels:** Analyser des phénomènes météorologiques récents ou anciens en vue d'apprécier dans quelle mesure les théories et les modèles conceptuels des phénomènes convectifs et de moyenne échelle s'approchent de la réalité.

### 3.3.4 ***Observation, analyse et diagnostic du temps***

#### **Résultats attendus de la formation**

L'intéressé doit pouvoir maîtriser les notions suivantes:

- **Surveillance et observation du temps:** Observer le temps, faire des observations de base en surface au moyen d'instruments à lecture à distance et à lecture directe et en procédant à des évaluations visuelles (notamment en observant les types de nuages, la nébulosité et le type de temps), expliquer les fondements de ces évaluations et décrire les causes sous-jacentes des divers phénomènes météorologiques visibles depuis la surface du globe;
- **Traitement des données d'observation:** Indiquer comment s'effectuent le contrôle de la qualité, le codage et la transmission des observations;
- **Analyse et interprétation synoptiques:** Analyser et interpréter des cartes synoptiques et des sondages figurant sur un diagramme thermodynamique et indiquer les limites des données d'observation utilisées dans les analyses;

- **Interprétation de données radar:** Interpréter des images radar courantes en faisant appel notamment à des accentuations et à des images animées pour repérer les caractéristiques associées à des processus convectifs et de moyenne échelle;
- **Interprétation d'images satellitaires:** Interpréter des images satellitaires, notamment en faisant appel à des longueurs d'ondes courantes (infrarouge, spectre visible, vapeur d'eau et proche infrarouge), à des accentuations et à des images animées, pour repérer les types de nuages et leur configuration, les systèmes synoptiques et de moyenne échelle et les caractéristiques spéciales (brouillard, sable, cendres volcaniques, poussière, incendies, etc.);
- **Intégration de données traditionnelles et de télédétection:** Intégrer des données de télédétection et des observations synoptiques pour repérer des systèmes synoptiques et de moyenne échelle et diagnostiquer la situation météorologique en établissant un rapport entre les caractéristiques des images radar et satellitaires et les caractéristiques observées à partir d'autres sources;
- **Collaboration internationale:** Définir le rôle de la collaboration internationale dans la réalisation et l'échange d'observations, en mettant l'accent sur la Veille météorologique mondiale, le Système mondial d'observation de l'OMM et le Système d'information de l'OMM (y compris le Système mondial de télécommunications).

### 3.3.5 **Prévision du temps**

#### **Résultats attendus de la formation**

L'intéressé doit pouvoir maîtriser les notions suivantes:

- **Météo locale:** Décrire les facteurs qui influent sur la météo locale (par exemple les effets de l'orographie et des grandes masses d'eau sur les nuages et les précipitations ou les effets des divers types de sols);
- **Processus de prévision:** Décrire les principaux éléments du processus de prévision, y compris l'observation, l'analyse, le diagnostic, le pronostic, l'élaboration des produits, la diffusion des produits et la vérification des produits;
- **Types de méthode de prévision:** Expliquer les avantages et les inconvénients de l'élaboration de prévisions fondées sur la persistance, l'extrapolation et la prévision numérique du temps et décrire le rôle du prévisionniste;
- **Modèles conceptuels:** Appliquer des modèles conceptuels à l'élaboration de prévisions à courte échéance et à l'interprétation de prévisions à plus longue échéance;
- **Prévisions pratiques:** Associer des informations de diverses sources pour expliquer l'état actuel du temps et utiliser des techniques de prévision de base, y compris l'interprétation des résultats de la prévision numérique du temps, pour prévoir des variables atmosphériques (comme les températures maximales et minimales, le vent et le type et l'intensité des précipitations) à un endroit donné.

### 3.3.6 **Prestation de services**

#### **Résultats attendus de la formation**

L'intéressé doit pouvoir maîtriser les notions suivantes:

- **Fonction des Services météorologiques nationaux:** Décrire la fonction des Services météorologiques nationaux s'agissant de l'observation et de la prévision du temps ainsi que le rôle d'autres prestataires de services;

- **Prestation de services:** Communiquer des informations météorologiques correspondant aux besoins des utilisateurs, verbalement ou par écrit, en utilisant des approches déterministes et probabilistes;
- **Produits et services clés:** Décrire les produits et les services clés (y compris les avis de conditions météorologiques dangereuses) qui sont fondés sur les renseignements relatifs au temps observé et prévu et qui sont communiqués au public et à d'autres utilisateurs, et indiquer comment ces produits et services sont utilisés (par exemple pour la prise de décisions et la gestion des risques);
- **Conditions météorologiques dangereuses:** Indiquer jusqu'à quel point les systèmes météorologiques dangereux se manifestant dans la zone de responsabilité peuvent être prévus et expliquer l'importance d'évaluer les risques d'apparition de conditions météorologiques dangereuses, de diffuser rapidement des alertes fiables et de comprendre les incidences éventuelles de ces phénomènes sur la société;
- **Qualité des produits et des services:** Expliquer les techniques de base utilisées pour évaluer la qualité des produits et des services;
- **Coûts et avantages des services météorologiques:** Déterminer les incidences économiques et sociales que les services météorologiques peuvent avoir dans un pays et dans les principaux secteurs utilisateurs.

### 3.4 Climatologie

Après avoir atteint les résultats attendus de la formation en climatologie, l'intéressé doit pouvoir:

- a) Décrire et expliquer la circulation générale et le système climatique du globe du point de vue des processus physiques et dynamiques en jeu et indiquer les principaux produits et services fondés sur l'information climatologique, l'incertitude qui leur est inhérente et leur utilisation;
- b) Expliquer, par les principes de la physique et de la dynamique, les mécanismes à l'origine de la variabilité et de l'évolution du climat (y compris l'influence des activités humaines), décrire leurs incidences – qu'il s'agisse des modifications possibles de la circulation générale et des éléments météorologiques fondamentaux ou des effets potentiels sur la société –, exposer dans leurs grandes lignes les stratégies d'adaptation et d'atténuation qui peuvent être mises en œuvre et décrire les applications des modèles climatiques.

(Règlement technique (OMM-N° 49), Volume I, appendice A)

#### 3.4.1 Circulation générale, climats et services climatologiques

##### Résultats attendus de la formation

L'intéressé doit pouvoir maîtriser les notions suivantes:

- **Éléments du système terrestre:** Décrire les principaux éléments du système terrestre (atmosphère, océans, terres émergées, cryosphère et croûte terrestre);
- **Climat et temps:** Décrire le climat et indiquer en quoi il diffère du temps;
- **Données climatologiques:** Indiquer comment on mesure le climat, en évoquant l'incertitude inhérente aux données climatologiques, comment on analyse ces données à l'aide de statistiques et comment on peut mesurer le climat grâce à la télédétection;
- **Cycles:** Décrire les principales caractéristiques du cycle de l'énergie, du cycle hydrologique, du cycle du carbone et du cycle de l'azote;



- **Caractéristiques de la circulation générale:** Expliquer les principales caractéristiques de la circulation générale de l'atmosphère et des océans, en se fondant sur la compréhension des processus physiques et dynamiques en jeu, et décrire le bilan énergétique mondial et le rôle de l'atmosphère et des océans dans l'atténuation des différences de réchauffement radiatif entre l'équateur et les pôles;
- **Climats régionaux et locaux:** Évaluer les facteurs qui déterminent les climats régionaux et locaux;
- **Classification et description des climats:** Présenter les techniques de classification des climats, les principes qui sous-tendent ces techniques ainsi que la signification de variables statistiques standard et leur utilisation pour décrire les climats;
- **Climat local:** Décrire la climatologie et les variations saisonnières de la zone de responsabilité ainsi que la façon d'obtenir et de diffuser des informations climatologiques;
- **Principaux produits et services:** Décrire les principaux produits et services fondés sur les informations climatologiques qui sont fournis au public et à d'autres utilisateurs, présenter leurs incertitudes inhérentes et indiquer comment ces produits et services sont utilisés (par exemple pour la prise de décisions et la gestion des risques).

### 3.4.2 **Variabilité et évolution du climat**

#### **Résultats attendus de la formation**

L'intéressé doit pouvoir maîtriser les notions suivantes:

- **Données utilisées pour l'évaluation des variations du climat:** Décrire la source et le traitement des données utilisées pour reconstituer des paléoclimats et pour évaluer les changements climatiques et les variations de la composition de l'atmosphère;
- **Variations observées du climat:** Indiquer comment le climat a changé ces dernières années compte tenu des variations qui se sont produites par le passé et décrire les techniques utilisées pour déterminer les causes de ces changements;
- **Interactions atmosphère-océans:** Décrire les diverses façons dont l'atmosphère influe sur les océans et réciproquement;
- **Variabilité du climat:** Expliquer, par les principes de la physique et de la dynamique, les causes de la variabilité du climat d'origine interne (en donnant des exemples de téléconnexions et d'anomalies et en précisant les effets climatiques de grands régimes tels que l'oscillation de Madden-Julian, l'oscillation nord-atlantique et le phénomène El Niño-oscillation australe);
- **Évolution du climat:** Expliquer, par les principes de la physique et de la dynamique, les causes des changements climatiques dus à un forçage externe (y compris l'influence des activités humaines) ainsi que les sources d'incertitude dans la compréhension de ces causes;
- **Incidence, adaptation et atténuation:** Déterminer les principales incidences de la variabilité et de l'évolution du climat et exposer dans leurs grandes lignes les stratégies d'adaptation et d'atténuation qui sont adoptées pour faire face aux changements en cours et projetés;
- **Modèles climatiques:** Expliquer les différences entre les modèles climatiques et ceux utilisés pour la prévision du temps, préciser les raisons des incertitudes propres aux



prévisions climatiques, indiquer comment on peut vérifier la pertinence de ces prévisions et expliquer pourquoi il y a des différences entre les prévisions statistiques intra-annuelles et les prévisions des modèles climatiques.

---

## **PARTIE III. PROGRAMME D'ENSEIGNEMENT DE BASE POUR LES TECHNICIENS EN MÉTÉOROLOGIE**

Cette partie commence par un aperçu des objectifs du PEB-TM suivi d'une définition des résultats attendus de la formation dans les matières fondamentales. Le reste de la partie III porte sur les résultats de l'enseignement des principes de base de la météorologie physique et dynamique, de la météorologie synoptique et de la climatologie ainsi que sur les résultats de l'enseignement relatif aux instruments et aux méthodes d'observation météorologiques.

### **1. INTRODUCTION**

Le PEB-TM a pour objectif global de permettre aux intéressés d'acquérir des connaissances de base au sujet des phénomènes et des processus atmosphériques ainsi que les aptitudes nécessaires à l'application de ces connaissances.

Pour répondre aux exigences du PEB-TM, l'intéressé doit acquérir les connaissances et compétences suivantes:

- Des connaissances de base sur les principes physiques et les interactions atmosphériques, les méthodes de mesure et d'analyse des données, les systèmes atmosphériques ainsi que la circulation générale de l'atmosphère et les variations climatiques;
- La capacité d'appliquer ces connaissances pour l'observation et la surveillance de l'atmosphère et l'interprétation de diagrammes et produits météorologiques couramment utilisés.

Le PEB-TM vise à inculquer aux intéressés les connaissances, les compétences et la confiance nécessaires au développement de leur savoir-faire et à leur fournir les bases requises pour une spécialisation ultérieure.

Les personnes qui souhaitent travailler dans des domaines tels que l'observation du temps, la surveillance du climat, la gestion de réseaux ou la fourniture d'informations et de produits météorologiques aux utilisateurs doivent suivre un enseignement et une formation complémentaires pour acquérir les compétences professionnelles requises. En outre, elles devraient continuer à améliorer leurs connaissances et leurs aptitudes en suivant des cours de perfectionnement professionnel tout au long de leur carrière.

### **2. MATHÉMATIQUES, PHYSIQUE ET MATIÈRES COMPLÉMENTAIRES – NOTIONS FONDAMENTALES**

Après avoir atteint les résultats attendus de la formation dans les matières fondamentales, l'intéressé doit pouvoir:

- a) Démontrer qu'il a les connaissances en mathématiques et en physique nécessaires pour suivre avec succès les composantes météorologiques du Programme d'enseignement de base pour les techniciens en météorologie;
- b) Démontrer qu'il a les connaissances dans d'autres disciplines scientifiques et domaines connexes qui complètent les compétences en météorologie prises en compte dans le Programme d'enseignement de base pour les techniciens en météorologie;
- c) Analyser et utiliser les données et communiquer et présenter l'information.

*(Règlement technique (OMM-N° 49), Volume I, annexe A)*

Les connaissances de base peuvent être acquises grâce à l'une ou plusieurs des approches suivantes:

- Assimilation d'un programme d'études portant sur les sujets fondamentaux dans une école ou un établissement d'enseignement supérieur suivi d'une formation dans un établissement où l'on étudie les sciences de l'atmosphère;
- Suivi d'un programme d'introduction aux matières fondamentales dans le même établissement où sont étudiés les sujets de météorologie générale;
- Intégration des connaissances de base dans les matières fondamentales à l'étude des sujets de météorologie générale.

## 2.1 **Mathématiques**

### Résultats attendus de la formation

L'intéressé doit pouvoir maîtriser les notions suivantes:

- **Trigonométrie:** Définir le sinus, le cosinus et la tangente, indiquer leur rapport avec leurs fonctions inverses et maîtriser les équations trigonométriques de base;
- **Logarithmes et exponentielles:** Maîtriser les logarithmes et les exponentielles;
- **Vecteurs:** Ajouter et soustraire des vecteurs et multiplier un vecteur par un scalaire;
- **Algèbre:** Maîtriser les équations polynomiales et résoudre des équations algébriques de base, y compris des équations quadratiques;
- **Géométrie:** Calculer la superficie de triangles rectangles et isocèles, la circonférence et la superficie de cercles et l'aire et le volume de parallélépipèdes rectangles, de cylindres et de sphères et indiquer le rapport entre les radians et les degrés;
- **Géométrie analytique:** Interpréter la pente et l'interception d'un graphe linéaire, reconnaître des courbes standard telles que les paraboles, les ellipses et les hyperboles et transformer des systèmes à coordonnées cartésiennes en systèmes à coordonnées polaires ou réciproquement;
- **Statistiques:** Choisir des façons adéquates d'afficher des données statistiques et d'interpréter les résultats, utiliser diverses mesures de la tendance centrale (moyenne, médiane et mode) et de la variance (intervalle, intervalle interquartile et écart-type) et expliquer les notions d'échantillonnage, de régression linéaire par les moindres carrés, de corrélation, de distribution normale, de percentiles et de vérification des hypothèses.

## 2.2 **Physique**

### Résultats attendus de la formation

L'intéressé doit pouvoir maîtriser les notions suivantes:

- **Cinématique:** Résoudre des problèmes en utilisant les équations donnant le rapport entre distance, vitesse, accélération et temps pour un mouvement uniformément accéléré en ligne droite;
- **Dynamique:** Résoudre des problèmes de base a) lorsqu'un système est en équilibre, b) en utilisant la deuxième loi du mouvement de Newton et c) en faisant appel au principe de la conservation de la quantité de mouvement;

- **Travail, énergie et puissance:** Expliquer les notions de travail, d'énergie cinétique, d'énergie potentielle, et d'énergie interne et résoudre des problèmes en faisant appel au principe de la conservation de l'énergie et au rapport entre puissance, travail et force;
- **Mouvements circulaires:** Expliquer le principe de l'accélération centripète et décrire des orbites circulaires en mettant en rapport la force de gravitation et l'accélération centripète;
- **Phases de la matière:** Décrire les différences physiques entre solides, liquides et gaz, expliquer la notion de chaleur latente associée à un changement de phase et décrire le processus associé aux changements de phase en mettant l'accent sur la condensation et l'évaporation;
- **Température et chaleur:** Expliquer les notions de température et de chaleur, indiquer comment on peut utiliser les propriétés physiques d'une substance qui varie avec la température pour mesurer la température et indiquer comment la chaleur est transportée par conduction, convection et rayonnement;
- **Thermodynamique et théorie cinétique des gaz:** Résoudre des problèmes en utilisant l'équation d'état d'un gaz idéal, décrire qualitativement la première loi de la thermodynamique, expliquer ce qu'on entend par processus adiabatique en mettant l'accent sur l'expansion adiabatique d'un gaz et décrire les notions qui sous-tendent la théorie cinétique des gaz;
- **Oscillations et ondes:** Décrire les propriétés des oscillations et des ondes et expliquer ce qu'est un mouvement harmonique simple, résoudre des problèmes en faisant appel au rapport entre vitesse, fréquence et longueur d'onde pour les ondes et expliquer la différence entre ondes longitudinales et ondes transversales ainsi que les notions de réflexion, de réfraction, de diffraction et d'interférence;
- **Rayonnement électromagnétique:** Indiquer les caractéristiques du rayonnement électromagnétique et les principales caractéristiques du spectre électromagnétique, décrire les processus de réflexion, d'absorption et de diffusion du rayonnement (y compris la réflexion et la réfraction de la lumière), indiquer ce qu'on entend par corps noir et présenter les conséquences de la loi de Stefan-Boltzmann et de la loi de Wien;
- **Électricité et induction électromagnétique:** Décrire la base physique de l'intensité, de la tension et de la résistance, indiquer comment on mesure ces quantités, résoudre des problèmes de circuits (notamment ceux qui comprennent une ou deux résistances) en faisant appel à la loi d'Ohm et aux lois de Kirchhoff et décrire le processus de l'induction électromagnétique.

### 2.3 Matières complémentaires

#### Résultats attendus de la formation

L'intéressé doit pouvoir maîtriser les notions suivantes:

##### a) Autres sciences et sujets connexes

- **Contexte historique:** Indiquer les progrès scientifiques et techniques qui ont contribué à l'avancement de la météorologie et de ses applications;
- **Océanographie de base:** Décrire la circulation générale et la structure thermique des océans et indiquer comment s'effectuent les mesures de la température, de la salinité et de l'état de la mer;
- **Hydrologie de base:** Décrire le cycle hydrologique en indiquant les facteurs essentiels qui déterminent l'écoulement, les ressources en eau souterraine et de surface et

le bilan hydrique et indiquer comment on effectue des mesures hydrologiques (précipitations, évaporation, humidité du sol, écoulement des cours d'eau, eaux souterraines, etc.);

- **Géographie de base:** Décrire les principales caractéristiques géographiques de la zone de responsabilité, et notamment le terrain local.

#### b) Communications

- **Communications écrites:** Rédiger des communications écrites dans un délai donné, de façon concise, précise et compréhensible, notamment en faisant appel au traitement de texte et à des programmes de présentation;
- **Présentations orales:** Faire des exposés dans un délai donné, dont le contenu et le style permettent de transmettre de façon précise des informations que l'auditoire puisse comprendre.

#### c) Analyse et utilisation de données

- **Programmation:** Faire appel aux principes fondamentaux de la programmation informatique et réaliser un programme informatique de base;
- **Traitement de données:** Procéder au traitement de données et à des analyses statistiques en utilisant des tableurs et des bases de données;
- **Accès à des informations et obtention d'informations:** Trouver des informations météorologiques en consultant bibliothèques et bases de données et en effectuant des recherches sur Internet;
- **Création et publication de documents en ligne:** Créer, publier et mettre à jour une page Web de base.

### 3. SUJETS DE MÉTÉOROLOGIE GÉNÉRALE

Les résultats attendus de la formation en météorologie générale se répartissent dans les grandes catégories de connaissances suivantes:

- Météorologie physique et dynamique – Principes de base;
- Météorologie synoptique et à moyenne échelle – Principes de base;
- Climatologie – Principes de base;
- Instruments et méthodes d'observation météorologiques.

Il est à noter cependant que ce classement n'indique pas la structure d'un programme d'études. Il existe de nombreuses façons de structurer un programme pour que tous les résultats de la formation soient atteints. Par exemple:

- Les résultats attendus dans plusieurs matières peuvent être répartis différemment (par exemple certains de ces résultats classés dans la catégorie «Météorologie physique et dynamique – Principes de base» peuvent être couverts dans le cadre de l'enseignement des principes de base de la météorologie synoptique et vice versa);
- Les résultats attendus de la formation dans une matière donnée peuvent être visés dans plusieurs modules du programme d'études de façon plus détaillée que ce qui est nécessaire pour la qualification minimale (comme dans l'exemple de modules distincts pour la thermodynamique et la dynamique);

- Les résultats attendus de la formation peuvent être considérés de façon de plus en plus détaillée à mesure que le programme d'études progresse (il peut y avoir par exemple un module initial sur l'introduction à la météorologie, certains sujets étant traités plus en détail ultérieurement);
- Les résultats attendus de la formation peuvent être atteints dans le cadre d'un programme d'études visant à préparer les participants à remplir un rôle particulier (par exemple un cours visant principalement à former des observateurs peut viser tous les résultats attendus dans le cadre du PEB-TM, en plus de développer des aptitudes plus pratiques).

La priorité de chaque établissement est de mettre en place un programme d'études tenant compte de ce qui suit: les connaissances préalables des participants, la meilleure façon de structurer le programme pour répondre aux besoins locaux et l'objectif de l'ensemble du programme, qui peut aller au-delà de ce qui est nécessaire pour atteindre les résultats indiqués ici.

### 3.1 **Météorologie physique et dynamique – Principes de base**

Après avoir atteint les résultats attendus de l'enseignement des principes de base de la météorologie physique et dynamique, l'intéressé doit pouvoir:

- Expliquer les processus physiques et dynamiques de base qui ont lieu dans l'atmosphère;
- Expliquer les principes physiques sur lesquels reposent les instruments servant à mesurer les paramètres atmosphériques.

*(Règlement technique (OMM-N° 49), Volume I, appendice A)*

#### **Résultats attendus de la formation**

L'intéressé doit pouvoir maîtriser les notions suivantes:

- **Composition et structure de l'atmosphère:** Décrire la composition de l'atmosphère et en expliquer la structure verticale;
- **Rayonnement:** Expliquer les variations diurnes, latitudinales et saisonnières du rayonnement qui atteint la surface du globe, décrire les différences entre rayonnement de courtes longueurs d'onde (solaire) et de grandes longueurs d'onde (terrestre), décrire les processus qui influent sur le rayonnement de courtes et de grandes longueurs d'onde (réflexion, diffusion et absorption du rayonnement), définir le bilan thermique de l'atmosphère terrestre, expliquer l'effet de serre, ainsi que l'influence de l'ozone sur le rayonnement ultraviolet et décrire le bilan thermique de surface et la manière dont il varie avec la latitude;
- **Pression atmosphérique:** Expliquer a) pourquoi la pression varie avec l'altitude, b) les effets de la température et de l'humidité sur les variations de pression avec l'altitude et c) pourquoi la pression est souvent réduite au niveau moyen de la mer;
- **Température de l'atmosphère:** Décrire le réchauffement et le refroidissement dus à la convection, à l'advection, aux turbulences et à l'évaporation/condensation, expliquer l'effet de la vapeur d'eau, des nuages et du vent sur la température de l'air en surface, expliquer les variations diurnes de la température de l'air en surface et indiquer les principaux facteurs qui influent sur la répartition mondiale de la température de l'air en surface;
- **Humidité de l'atmosphère:** Expliquer pourquoi l'humidité est importante et décrire les notions de tension de vapeur, de tension de vapeur saturante, de température du thermomètre mouillé, de point de rosée et d'humidité relative ainsi que les facteurs qui influent sur le taux de l'évaporation;

- **Stabilité de l'atmosphère:** Indiquer les causes des variations de la stabilité de l'atmosphère, expliquer les notions de gradient adiabatique sec, de gradient adiabatique saturé et de gradient environnemental, décrire divers types de stabilité (par exemple absolue, conditionnelle ou indifférente) et expliquer le rôle de l'inversion de température et comment la stabilité et l'instabilité apparaissent;
- **Vents:** Expliquer pourquoi les vents apparaissent, décrire la force de pression et la force de Coriolis, expliquer les notions de vent géostrophique et de vent du gradient, indiquer l'effet de la friction sur le vent et expliquer les causes des vents locaux courants liées à la topographie (par exemple brises de mer et de terre, fœhn et vents catabatiques et anabatiques);
- **Nuages, précipitations et orages:** Expliquer pourquoi l'ascendance mène à la formation de nuages, décrire les principaux mécanismes de formation des nuages, les processus qui produisent des précipitations ainsi que les processus déclenchant des orages et leur cycle d'évolution;
- **Rosée, gelées et brouillard:** Décrire les facteurs qui influent sur la visibilité, expliquer la formation de la rosée et des gelées et les causes du brouillard en mettant l'accent sur le brouillard de rayonnement et d'advection;
- **Optique et électricité de l'atmosphère:** Expliquer la formation des arcs-en-ciel et des halos, le ciel bleu et les éclairs.

### 3.2 **Météorologie synoptique et à moyenne échelle – Principes de base**

Après avoir atteint les résultats attendus de l'enseignement des principes de base de la météorologie synoptique et à moyenne échelle, l'intéressé doit pouvoir:

- a) Décrire la formation, l'évolution et les caractéristiques des systèmes météorologiques d'échelle synoptique et de moyenne échelle des régions tropicales, des latitudes moyennes et des régions polaires et analyser des observations météorologiques;
- b) Décrire le processus de prévision et l'utilisation qui est faite des produits et services correspondants.

(Règlement technique (OMM-N° 49), Volume I, appendice A)

#### **Résultats attendus de la formation**

L'intéressé doit pouvoir maîtriser les notions suivantes:

- **Conditions météorologiques en un endroit donné:** Expliquer dans quelle mesure le temps observé en un endroit donné est une association d'effets agissant à différentes échelles spatiales et temporelles;
- **Masses d'air:** Décrire et expliquer l'origine, les caractéristiques, les mouvements et les modifications des masses d'air;
- **Systèmes météorologiques des latitudes moyennes et des régions polaires:** Décrire a) les caractéristiques des dépressions, des anticyclones, des thalwegs et des dorsales ainsi que le temps correspondant, en mettant l'accent sur les systèmes observés dans la zone de responsabilité; b) les caractéristiques des fronts chauds, froids et occlus ainsi que le temps associé à leur passage; et c) le rapport entre courants-jets et systèmes météorologiques;
- **Principales perturbations tropicales:** Décrire les principales perturbations tropicales et le temps qui leur est associé, y compris la zone de convergence intertropicale, les dépressions tropicales, les moussons et le phénomène El Niño-oscillation australe;

- **Systèmes de moyenne échelle:** Décrire la formation et les caractéristiques des phénomènes importants de moyenne échelle qui influent sur la zone de responsabilité;
- **Conditions météorologiques dangereuses:** Décrire la formation et les caractéristiques des systèmes météorologiques dangereux (par exemple orages et cyclones tropicaux) qui affectent la zone de responsabilité, indiquer dans quelle mesure on peut les prévoir et préciser leurs incidences sur la société;
- **Diagrammes de la pression en surface:** Repérer les principales caractéristiques synoptiques sur des diagrammes de la pression en surface et sur les images satellitaires et radar connexes et décrire le temps typiquement associé à ces caractéristiques;
- **Diagrammes d'observation en altitude:** Décrire divers types de diagrammes d'observation en altitude, y compris des cartes d'altitude pour des surfaces à pression constante, décrire les principales caractéristiques synoptiques des diagrammes ainsi que les images satellitaires et radar connexes et décrire le temps typiquement associé à ces caractéristiques;
- **Diagrammes aérologiques:** Décrire les notions physiques qui sont à la base des diagrammes aérologiques et effectuer des opérations de base sur de tels diagrammes;
- **Systèmes de visualisation et de cartographie:** Présenter les systèmes utilisés couramment dans le cadre des services météorologiques pour afficher des données et tracer des cartes et élaborer des produits et services à l'intention des utilisateurs et indiquer leurs avantages et leurs limites;
- **Processus de prévision:** Décrire le processus de prévision et les principes de la prévision numérique du temps, et interpréter les résultats de prévisions numériques opérationnelles de base;
- **Produits et services clés:** Décrire les produits et les services clés (y compris les avis de conditions météorologiques dangereuses) en se fondant sur les informations relatives aux conditions météorologiques actuelles et prévues transmises au public et à d'autres utilisateurs;
- **Fonction des Services météorologiques nationaux:** Décrire la fonction des Services météorologiques nationaux en matière d'observation et de prévision du temps et indiquer le rôle d'autres prestataires de services.

### 3.3 Climatologie – Principes de base

Après avoir atteint les résultats attendus de l'enseignement des principes de base de la climatologie, l'intéressé doit pouvoir:

- a) Décrire la circulation générale de l'atmosphère et les processus à l'origine de la variabilité et des changements climatiques;
- b) Décrire l'utilisation qui est faite des produits et des services fondés sur l'information climatologique.

(Règlement technique (OMM-N° 49), Volume I, appendice A)

#### Résultats attendus de la formation

L'intéressé doit pouvoir maîtriser les notions suivantes:

- **Caractéristiques de la circulation générale:** Expliquer les principales caractéristiques de la circulation générale de l'atmosphère et des océans et leur variabilité dans le temps (diurne, saisonnière et annuelle);
- **Climats régionaux et locaux:** Expliquer les facteurs qui déterminent les climats régionaux et locaux;



- **Classification et description des climats:** Décrire les techniques de classification des climats, notamment la méthode de Köppen;
- **Climat local:** Décrire la climatologie et les variations saisonnières propres à la zone de responsabilité ainsi que les tendances climatiques de cette zone;
- **Variabilité et évolution du climat:** Indiquer la différence entre variabilité et évolution du climat, décrire les notions de base qui sous-tendent l'effet de serre et les éléments scientifiques de base associés aux changements climatiques d'origine humaine et présenter les fondements de la prévision climatique;
- **Prévisions saisonnières:** Décrire le processus et la base scientifique de la réalisation de prévisions saisonnières;
- **Données sur le climat:** Décrire la collecte et le contrôle qualité des données sur le climat dans le cadre des services météorologiques;
- **Statistiques sur le climat:** Indiquer comment les données climatologiques sont analysées du point de vue de leur distribution (par exemple fréquence et fréquence cumulée), de leur tendance centrale et de leur variance;
- **Produits et services clés:** Décrire les produits et les services clés fondés sur les informations climatologiques qui sont transmis au public et à d'autres utilisateurs.

### 3.4 Instruments et méthodes d'observation météorologiques

Après avoir atteint les résultats attendus de la formation relative aux instruments et aux méthodes d'observation météorologiques, l'intéressé doit pouvoir:

- a) Expliquer les principes physiques sur lesquels reposent les instruments servant à mesurer les paramètres atmosphériques;
- b) Effectuer des observations météorologiques de base.

(*Règlement technique (OMM-N° 49), Volume I, appendice A*)

#### Résultats attendus de la formation

L'intéressé doit pouvoir maîtriser les notions suivantes:

- **Système mondial intégré des systèmes d'observation de l'OMM:** Décrire les principaux éléments du Système mondial d'observation de l'OMM et du Système d'information de l'OMM (y compris le Système mondial de télécommunications) qui sont utilisés pour effectuer et transmettre des observations météorologiques et environnementales connexes à l'échelle planétaire en utilisant des systèmes d'observation en surface et dans l'espace;
- **Emplacement des instruments:** Décrire les facteurs à prendre en compte pour choisir l'emplacement des instruments d'observation en surface;
- **Instruments d'observation en surface:** Expliquer les principes physiques sur lesquels reposent les instruments pour effectuer des mesures de surface de la température, de l'humidité, de la pression, des précipitations, du vent, de la hauteur des nuages, de la visibilité, de l'ensoleillement et du rayonnement (y compris les instruments placés dans les stations météorologiques automatiques), décrire comment ces instruments fonctionnent et indiquer les types d'erreurs qui peuvent se produire;
- **Hydrométéores:** Décrire les divers hydrométéores et la façon dont on les observe;
- **Nuages:** Décrire les principaux types de nuages, leurs caractéristiques, leur plage de hauteur et les phénomènes météorologiques associés;

- **Phénomènes météorologiques:** Décrire les divers phénomènes météorologiques considérés en cas d'observation visuelle en surface, indiquer leurs caractéristiques et expliquer leur formation;
  - **Surveillance et observation du temps:** Surveiller le temps, effectuer des observations en surface au moyen d'instruments à lecture directe ou à distance ainsi que des évaluations visuelles (portant notamment sur les types de nuages, la nébulosité et le type de temps) et expliquer la raison d'être de ces évaluations;
  - **Normes, contrôle de la qualité, étalonnage et comparaisons:** Décrire les normes nationales et internationales de mesure à respecter et les meilleures pratiques à observer pour contrôler la qualité des observations et pour étalonner et comparer les instruments;
  - **Observations en altitude:** Expliquer les principes physiques et les limites des instruments utilisés pour effectuer des observations en altitude;
  - **Systèmes de télédétection:** Décrire les façons dont la télédétection à partir du sol et de l'espace (notamment au moyen de satellites, radars, profileurs du vent, instruments embarqués à bord d'aéronefs, systèmes maritimes et systèmes de détection des éclairs) permet d'obtenir des informations sur l'atmosphère;
  - **Codage:** Indiquer comment les données d'observation sont codées et transmises et décrire les différences entre divers types de messages (par exemple SYNOP, SHIP, CLIMAT et METAR);
  - **Utilisation des observations:** Décrire les principaux usages des observations émanant du Système mondial intégré des systèmes d'observation de l'OMM et d'autres sources d'informations.
-

## **APPENDICE A. NIVEAUX DE CARRIÈRE DES MÉTÉOROLOGISTES ET DES TECHNICIENS EN MÉTÉOROLOGIE**

### **1. NIVEAUX DE CARRIÈRE DES MÉTÉOROLOGISTES**

#### **1.1 Niveau débutant**

Les météorologistes débutants exécutent essentiellement des tâches de routine, sous supervision et, la plupart du temps, en collaboration avec d'autres personnes. On attend d'eux une certaine autonomie personnelle dans le cadre des responsabilités établies.

#### **1.2 Niveau intermédiaire**

Les météorologistes de niveau intermédiaire ont toute une série de tâches à accomplir dans des contextes très divers, dont certaines sont complexes et inhabituelles. Pour ce faire, ils doivent être à même de mettre en pratique leurs connaissances et leurs compétences de façon intégrée et de résoudre des problèmes. On attend également d'eux une grande autonomie personnelle et le sens des responsabilités, notamment pour diriger ou guider d'autres personnes (par exemple pour diriger et gérer des services locaux d'exploitation et trouver des solutions créatives et imaginatives aux problèmes techniques et administratifs qui se posent). Certains services peuvent exiger du personnel désireux d'exercer ce type de fonction qu'il acquière des qualifications supplémentaires.

#### **1.3 Niveau supérieur**

Les météorologistes de niveau supérieur doivent pouvoir appliquer un grand nombre de principes fondamentaux et de techniques complexes dans des contextes très variés et souvent imprévisibles. Ils doivent pouvoir adapter leurs connaissances et leurs compétences à des tâches et à des situations nouvelles et faire preuve d'une grande autonomie personnelle. Ils assument souvent d'importantes responsabilités à l'égard du travail effectué par d'autres personnes, notamment pour ce qui concerne l'analyse et le diagnostic, la planification et l'exécution, le contrôle et l'évaluation, la formation et le perfectionnement. Ils peuvent être chargés d'un service ou d'un secteur. Certains services locaux peuvent exiger du personnel désireux d'exercer ce type de fonction qu'il acquière des qualifications supplémentaires.

### **2. NIVEAUX DE CARRIÈRE DES TECHNICIENS EN MÉTÉOROLOGIE**

#### **2.1 Niveau débutant**

Les techniciens débutants exécutent essentiellement des tâches de routine, sous supervision et, la plupart du temps, en collaboration avec d'autres personnes. Ils se spécialisent habituellement dans une tâche donnée (observations en surface, observations en altitude, mesure du rayonnement, traitement de données d'exploitation, par exemple).

#### **2.2 Niveau intermédiaire**

Les techniciens de niveau intermédiaire ont des fonctions courantes, mais peuvent aussi être appelés à exécuter des tâches inhabituelles exigeant une certaine autonomie personnelle, dans le cadre de prescriptions et de critères explicites. Certains peuvent être chargés de superviser

d'autres personnes. Ils travaillent en général sous la supervision technique de techniciens en météorologie de niveau supérieur ou de météorologistes. Certains services locaux peuvent exiger du personnel désireux d'exercer ce type de fonction qu'il acquière des qualifications supplémentaires.

### 2.3 **Niveau supérieur**

Les techniciens de niveau supérieur doivent posséder des compétences dans une vaste gamme d'activités techniques et administratives complexes à exécuter dans divers contextes avec une part élevée de responsabilité personnelle, notamment à l'égard du travail effectué par d'autres personnes. Ils doivent pouvoir prendre des décisions sur le plan technique et résoudre tous les problèmes techniques qui se posent dans leur propre sphère d'activité spécialisée. Certains services locaux peuvent exiger du personnel désireux d'exercer ce type de fonction qu'il acquière des qualifications supplémentaires.

---

## **APPENDICE B. DISCIPLINES MÉTÉOROLOGIQUES DE BASE**

### **1. MÉTÉOROLOGIE PHYSIQUE**

La météorologie physique porte sur l'explication scientifique des phénomènes atmosphériques. Une connaissance et une compréhension approfondies des principes physiques de base de la thermodynamique et de la théorie du rayonnement électromagnétique sont indispensables et donnent les bases voulues pour l'étude de sujets tels que la structure et la composition de l'atmosphère, le rayonnement solaire et terrestre, les processus de la couche limite, la microphysique des nuages et des précipitations, l'électricité atmosphérique, les processus physiques de la dynamique à petite échelle (par exemple les turbulences) et les techniques d'observation, y compris les méthodes de télédétection.

### **2. MÉTÉOROLOGIE DYNAMIQUE**

La météorologie dynamique concerne l'étude des mouvements atmosphériques en tant que solutions des équations fondamentales de l'hydrodynamique et de la thermodynamique ou d'autres systèmes d'équations convenant à des situations particulières, comme dans la théorie statistique de la turbulence. De bonnes connaissances en mathématiques supérieures et en dynamique des fluides sont nécessaires, car elles constituent la base scientifique qui permet de comprendre le rôle physique des mouvements atmosphériques dans la détermination du temps et du climat observés à toutes les échelles (planétaire, synoptique, moyenne échelle et microéchelle). En définitive, c'est sur cette compréhension que reposent les pratiques modernes de prévision du temps et du climat par des méthodes dynamiques.

La météorologie dynamique inclut également une connaissance et une compréhension approfondies de la prévision numérique du temps. Cela devrait englober le fonctionnement des modèles de prévision, leurs points forts, leurs points faibles et leurs caractéristiques, le post-traitement des sorties de modèles pour créer des paramètres dérivés et la façon dont ces sorties sont utilisées afin d'obtenir des indications pour des applications données.

### **3. MÉTÉOROLOGIE SYNOPTIQUE ET À MOYENNE ÉCHELLE**

Traditionnellement, la météorologie synoptique et à moyenne échelle porte sur l'étude et l'analyse des informations météorologiques considérées simultanément pour recenser les systèmes météorologiques d'échelle synoptique et de moyenne échelle, en déterminer la structure et en prévoir qualitativement l'évolution. Aujourd'hui elle concerne l'analyse et la prévision du temps, de la moyenne échelle à l'échelle planétaire (par exemple les régimes météorologiques). Son fondement hautement technique comprend des bases de données opérationnelles, des ensembles normalisés de cartes et de diagrammes météorologiques d'analyse restitués automatiquement, des produits de la prévision numérique du temps ainsi que d'autres produits et des éléments auxiliaires. L'interprétation traditionnelle de la situation synoptique est possible grâce à des outils diagnostiques modernes et à de nouveaux modèles conceptuels. La distinction nette qui existait auparavant entre la météorologie dynamique et la météorologie synoptique et à moyenne échelle s'est grandement atténuée.

Avec l'application de plus en plus répandue de méthodes objectives, et notamment avec le développement constant de la télédétection, les techniques perfectionnées d'assimilation des données, les techniques de prévision immédiate et l'application opérationnelle de la prévision d'ensemble, le rôle des prévisionnistes évolue constamment. Les prévisionnistes chevronnés sont censés bien comprendre les comportements et les caractéristiques des produits numériques et faire des interprétations subjectives utiles pour leur ajouter de la valeur (par exemple en utilisant la quantification de l'incertitude des prévisions obtenue au moyen des prévisions d'ensemble

parallèlement aux besoins et contraintes propres aux utilisateurs, y compris la limitation de la prise de risques). De bonnes aptitudes à la présentation et à la communication sont nécessaires dans les rapports avec les utilisateurs.

#### 4. **CLIMATOLOGIE**

Selon le *Vocabulaire météorologique international* (OMM-N° 182), la climatologie est «l'étude de l'état physique moyen de l'atmosphère et de ses variations statistiques dans le temps et l'espace sur la base des conditions météorologiques observées sur une période de plusieurs années». Dans cette définition, le fait que la notion de climat se limite au contexte atmosphérique est implicite, ce qui correspond vraiment à la naissance et au développement historique de la climatologie. Depuis quelques dizaines d'années, toutefois, les spécialistes de l'atmosphère se rendent compte que le système climatique doit inclure non seulement l'atmosphère, mais aussi certaines parties du vaste système géophysique qui influent de plus en plus sur l'atmosphère à mesure que la période considérée s'allonge. Bien qu'ils s'attachent aux processus météorologiques, les climatologues d'aujourd'hui étudient de plus en plus le rôle des processus physiques et chimiques qui se produisent dans les océans et au sein de la multitude de régimes propres aux terres émergées. La synthèse des données et des connaissances issues de la météorologie, de l'océanographie et de l'hydrologie devient indispensable.

En s'attachant à la description de l'état passé, présent et futur de l'ensemble du système climatique, la climatologie moderne a élargi sa portée. En outre, elle concerne non seulement l'évolution naturelle du climat, mais aussi les changements possibles du climat mondial et régional qu'induit l'ensemble des activités humaines qui modifient tant la teneur de l'atmosphère en gaz à effet de serre et en aérosols que la composition des couverts végétaux et autres. L'objectif visé est de comprendre le mieux possible la base dynamique, physique et chimique du climat et de son évolution pour en prévoir la variabilité et les changements à une échelle de temps saisonnière à décennale et même plus longue.

---

Pour de plus amples informations, veuillez vous adresser à:

## **Organisation météorologique mondiale**

7 bis, avenue de la Paix – Case postale 2300 – CH 1211 Genève 2 – Suisse

**Bureau de la communication et des relations publiques**

Tél.: +41 (0) 22 730 83 14/15 – Fax: +41 (0) 22 730 80 27

Courriel: [cpa@wmo.int](mailto:cpa@wmo.int)

[public.wmo.int](http://public.wmo.int)