

LA MESURE DE LA HAUTEUR DES PRECIPITATIONS

La mesure de la hauteur des précipitations peut s'effectuer à l'aide d'un pluviomètre, instrument décrit dans cette fiche. Il s'agit d'un instrument permettant de comptabiliser la quantité de précipitations tombant sur une surface donnée.

Historique du pluviomètre

D'après un manuscrit rédigé en sanscrit (langue Indo-aryenne), la quantité de pluie est mesurée dans plusieurs régions de l'Inde dès le quatrième siècle avant Jésus-Christ. En Palestine, à partir du II^{ème} siècle av J.-C. des écrits religieux mentionnent la mesure des pluies pour des besoins agricoles.

Le premier pluviomètre connu date de 1441 et a été trouvé en Corée. Il était en bronze. Un réseau de mesures des précipitations couvrait alors toute la Corée et les résultats étaient collectés pour le roi Sejo de Corée.

En 1639, Benedetto Castelli (1577-1644) effectue sa première mesure de précipitations, souhaitant connaître l'apport en eau d'un épisode pluvieux pour le lac de Trasimène. Il met un peu d'eau dans un récipient en verre cylindrique et repère le niveau correspondant ; il expose ensuite le récipient à la pluie et marque toutes les heures d'un repère le niveau atteint par l'eau.

En 1663, l'Anglais Christopher Wren (1632-1723) construit le premier météographe. Cet appareil enregistre plusieurs paramètres météorologiques tels que la température de l'air, la direction du vent et les précipitations. Son pluviomètre était constitué d'un entonnoir récepteur et de trois compartiments qui récupèrent chaque heure à tour de rôle les précipitations. Dans le même temps, Wren présente le principe des augets à basculement, dont le mécanisme est encore présent dans les pluviomètres actuels. Le pluviomètre à augets est repris par Hooke en 1670, dans une invention complexe mesurant divers paramètres météorologiques.

Au fil des années, les mesures de pluie se généralisent et les pluviomètres se perfectionnent, bien que les principes de construction n'aient pas beaucoup évolué depuis les premiers. Seules la forme et la dimension du cône de réception (et du récipient de stockage quand celui-ci est distinct) ont changé selon les pays et les époques. En France, l'association météorologique créée par Le Verrier diffuse le pluviomètre « Association ».

Divers pluviomètres enregistreurs ont été inventés : les pluviomètres à augets basculants connus dès le XVII^{ème} Siècle, les pluviomètres enregistreurs à flotteurs, utilisés à partir du XIX^{ème} siècle et les pluviomètres à balance.

Les postes du réseau complémentaire de Météo-France sont encore équipés de pluviomètres à lecture directe. Ces pluviomètres sont composés d'un cône de réception, d'un réservoir et d'une éprouvette. Pour la mesure, l'eau recueillie dans le réservoir est transvasée dans l'éprouvette graduée si celui-ci n'est pas gradué. Les précipitations solides (neige, grêle, grésil...) sont mesurées après fusion.



Photo 1 : *Pluviomètre à lecture directe* © Météo-France

Les pluviomètres enregistreurs actuels comportent deux augets de petite taille dont la contenance est équivalente à 0,1, 0,2 ou 0,5 mm d'eau. La quantité de précipitations est mesurée par le nombre de basculements effectués par les augets, détecté par un système mécanique ou optique.



Photo 2 : *pluviomètre enregistreur de type Précis Mécanique* © Météo-France

Constitution d'un pluviomètre

Pour réaliser une mesure de la hauteur des précipitations, il faut :

- un collecteur, pour rassembler la quantité de précipitation,
- une surface définie, traversée par les précipitations,
- un système de mesure pour comptabiliser la hauteur d'eau.

L'intérieur du pluviomètre est constitué d'un revêtement particulier pour limiter le mouillage. De plus, pour rassembler l'eau et lui permettre de s'écouler sans risque de rejaillissement, le cône doit être en forme d'entonnoir suffisamment profond. Une crépine effectue un filtrage et évite que le pluviomètre ne se bouche. Le collecteur est relevé jusqu'à une hauteur de 1 m afin d'éviter le rejaillissement de l'eau de l'extérieur vers l'intérieur du pluviomètre. Enfin, les bords de la bague (partie supérieure du collecteur) sont biseautés sur

l'extérieur pour assurer une meilleure captation des gouttes de pluie ; on limite ainsi l'incertitude de mesure causée par un bord arrondi.

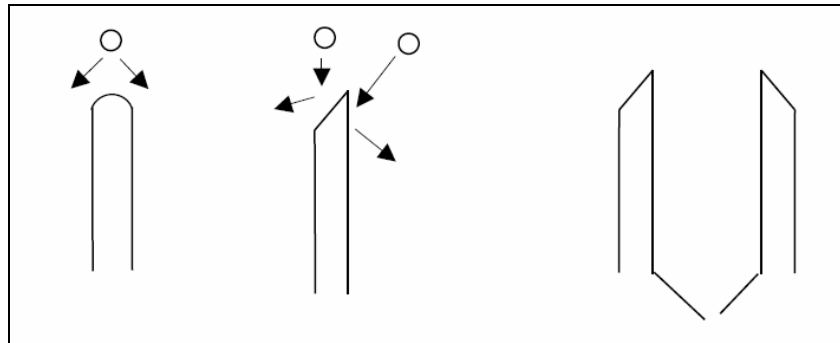


Figure 1 : Schéma illustrant le biseautage des bords du pluviomètre
© Météo-France, Arnaud Méquignon

L'eau est canalisée par le cône vers un système d'augets, qui se remplissent et se vident alternativement.

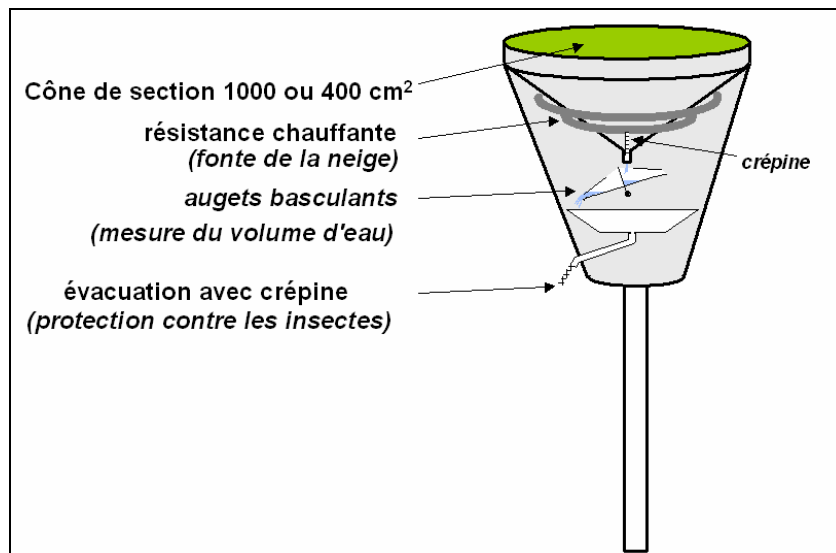


Figure 2 : Schéma d'un pluviomètre
© Météo-France, extrait de cours de l'Ecole Nationale de la Météorologie (ENM)

Définitions et unités des grandeurs mesurées par un pluviomètre

Grâce à un pluviomètre, on mesure la quantité de précipitation atteignant le sol, aussi appelée lame d'eau et s'exprimant en millimètre. La hauteur de précipitation est définie comme l'épaisseur d'eau liquide couvrant le sol, un millimètre de pluie représentant un litre d'eau au mètre carré. Elle s'exprime comme le quotient d'un volume d'eau précipitant par une section, soit la formule :

$$h(mm) = \frac{V(mm^3)}{S(mm^2)}$$

et le schéma suivant :

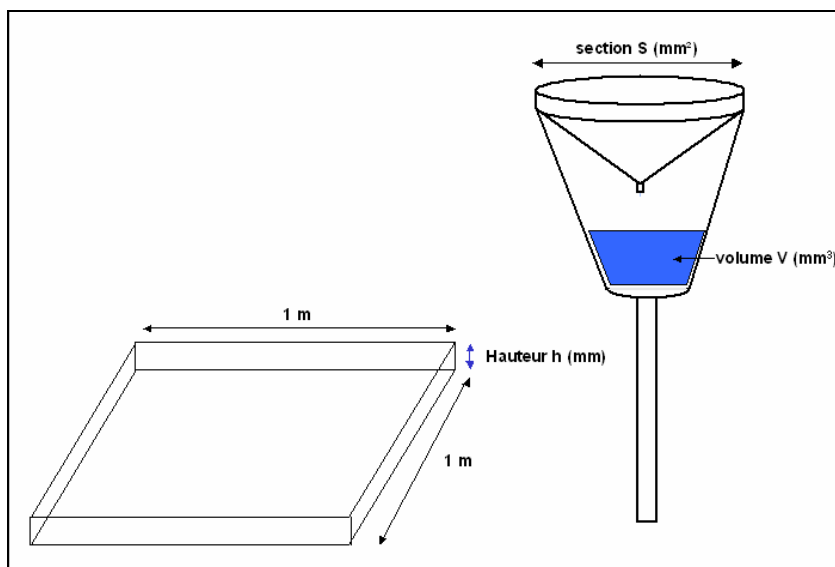


Figure 3 : Détermination de la hauteur des précipitations,
© Météo-France, Mylène Civate et Flavie Mandel

La surface de collection doit être connue et définie le mieux possible.

A cette mesure de précipitations s'ajoute la quantité de vapeur d'eau condensée sur la surface intérieure du cône de réception, due au phénomène de rosée par exemple.

Lorsque la mesure est effectuée par un pluviomètre enregistreur (à augets, par exemple), on peut déduire de la fréquence des basculements et de la contenance des augets l'intensité des précipitations. Elle est fixée par des seuils communs et s'exprime en mm/h. Le tableau suivant donne la correspondance entre intensité et qualificatif pour la pluie et la bruine.

Intensité\ Type de précipitations	Bruine	Pluie
Faible	< 0,4 mm/h	1 à 3 mm/h
Modérée	< 0,9 mm/h	4 à 7 mm/h
Forte	>1 mm/h	>8 mm/h

Fonctionnement du pluviomètre

Remarque : Les données numériques sont pour un pluviomètre à augets de type Précis Mécanique.

Principe de la mesure

Le pluviomètre recueille l'eau issue des précipitations dans un entonnoir. Si ces précipitations sont sous forme solide, la résistance chauffante installée autour du cône de réception permet leur fusion. L'eau est ensuite canalisée vers un système de mesure comprenant deux augets basculants associés à un système électronique de comptage.

L'auget bascule pour une masse d'eau de 20 grammes (soit une hauteur de 0,2 mm) dans le cas d'une bague de 1000 cm² de surface.

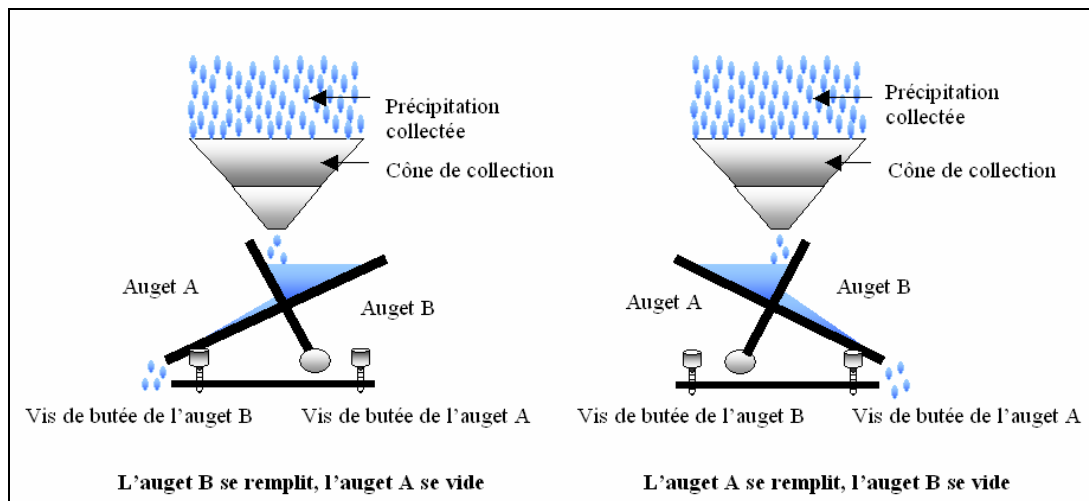


Figure 4 : Schéma d'un transducteur © Météo-France, Stéphane Paban

Lorsque la contenance de l'auge est atteinte, celui-ci bascule brusquement, ce qui provoque la fermeture brève d'un circuit électronique et le déversement de son contenu d'eau (voir fig. 4 schéma de gauche).

Le second auge se place en position de remplissage, et puis bascule lorsque la masse d'eau requise est atteinte en produisant la fermeture de contact et en se vidant à son tour (voir fig. 4 schéma de droite).

Les impulsions sont enregistrées par une station d'acquisition automatique et l'enregistrement continu permet de déterminer les hauteurs d'eau et l'intensité des précipitations.

A noter, qu'au delà d'une intensité de 400 mm/h, le pluviomètre se met en charge : le débit est limité par l'ajutage (endroit rétréci à l'extrémité du cône de réception) et le niveau d'eau monte dans le cône. Ainsi la pression augmente, le débit s'accroît et le pluviomètre ne déborde donc pas. L'intensité mesurée est par contre temporairement erronée mais la quantité de précipitation mesurée reste correcte.

Incertitude, sensibilité du capteur

La résolution de la mesure correspond à un basculement. Elle dépend de la surface de collecte et de la masse nominale de basculement de l'auge, pour une surface de 1000 cm² et une masse de 20 g, elle est de 0,2 mm de hauteur d'eau.

L'appareil est réglé pour minimiser l'erreur aux faibles intensités de précipitations ; l'exactitude de mesure, hors erreurs de captation, est de + ou - 4% pour les faibles intensités les plus courantes. Avec des intensités très fortes (> 150 mm/h), l'erreur maximale peut atteindre - 10% (erreur négative car la mesure est toujours sous estimée). Elle est corrigée numériquement par les systèmes d'acquisition récents.

Erreurs de mesure

Elles sont dues essentiellement :

- Aux grandeurs d'influences comme le vent et la température,
- Aux caractéristiques et à l'état du cône de réception (mouillage),
- A l'implantation du pluviomètre (proximité d'obstacles),

- Au transducteur (erreur de surremplissage, mauvais basculements des augets, débordement, résolution temporelle).

Le vent dévie la trajectoire des précipitations et engendre donc un déficit de captation. Ce déficit est d'autant plus élevé que les précipitations sont constituées de particules légères comme les flocons de neige. Le vent crée de plus des turbulences autour du cône de réception qui perturbent la collecte.

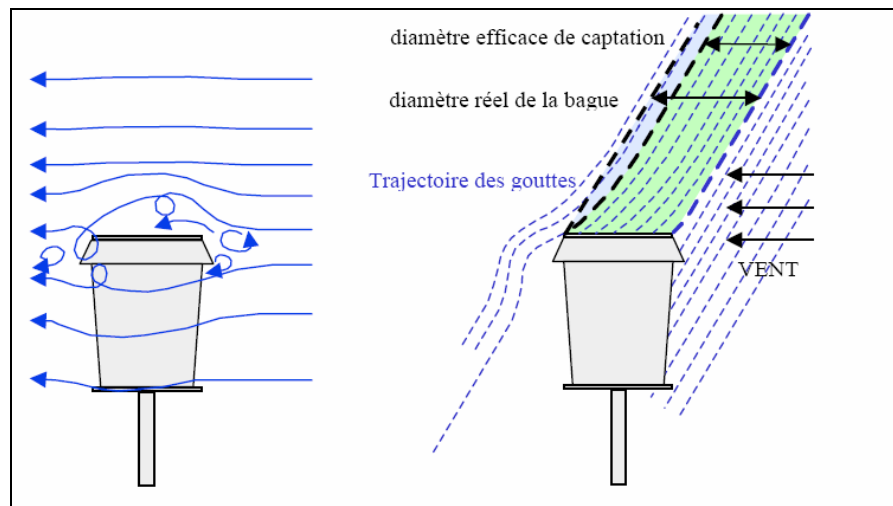


Figure 5 : Schéma illustrant les perturbations dues au vent, © Météo-France, extrait de cours de l'ENM

Le cône peint en blanc n'est pas à la température de l'air, la goutte en s'écoulant s'échauffe. Si la précipitation est faible, il peut se produire une évaporation partielle.

Lors des précipitations, une partie de l'eau reste collée sur le cône de réception et la grille de protection : c'est le phénomène de mouillage. Cette quantité d'eau non mesurée dépend du pluviomètre ; dans le cas d'un pluviomètre Précis Mécanique avec une surface de la bague de 1000 cm², elle est d'environ 5,5 grammes. Lorsque la précipitation est faible, la quantité d'eau recueillie peut être inférieure à la contenance d'un auget ; le pluviomètre n'enregistre alors aucun basculement. Par ailleurs, en cas de très fortes précipitations, il y a des pertes d'eau pendant le temps de basculement ; le pluviomètre sous estime alors les quantités de précipitations.

La non horizontalité du cône de réception réduit la surface et entraîne donc une erreur de mesure. Il faut veiller à bien vérifier l'horizontalité du pluviomètre pour supprimer ce type d'erreur.

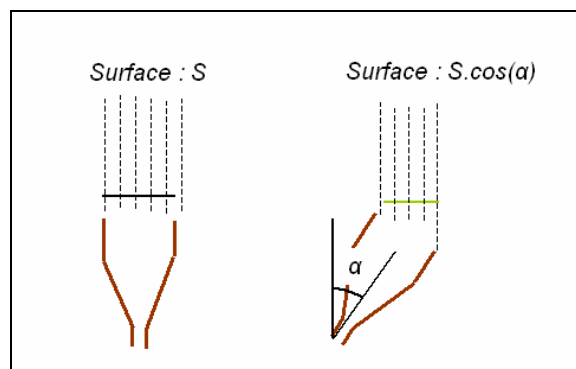


Figure 6 : Schéma illustrant la diminution de surface de collection lors de la non horizontalité du cône © Météo-France, Arnaud Méquignon

L'obstruction du cône et l'écoulement de l'eau des feuilles d'un arbre dans le pluviomètre (phénomène nommé « dégouttement » des arbres) entraînent une erreur variable en fonction de l'emplacement du pluviomètre et de l'entretien effectué.

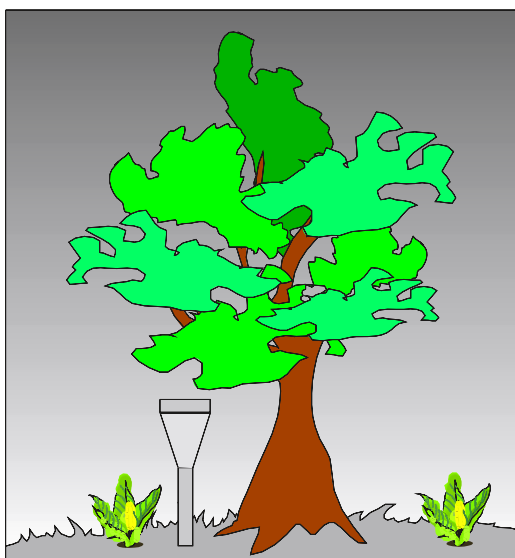


Figure 7 : Schéma illustrant le « dégouttement » d'un arbre dans un pluviomètre
© Météo-France

Installation d'un pluviomètre

Afin de limiter au maximum les erreurs de mesure citées précédemment, quelques précautions sont à prendre lors de l'installation d'un pluviomètre.

D'après une recommandation de l'OMM (Organisation Météorologique Mondiale), la surface de la bague réceptrice du pluviomètre doit se situer entre 0,5 et 2 m du sol. A Météo-France, la hauteur de mesure conventionnelle est de 1 m.

D'autre part, il faut veiller lors de son installation à ce que la surface réceptrice du pluviomètre soit bien horizontale.

Le pluviomètre doit être installé dans un endroit plat ; la pente du terrain environnant le pluviomètre doit être inférieure à 19° . A l'idéal, la distance entre le pluviomètre et un obstacle (un arbre par exemple) devrait être supérieure à quatre fois la hauteur de cet obstacle. Par exemple, si un arbre de 2 m de haut se situe sur le site où doit être installé un pluviomètre, il faudra le positionner à au moins 8 m de l'arbre. Le pluviomètre doit être dégagé de tout obstacle afin de limiter la turbulence autour de l'instrument. Un obstacle est un objet dont la largeur angulaire est de 10° ou plus.

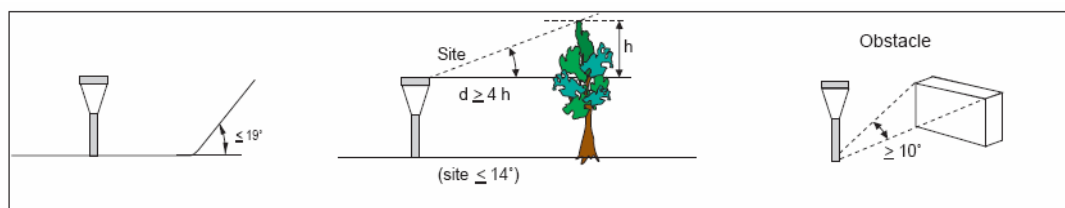


Figure 8 : Schéma illustrant la classe 1 du pluviomètre (installation idéale)
© Météo-France

Maintenance

DANGER : Chaque fois qu'il y aura intervention sur le pluviomètre, par mesure de protection pour le personnel, l'alimentation électrique du système de réchauffage devra être coupée par l'interrupteur fixé sur le pied support de l'appareil ou au niveau du coffret électrique du parc.

	Action de maintenance	Périodicité	Matériel nécessaire
1	Vérifier que le pluviomètre n'est pas bouché	Hebdomadaire ou dès l'apparition d'un doute sur les données	aucun
2	Nettoyer la bague et l'intérieur du cône de réception ainsi que l'entonnoir du carter du transducteur	Selon constat lors de la visite	Eponge humide + tige souple
3	Nettoyer la crépine de protection	Selon constat lors de la visite	Brosse + eau
4	Nettoyer la sortie d'eau vers l'extérieur	Hebdomadaire	Tige souple + brosse + eau
5	Contrôler l'horizontalité de la platine	6 mois	Tournevis
6	Vérifier l'aspect général	6 mois	aucun
7	Vérifier la propreté des éléments mécaniques du transducteur	6 mois	Pinceau + alcool
8	Contrôler le fonctionnement	6 mois	Pinceau + fiole + bouchon calibré
9	Contrôler l'horizontalité de la bague réceptrice	Annuelle	Niveau à bulle

Les actions 1 à 7 seront réalisées tous les six mois dans le cas d'un site isolé.

1) Enlever tout corps étranger présent dans le cône de réception et risquant de perturber l'écoulement de l'eau. Rincer le cône si nécessaire.

2) Nettoyer la bague et l'intérieur du cône de réception ainsi que l'entonnoir du carter du transducteur avec une éponge humide. Le cas échéant, nettoyer l'ajutage du cône de réception à l'aide d'une tige souple.

3) Nettoyer la crépine de filtrage avec une brosse et de l'eau. L'utilisation d'une brosse « interdentaire » facilite ce nettoyage.

4) Nettoyer le tube extérieur d'évacuation d'eau avec une tige souple ainsi que sa crépine.

5) Contrôler le niveau à bulle, présent sur le transducteur, pour vérifier l'horizontalité du capteur volumétrique. Régler si nécessaire l'horizontalité avec un tournevis (si plus de 50 % de la bulle est en dehors du cercle central du niveau). Une reprise de l'horizontalité doit entraîner un contrôle de fonctionnement (cf. action de maintenance n°8).

6) Vérifier le joint de porte, la porte, la peinture, l'état des câbles et des connexions. Si le revêtement du cône est écaillé, cela va entraîner une rétention d'eau qui ne sera alors pas mesurée, il faut donc contacter le Centre Départemental de la Météorologie (CDM) le plus proche.

7) Vérifier la propreté des éléments mécaniques du transducteur. Si nécessaire, nettoyer ces éléments mécaniques (y compris engrenages et augets) avec un pinceau et de l'alcool. **Ne jamais huiler ou graisser les axes et ne jamais modifier le réglage des butées à vis, avec le froid, l'huile se figeait et gênait le mécanisme et retenait aussi des poussières.** Un nettoyage des éléments mécaniques du transducteur doit être suivi d'un contrôle de fonctionnement (cf. action de maintenance n°8).

A ces actions de maintenances hebdomadaires s'ajoutent des actions moins fréquentes comme le contrôle de fonctionnement du pluviomètre avec du matériel spécifique et la vérification d'horizontalité de la bague réceptrice.

Mesure de la neige et mesure radar

Les pluviomètres équipés d'un système de réchauffage peuvent mesurer la quantité de neige tombée à un endroit. Par contre, pour connaître l'épaisseur de neige tombée, on utilise des planches à neige (deux pour chaque station de mesure). La première planche est nettoyée après chaque observation, elle permet de noter la hauteur de neige fraîche. La seconde planche n'est pas nettoyée, elle permet ainsi de noter le cumul de neige. Il existe d'autres capteurs plus sophistiqués pour mesurer les précipitations sous forme solides comme le spectropluviomètre mais ceux-ci ne sont pas encore très répandus. Des capteurs à ultra-sons permettent également de mesurer la hauteur totale de neige.

La mesure des précipitations peut également être effectuée par mesure radar. On obtient une vision spatiale détaillée des zones de précipitations. Toutefois, en un point donné, la mesure par un pluviomètre reste plus précise que celle effectuée par un radar.

Bibliographie :

JAVELLE, Jean-Pierre, ROCHAS, Michel, PASTRE, Claude et al. *La météorologie : du baromètre au satellite. - Mesurer l'atmosphère et prévoir le temps.* Paris : Edition Delachaux et Niestlé, coll. «La bibliothèque du naturaliste », 2000. 171 p.

FRAYARD, Marc. *Cours de Mesure et Capteurs de l'Ecole Nationale de la Météorologie, Météo-France.*

LAFLORENCIE, Sébastien. *Cours d'Observation de l'Ecole Nationale de la Météorologie, Météo-France.*

DSO Météo-France. *Notice du premier degré d'entretien du pluviomètre précis mécanique 3070a0000.* 2008.

DSO Météo-France. *Note technique 35 classification d'un site DSO.* 1999.