

STATION EXPÉRIMENTALE DE DUCHESNAY  
RAPPORT DE FONCTIONNEMENT POUR L'HIVER 1978-79

André Fréchette

Service de la Météorologie, Ministère de l'Environnement, Québec

Abstract

This technical report describes the operation, under actual winter conditions, of an automatic weather station which included the measurement of the snow pack with three different gauges. For each function of the station, the report gives a brief description of the components used and comments on the operation. The results of the measurements are presented to show the continuity of operation under severe exposure and are compared with the results of traditional snow sampling methods. The results show the evolution with time of the water equivalent of the snow pack.

Introduction

La station expérimentale de Duchesnay est située en forêt à environ 40 kilomètres au nord-ouest de Québec. Du point de vue emplacement et contraintes, le site est représentatif des régions isolées du sud du Québec, la seule différence étant que la station de Duchesnay est facilement accessible en tout temps. Au départ, le site avait été choisi pour expérimenter différentes techniques de mesure de la neige. Mais le site convient très bien pour évaluer le fonctionnement sur le terrain, de la plupart des équipements reliés à l'observation des phénomènes météorologiques, excepté le vent.

L'expérience de 1978-79 consistait non seulement à évaluer différents capteurs météorologiques, mais aussi à réaliser les opérations de façon complètement automatique, y compris la télétransmission des données. La figure 1 représente de façon schématique toutes les composantes utilisées lors de cette expérience.

Le présent rapport donne une description sommaire de chacune des composantes et contient des commentaires sur le fonctionnement et sur les résultats obtenus.

Alimentation électrique

Tout l'équipement de la station fonctionne à batteries. Les équipements n'étant pas fabriqués à l'origine pour être opérés ensemble, chacun d'eux requiert un voltage d'alimentation différent s'échelonnant de 7,5 VCC à 28 VCC. Deux types de batteries sont utilisés. Le premier groupe est constitué de batteries à l'hydroxide de potassium (Cipel), non rechargeables et d'une capacité de 300 ampères-heures. Le deuxième groupe est constitué de batteries au plomb-acide (Globe Battery), rechargeable de type "Gellcell" et d'une capacité de 20 ampères-heures. Un panneau solaire (Solarex) de 9 watts est utilisé pour recharger ces dernières.

Commentaires:

La batterie à l'hydroxide de potassium est utilisée depuis plusieurs années et son emploi est satisfaisant en autant que la demande instantanée de courant n'excède

STATION DE RECHERCHE TÉLÉMETRIQUE ( SRT )

D U C H E S N A Y

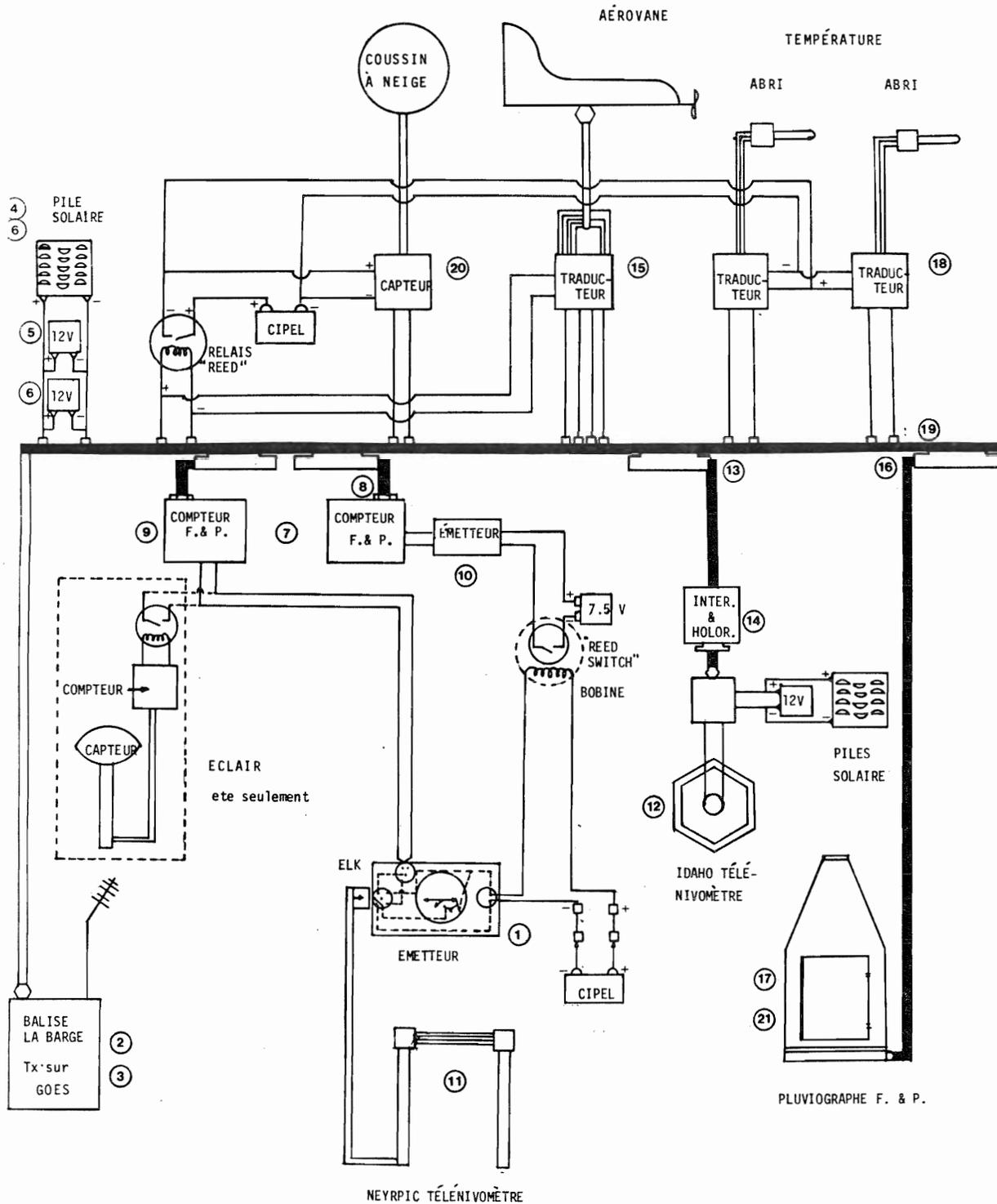


Figure 1. Représentation schématique des composantes utilisées.

pas environ 1 ou 2 ampères, surtout par temps froid. Dans le cas actuel, elle n'est pas adéquate pour l'opération de la balise de télécommunication.

La batterie au plomb-acide de type Gellcell peut fournir des courants élevés et s'est avérée efficace. Le panneau solaire est une bonne addition au système d'alimentation et s'avère un moyen pratique et simple pour recharger des batteries dans des endroits où le courant du secteur n'est pas disponible. Cependant, la neige a tendance à coller facilement à la surface, ce qui réduit considérablement son efficacité. En fait, il y a eu une seule interruption de fonctionnement durant la saison, imputable à l'alimentation et cet incident a probablement été causé par ce phénomène. L'économie des sources d'alimentation n'étant pas une préoccupation première de cette expérience, d'autant plus que la variété des instruments ne s'y prête pas, on constate que la station utilise une quantité impressionnante de batteries. Le système d'alimentation tel quel, ne se prête donc pas à l'exportation à d'autres stations régulières du réseau, mais l'expérience indique que ce ne serait probablement pas un problème majeur à résoudre si toutes les composantes de la station utilisaient un même voltage soit 12 VCC.

#### Acquisition et télétransmission des données

Pour remplir cette fonction, on utilise une unité électronique appelée communément "balise" qui a pour fonction de mettre les équipements en marche, de faire les lectures, de garder les données en mémoire et de les transmettre au moment voulu. La balise utilisée à Duchesnay est fabriquée par la compagnie La Barge (Convertible Date Collection Platform). Elle accepte les signaux codés en binaire décimal de quatre capteurs et les signaux analogiques de 8 capteurs. Son fonctionnement demande une alimentation à 12 VCC et la température ambiante ne devrait pas être inférieure à moins 25° Celsius. La télétransmission s'effectue vers le satellite américain géostationnaire GOES situé au dessus de l'équateur à 75° ouest. Les données sont récupérées de Wallops Island, Virginie, par ligne téléphonique.

Dans l'application présente, la balise est programmée pour effectuer la lecture de tous les capteurs aux 30 minutes et pour transmettre au satellite aux 3 heures. La balise à Duchesnay est logée dans une hutte isolée mais non chauffée.

#### Commentaires:

La balise de Duchesnay a fonctionné sans problème durant toute la période, même si la température ambiante a baissé plusieurs fois en bas de moins 25° Celsius. On doit cependant mentionner que d'autres expériences indiquent qu'on ne peut compter sur le fonctionnement de la balise par des températures plus basses que -25° C. On peut par contre obtenir du manufacturier une balise avec fonctionnement assuré jusqu'à moins 40° C, ce qui serait satisfaisant pour toutes les régions du Québec.

Les fonctions assumées par la balise et la capacité de la balise sont adéquates dans le contexte d'une station météorologique automatique.

#### Température de l'air

Deux systèmes identiques sont utilisés; l'un pour la température de l'air extérieur; l'autre pour la température de l'air à l'intérieur de la hutte logeant l'équipement électronique. Chaque système est constitué d'une sonde à résistance de platine avec une unité (Transmetteur de température, Série 2600 RTD, fabriqué par RDF Corporation) fournissant un voltage 1 à 5 VCC proportionnel à la température. L'unité électronique fonctionne à 28 VCC, par température ambiante de -29° C à 85° C.

#### Commentaires:

Le système a fonctionné parfaitement durant toute la période. La nécessité de fournir 28 VCC est par contre un inconvénient.

L'utilisation d'une sonde à résistance de platine pour mesurer les températures est une méthode répandue et reconnue. Dans l'application présente, on obtient une résolution de l'ordre du 0,5° C. Les mesures comparatives ponctuelles effectuées à l'aide de thermomètres conventionnels sous abri confirment la précision de cet équipement.

#### Le vent

Le système utilisé est fabriqué par la compagnie Weather Measure Corporation (W 101-P). La vitesse est mesurée par un hélice à 4 pales relié à un tachymètre optique à haute fréquence. La direction est mesurée par un potentiomètre à curseur double. Le système fonctionne à 12 VCC et le signal de sortie (direction et vitesse) est 0 à 5 VCC. L'unité de conditionnement du signal est logée dans une boîte séparée du détecteur.

#### Commentaires:

Le système a fonctionné sans interruption durant toute la période. Des mesures comparatives ne sont pas disponibles pour évaluer le fonctionnement de l'appareil. La saison terminée, une vérification de l'équipement a révélé que le signal de sortie de direction, n'était plus calibré de 0 à 5 VCC, ce qui faussait les données. Le conditionneur de signal associé avec cet équipement n'est pas conçu pour des conditions difficiles rencontrées à Duchesnay.

#### La précipitation

Le pluviographe Fischer & Porter qui est notre appareil standard à toutes les stations automatiques est aussi utilisé à Duchesnay. C'est un appareil électro-mécanique utilisant une balance à ressort. Par un système ingénieux d'engrenages, de disques et de poinçons, la valeur cumulée de la précipitation, au 0,1 pouce est obtenue sous forme décimale codée en binaire. Par l'addition d'un jeu de lamelles, le signal est recueilli par contact et envoyé directement dans la balise. Le système fonctionne à 7.5 VCC. L'ouverture du collecteur de précipitation a un diamètre de 8 pouces et le pluviographe est installé de telle sorte que l'ouverture soit à 96 pouces du sol. A Duchesnay, on n'a pas utilisé de paravent durant la période.

#### Commentaires:

Le pluviographe Fischer & Porter est utilisé depuis une quinzaine d'années au service de la Météorologie de telle sorte que l'expérience acquise nous permet d'obtenir un rendement très satisfaisant de cet appareil. Dans l'application présente, on introduit une faiblesse par l'addition des lamelles de contact pour recueillir le signal. Ce système est délicat et l'ajustement des lamelles est critique. Tôt durant la période, une lamelle s'est coincée et n'a pas été réparée. Il fut cependant relativement facile de corriger les données obtenues pour tenir compte de cette défectuosité.

La mesure automatique de la précipitation de neige demeure une opération difficile principalement à cause des effets du vent et aussi à cause de la nature même de la neige qui colle quelquefois aux parois du collecteur jusqu'à en obstruer l'orifice. Ces phénomènes affectent tous les appareils et dans ce contexte, l'équipement Fischer & Porter est probablement aussi bon que n'importe lequel autre.

A titre de comparaison, nous avons pointé sur la figure 2, la précipitation cumulée mesurée avec le pluviographe Fischer & Porter et celle mesurée par l'observateur à la station voisine de Duchesnay. Cette station avec observateur est située à environ 1 kilomètre de la station expérimentale et l'exposition est différente. Mais il est intéressant de noter que les résultats sont à peu près équivalents, ce qui laisserait supposer que la mesure avec le pluviographe à pesée, pourrait être aussi bonne que celle effectuée par un observateur. (Précipitation de neige mesurée avec la règle à neige et facteur 10 utilisé pour obtenir l'équivalent en eau).

PRÉCIPITATION  
(mm)

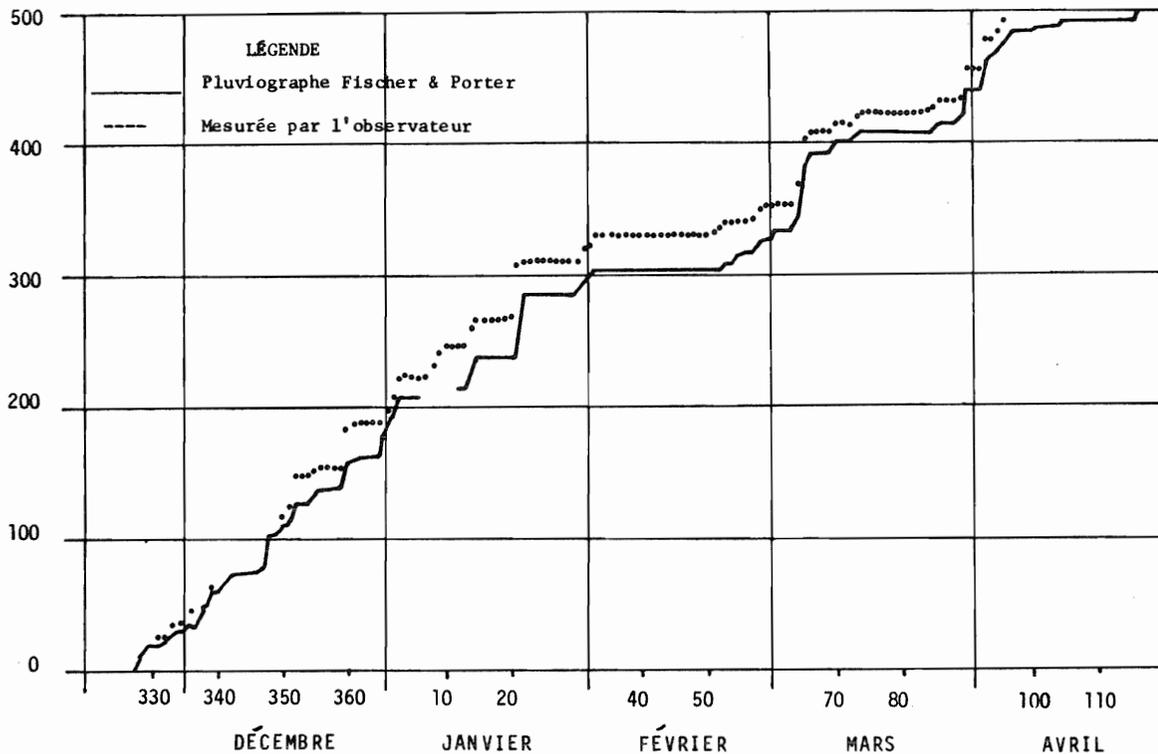


Figure 2. Précipitation cumulée (millimètres d'équivalent d'eau).

En effet, la différence entre les deux est due en grande partie à un seul épisode de précipitation survenu le 18 décembre 1978.

La balise est conçue spécifiquement pour des enregistreurs de type Fischer & Porter de telle sorte que leur utilisation ne requiert pas d'interface.

Le coussin à neige

Le coussin à neige est un réservoir caoutchouté de forme cylindrique, de 12 pieds de diamètre et d'environ 12 pouces d'épaisseur. Il est rempli complètement d'une solution liquide d'antigel. Le coussin est placé dans le sol de telle sorte que sa surface est au niveau du sol environnant. Le poids de la neige accumulée sur la surface du coussin exerce une pression sur le liquide à l'intérieur. Cette pression est mesurée par un traducteur de pression qui transforme une pression de 0 à 1,5 livres/pouce carré,

en voltage continu proportionnel à 0 à 5 VCC. Cette unité est fabriquée par Rosemount Engineering Company et requiert une alimentation de 28 VCC. Le coussin à neige est utilisé dans cette expérience pour obtenir la valeur de l'équivalent en eau de la neige au sol.

Commentaires:

La nécessité de fournir 28 VCC à ce système est un inconvénient. On remarque que le système a fonctionné sans interruption durant toute la période. Pour examiner le fonctionnement de l'appareil, nous avons pointé sur la figure 3, la valeur (en équivalent d'eau) mesurée par le système à 0800 HNE. On note une dérive du point zéro durant la période, correspondant à environ 2,5 centimètres d'équivalent d'eau. La cause de ce phénomène n'a pas été déterminée. On note aussi une oscillation continuelle de la valeur transmise. Cette oscillation ne correspond pas à une variation équivalente de l'équivalent en eau. Elle est introduite dans le système soit par les composantes électroniques, soit par le coussin, ou soit par des phénomènes météorologiques tels le vent et la température.

ÉQUIVALENT  
(mm)

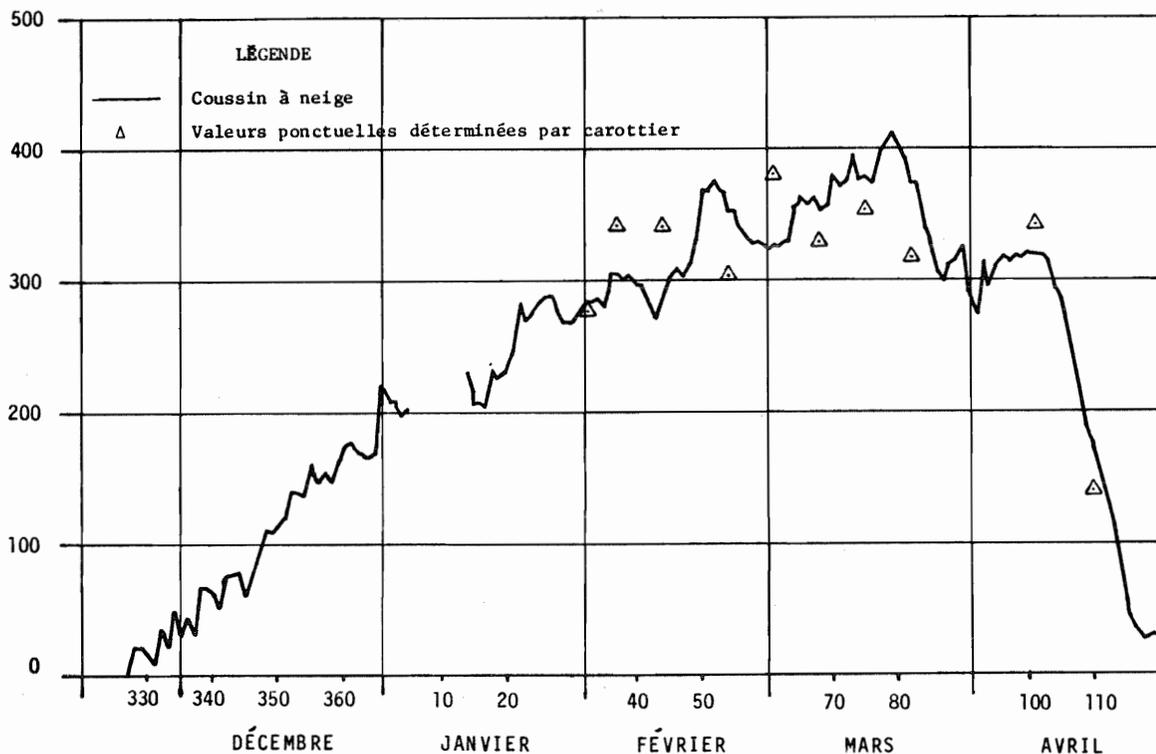


Figure 3. Equivalent en eau de la neige au sol déterminé par le coussin à neige.

Malgré ces anomalies, la courbe de la figure 3 représente assez bien la variation dans le temps de l'équivalent en eau de la neige au sol. La fonte de la neige est particulièrement bien illustrée.

Tel quel, le système doit être utilisé avec précaution car les variations mineures

enregistrées ne sont pas significatives. Durant la période, des prélèvements de neige ont été effectués par les techniciens dans le voisinage immédiat du coussin à neige. Les résultats de ces prélèvements ont été utilisés pour déterminer la relation voltage de sortie du traducteur de pression - équivalent en eau, c'est-à-dire, pour calibrer le coussin. Ces valeurs sont pointées sur la figure 4 à titre d'information et non pas à titre de valeurs comparatives.

#### Le télénivomètre LSG "Idaho"

Le télénivomètre "Idaho" est un appareil fabriqué par la compagnie "Idaho Industrial Instruments" qui sert à mesurer l'équivalent en eau de la neige au sol. Il utilise le principe de l'atténuation des rayons gamma par l'eau contenue dans la neige. Physiquement, il consiste en un groupe de blocs de béton contenant un matériau radioactif naturel. Ces blocs sont disposés sur le sol en un cercle de 1,8 mètres de diamètre. Au centre du cercle, sur un poteau à 1,5 mètres du sol, on installe le détecteur composé de 4 compteurs Geiger Muller. Les rayons gamma captés par les capteurs sont comptabilisés par des circuits électroniques situés dans la hutte. Le signal de sortie est codé en BCD parallèle. Une courbe de calibration est fournie avec l'appareil (compte durant une période donnée - équivalent en eau). Le modèle utilisé à Duchesnay est identifié par le fabricant par les lettres LSG. L'électronique est conçue pour un fonctionnement par température de  $-40^{\circ}\text{C}$  à  $+50^{\circ}\text{C}$ .

#### Commentaires:

Tel qu'acheté, le système n'est pas compatible avec la balise. Il faut lui ajouter une minuterie pour le mettre en marche au moment voulu et pour la période de temps déterminée. Dans l'expérience de Duchesnay, on utilise une horloge mécanique qui met le système en marche aux 12 heures et le temps de comptage est de 60 minutes. Le signal de sortie n'étant pas compatible avec la balise, une interface utilisant des relais a été fabriquée localement.

Le système a fonctionné normalement jusqu'au 12 janvier 1979. A cette date, une température de  $-35^{\circ}\text{C}$  a été enregistrée à Duchesnay et l'horloge associée avec l'équipement a cessé de fonctionner. Cette horloge a causé des problèmes jusqu'au 25 février, ce qui a causé une perte importante de données. A partir du 6 mars, le comportement de l'appareil est tout à fait erratique, bien qu'on puisse reconnaître la période de fonte. Ce n'est qu'après la saison de neige qu'on a pu localiser dans les compteurs Geiger Muller, la composante défectueuse.

Les données limitées obtenues (figure 4) permettent cependant de croire que ce télénivomètre offre des possibilités intéressantes. C'est un appareil relativement simple, facile à installer et demandant peu de puissance. Il semble bien conçu pour emploi aux stations automatiques isolées. De plus, l'utilisation d'une source à radioactivité naturelle est un atout non négligeable.

Les valeurs utilisées pour tracer la courbe de la figure 5 sont les valeurs réelles obtenues à l'aide de la courbe de calibration. Les mesures ponctuelles obtenues à l'aide du carottier de type Mount-Rose dans le voisinage immédiat du nivomètre, sont pointées à titre de comparaison.

Il faut noter que cet équipement est limité par la géométrie de la source et par l'utilisation d'un matériau à radioactivité naturelle, à des mesures d'équivalent d'eau n'excédant pas 50 cm. Avec une telle épaisseur d'eau, la sensibilité de l'appareil est réduite de beaucoup. Dans nos régions, la densité de la neige au sol varie de 15 à 50%; si on utilise une valeur moyenne de 33%, on détermine que l'appareil peut être utilisé pour des épaisseurs de neige allant jusqu'à 150 cm. Certaines régions du Québec connaissent des épaisseurs de neige (ou des équivalents d'eau) trop élevées pour cet appareil.

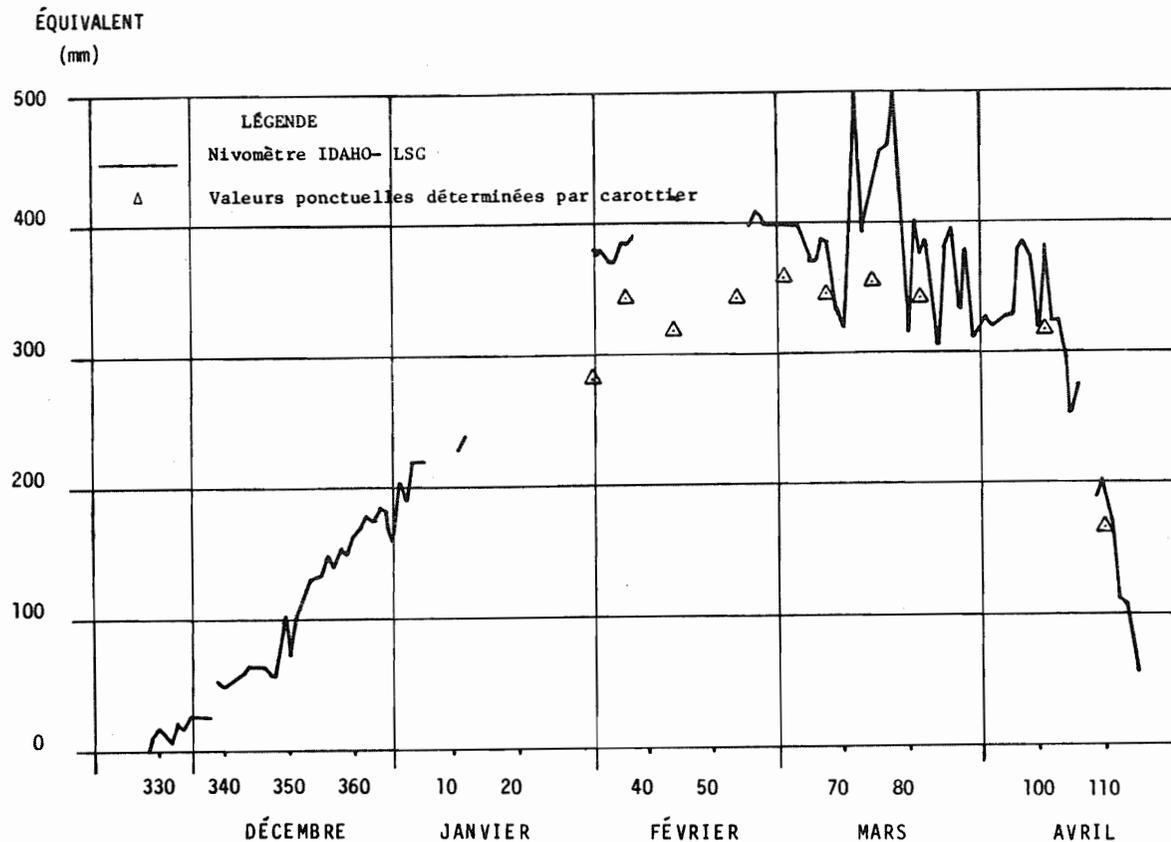


Figure 4. Equivalent en eau de la neige au sol, déterminé par télénivomètre LSG "Idaho".

#### Le télénivomètre horizontal "Neyrpic"

Dans cet appareil, une source radioactive et un compteur Geiger-Muller, placés à une distance fixe l'un de l'autre, sont déplacés verticalement et simultanément à travers le manteau de neige. Au cours de ce déplacement vertical, le rayonnement (gamma) traverse les couches horizontales de la neige et il est plus ou moins absorbé selon la qualité de la neige. La particularité de ce dispositif est de faire déplacer l'ensemble à une vitesse proportionnelle au rythme de comptage et d'envoyer un signal tous les 10 cm; il suffit de compter pour avoir la hauteur totale de la couche de neige. Le temps séparant deux signaux successifs est fonction de la densité de la neige. La relation entre le temps de mesure et la densité de la neige est donnée par une courbe de calibration.

L'appareil fonctionne à 15 VCC, par des températures allant à  $-40^{\circ}$  C. La consommation électrique est de l'ordre de 0,5 ampère. Une horloge électro-mécanique fournie avec l'appareil, met le système en marche une fois par jour. L'appareil est logé dans un portique (forme U renversé) et tout l'équipement électronique et électrique est logé dans les chapeaux recouvrant le portique. La source radioactive se déplace à l'intérieur d'un des poteaux du portique et le compteur dans l'autre poteau.

Le signal de sortie est une fermeture de contact chaque fois que l'équipage mobile traverse un niveau multiple de 10 cm. Cet appareil est fabriqué en France par ALSTHOM - NEYRPIIC, compagnie Générale Electricque. Un employé du service de la Météorologie a participé activement au développement et à la mise au point de cet instrument.

Commentaires:

A partir du signal de sortie du télénivomètre Neyrpic, on peut obtenir l'épaisseur

de la neige au sol (à 10 cm près), le profil de l'équivalent en eau par tranche de 10 cm et par addition, le total de l'équivalent en eau de la neige au sol. Pour obtenir tous ces détails, il faut compter le nombre d'impulsions "10 cm" et mesurer le temps entre chacune des impulsions. Ceci peut se faire facilement à partir de l'enregistrement du signal "10 cm" sur place ou à un centre éloigné de collecte des données. Dans ce dernier cas, le signal peut être transmis par ligne téléphonique ou par radio.

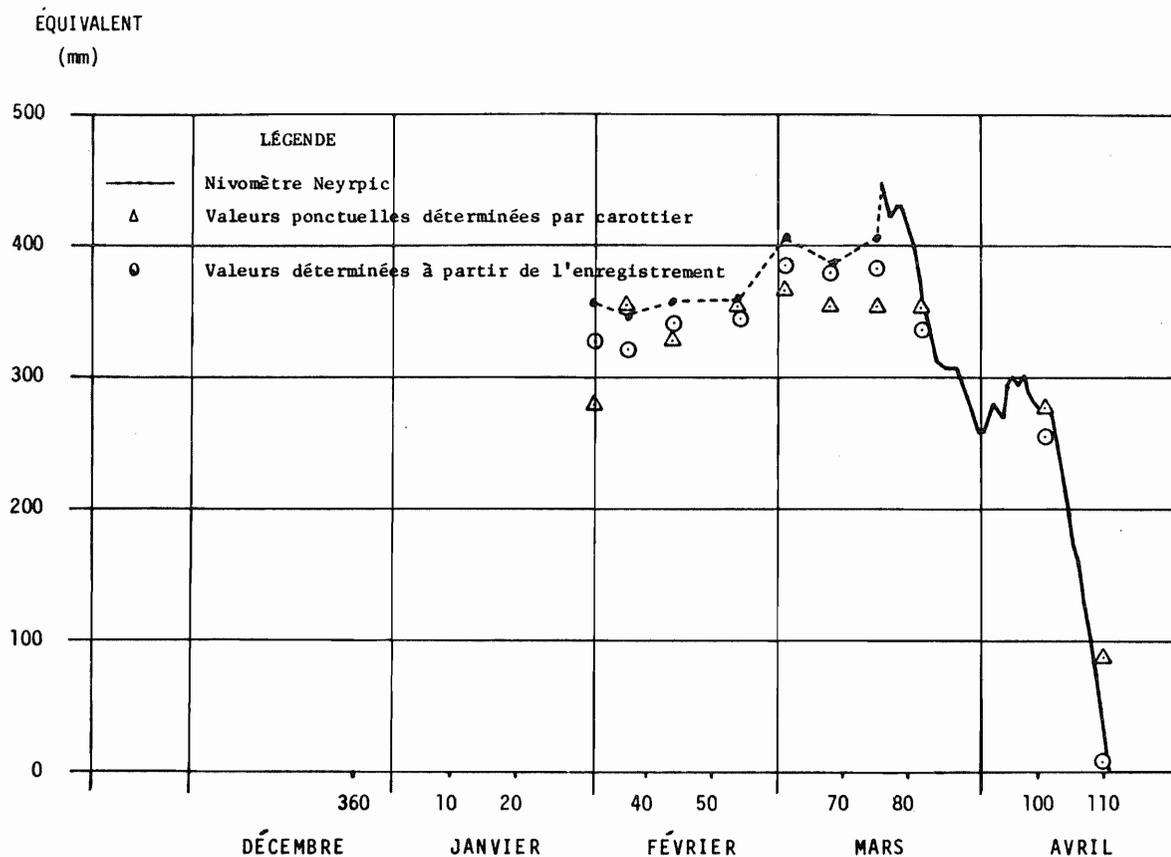


Figure 5. Equivalent en eau de la neige au sol, déterminé par télénivomètre horizontal "Neyrpic".

Dans l'application de Duchesnay, le moyen de communication utilisé, c'est-à-dire la balise, n'est pas conçu pour compter des impulsions, ni pour mesurer des temps, ni pour transmettre le signal fourni par le télénivomètre. Il faut ajouter un interface pour rendre compatible le télénivomètre et la balise. L'interface idéale dans le cas d'une épaisseur de neige de 100 cm, fournirait 1 valeur pour le nombre d'impulsions "10 cm" et 10 valeurs pour les temps entre chaque impulsion, soit en tout 11 données, ce qui excède les possibilités de la balise.

A cause de ces difficultés, on a convenu de ne pas recueillir les temps entre chaque impulsion, mais seulement le temps total de la mesure. Ce temps total fournit une mesure relative de l'équipement en eau "total" de la couche de neige.

L'interface est alors beaucoup plus simple et elle fut réalisée à l'aide de deux compteurs à impulsion de type Fischer & Porter, avec sortie codée en binaire décimal. Le premier compte les impulsions "10 cm" et est utilisé sans modification. Le deuxième compte le temps, et pour ce faire utilise une minuterie électronique pour actionner le

moteur pas à pas (step motor) d'un compteur d'impulsion ordinaire.

La mise en marche définitive de l'équipement a subi de nombreux retards dont la cause principale résidait dans l'équipement auxiliaire, en particulier dans la minuterie contrôlant le départ automatique des cycles de mesures. Ceci explique pourquoi la collecte "automatique" des données a débuté seulement le 17 mars 1979.

Les données recueillies (figure 5) après cette date sont suffisantes pour une évaluation sommaire de l'appareil. La fonte de la neige est bien décrite et avec assez de précision pour évaluer la fonte quotidienne sans difficulté.

Le fonctionnement "automatique" de l'appareil a débuté tard dans la saison, mais par contre le fonctionnement "manuel" a toujours été possible. Aussi à chacune des visites des techniciens, on a obtenu un enregistrement sur place du signal en plus d'effectuer des mesures à l'aide du carottier Mount Rose.

Sur la figure 5, les points entourés d'un cercle représentent les valeurs obtenues à partir de l'enregistrement sur place du signal. On remarque une légère différence avec la courbe en continu, pour les 10 points où il y a des valeurs concomitantes. Cette différence est due en partie à l'utilisation d'une minuterie différente (minuterie de l'enregistreur-minuterie du nivomètre Neyrpic).

Les points entourés d'un triangle représentent les valeurs obtenues à l'aide du carottier. Ces valeurs sont en général plus basses que les autres, ce qui indique que le nivomètre Neyrpic surestime les équivalents d'eau. (la lecture du 20 avril 1979 n'est pas considérée parce qu'on retrouvait alors des cavités importantes autour des poteaux du Neyrpic).

#### Conclusion:

Les expériences menées à Duchesnay durant l'hiver 1978-79, indiquent qu'il est possible d'établir dans des régions isolées et dans un environnement difficile, des stations complètement automatiques, incluant la télétransmission des données en temps réel et surtout que cela peut se faire pour la mesure des principaux paramètres météorologiques. Les capteurs requis sont disponibles. Les interfaces par contre ne sont pas toujours au point.

Il y aurait lieu de faire une exception à cet énoncé, à savoir la mesure de l'humidité relative qui n'a pas été évaluée à Duchesnay. Des mesures de l'humidité relative sont effectuées à d'autres stations automatiques, mais nous ne sommes pas en mesure à ce moment-ci, d'émettre une opinion à ce sujet.

Les mesures comparatives effectuées au cours de l'expérience, ne coïncident pas exactement avec les mesures "automatiques", en particulier pour la détermination de l'équivalent en eau du manteau nival. Mais les différences sont inférieures à 10% et peuvent être réduites par une meilleure calibration des appareils. Aussi, les appareils permettent de suivre adéquatement l'évolution dans le temps de l'équivalent en eau de la neige au sol.