

AU TEMPS PASSÉ...

Ballons-sondes à Itteville*

Travaux à Itteville

En 1896 Léon Teisserenc de Bort achète la propriété de la Justice à Itteville à 30 kilomètres de Paris (photo 1). Le terrain de plusieurs dizaines d'hectares est situé sur une butte rocheuse et boisée. Il s'y trouve une maison et un château d'eau.

En 1900, *Le Figaro* du 27 mars annonce comme certain la création à Étampes d'une usine d'hydrogène dirigé par M. Teisserenc de Bort. Étampes est à 20 km d'Itteville. Sans doute Teisserenc de Bort change d'avis puisque c'est à Itteville, un an plus tard en 1901 qu'il fait entreprendre des aménagements importants qui occupent au moins une dizaine de journaliers, un carrier, un maçon et un conducteur de travaux. Les travaux sont terminés en 1904. L'objet de toute cette activité est de permettre l'établissement d'un parc aérostatique d'où s'envoleront des ballons-sondes. Ceux-ci sont munis d'un météorographe qui mesure et enregistre la température, l'humidité et la pression au cours d'une ascension le plus haut possible dans l'atmosphère.

Or Teisserenc de Bort possède déjà à Trappes un Observatoire de Météorologie Dynamique où l'on fait les mêmes mesures avec des cerfs-volants, des ballons-sondes ou des ballons captifs profilés.

Pourquoi Itteville ?

Itteville fait à l'évidence double emploi avec Trappes. La seule explication venant du témoignage d'un contemporain est celle de Louis Besson (1872-1944) qui a travaillé à Trappes et indique dans la notice nécrologique de Georges RAYMOND : il fut chargé de diriger un observatoire annexe créé par Teisserenc de Bort dans une vallée abritée, à Itteville, pour y lancer plus facilement que sur le plateau venteux de Trappes ses fragiles ballons-sondes en papier. Il n'y a pas véritablement de vallée à Itteville et j'imagine le départ du ballon par grand vent plus périlleux dans les tourbillons d'une butte qu'en plaine.

Il y a peut-être une autre explication. Aux environs de 1900 l'exploration de l'atmosphère cause quelques accidents en France et en Allemagne. Il s'agit généralement de chutes de cerfs-volants et de leurs fils d'acier, mais il est arrivé aussi qu'un ballon-sonde parti de Trappes chute dans une rue Parisienne. Ce danger est considérablement réduit à Itteville située au sud de Paris. En effet les vents dominants viennent de l'ouest et les ballons partent survoler les terres agricoles de la Brie. Malheureusement Trappes est à l'ouest de Paris.

Quand en 1902 Teisserenc de Bort entreprend des essais de sondage à Hald au Danemark, c'est d'abord à cause des conditions météorologiques locales particulières qui l'intéressent mais aussi parce que c'est un lieu sans aucun obstacle tels que transmission électrique et réseau de chemin de fer.

Une autre explication de la présence de Teisserenc de Bort à Itteville pourrait être le plaisir d'y retrouver Paul Painlevé et Paul Appell qui y viennent en villégiature et avec lesquels il est en relations amicales. Tous les trois siégeront à l'Académie des Sciences et c'est Appell qui prononcera l'éloge funèbre de Teisserenc de Bort.

Léon Teisserenc de Bort (1855-1913) et Georges Raymond (1855-1931)

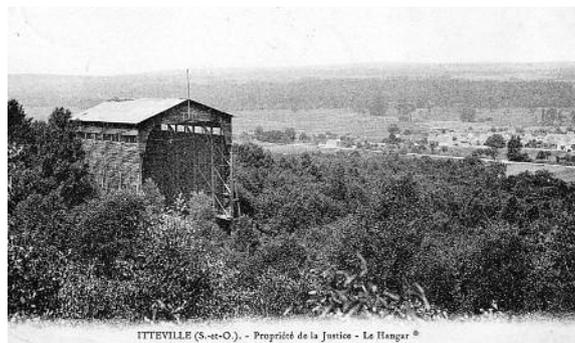
Leurs origines sociales sont très différentes : le premier est fils d'un très riche ministre et ambassadeur et le second d'un petit commerçant (photo 2). Ils sont nés tous les deux en 1855, se rencontrent chez un ami commun et sympathisent, quoique n'ayant pas du tout les mêmes manières de voir et de penser. Raymond entre alors au service de Teisserenc de Bort comme secrétaire. En 1883 à 28 ans, ils voyagent ensemble au Sahara pour des mesures de magnétisme. La fonction de Raymond est de localiser astronomiquement les endroits visités. Cette expédition dans des terres alors inconnues laisse supposer que leur relation est cordiale.

Dans leur activité météorologique, les marques de bonne entente apparaissent également. En 1890, c'est à G. Raymond qu'est confiée la rédaction du livre *Les grands centres d'action de l'atmosphère* qui explique les vues de Teisserenc de Bort sur le sujet. En 1900, Raymond est honoré pendant l'Exposition Universelle pour son rôle de Chef de service à Trappes et de Principal collaborateur de Teisserenc de Bort. Il apparaît que toute l'infrastructure technique est son domaine. Et il y excelle, par exemple le thermomètre bimétallique circulaire construit à Trappes est en usage en France, Espagne, Angleterre, Autriche et Russie. Raymond dit être l'inventeur et le constructeur de tous les appareils météorologiques utilisés à Trappes jusqu'en 1902. A ceux qui sourient je donne ce jugement de Camille Flammarion sur Raymond : il a une modestie invulnérable.

Après des années avec Teisserenc de Bort à Trappes, Raymond arrive vraisemblablement seul à Itteville à la fin de 1901. Il quitte Itteville et Teisserenc de Bort en 1906 au plus tard. Selon Besson, et dans le même article, c'est la mise en œuvre des nouveaux ballons-sondes en caoutchouc inventés par R. Assmann, plus faciles à lancer et qui montent plus haut, qui explique la désuétude d'Itteville. D'autre part, G. Raymond était mieux fait pour le travail de laboratoire que pour la direction d'un personnel ouvrier délicat à conduire et à surveiller. Les ennuis qu'il éprouva à Itteville le décidèrent à résilier ses fonctions.

Teisserenc de Bort n'a pas les mêmes difficultés hiérarchiques. Un visiteur de Trappes en 1901 remarque un personnel bien discipliné sous les ordres de son Directeur.

Quelques temps après Raymond se retire à Sanary puis à Antibes dans son observatoire d'astronomie mais continue des recherches météorologiques. Il reste en relation avec TdB qui en 1911 présente encore à l'Académie des Sciences des travaux de Raymond.



1/Le hangar de séchage à Itteville (document P. Mazières)

Le générateur d'hydrogène d'Itteville (photo 3)

Dans un premier temps TdB utilise un générateur monté sur voiture de modèle Renard utilisé par les aérostatiers militaires. Il n'en est pas satisfait mais conserve le procédé de fabrication qui consiste à faire agir de l'acide sulfurique sur du fer. C'est le plus simple des systèmes.

Comme dans beaucoup de procédés chimiques l'eau est le produit essentiel. Le parc aérostatique possède donc un moteur équipé d'une pompe qui par l'intermédiaire du château d'eau déjà en place alimente le générateur.

Voir sur la photo 3 les éléments suivants :



2/Georges Raymond (revue de l'Astronomie - 1931)

- **Réacteur** : sur la photo, c'est le récipient en fer. Il est recouvert de plomb à l'intérieur pour ne pas être corrodé par l'acide. Il est placé sous l'estrade, mesure environ 3,5m et a un volume d'approximativement 2 m³. Il est rempli au 2/3 de tournures de fer (copeaux). Elles sont versées par le haut avant la mise en route et elles peuvent être enlevées par une trappe visible en bas du réacteur. Environ à mi-hauteur sur la droite on distingue un trop plein par lequel déborde la solution de sulfate de fer théoriquement sans acide.

- **Laveur** : c'est la construction en briques sous l'homme de gauche (Raymond). Il comporte une cuve carrée munie d'un trop plein qui se déverse dans une rigole. Une cloche baigne dans la cuve. Elle est alimentée en hydrogène impur par une manche arrivant du réacteur et qui se prolonge dans la cloche par un tube de plomb plongeant dans l'eau. L'hydrogène lavé sort par la manche du premier plan. En haut de la cloche deux arrivées d'eau munies chacune d'un robinet. Ainsi l'hydrogène barbote dans une eau froide et pure constamment renouvelée.

- **Sécheurs** : caisse en bas à droite. La manche arrivant du laveur y pénètre. A Trappes, et c'est vraisemblablement pareil à Itteville, il y a trois sécheurs successifs. Chacun est constitué d'une boîte métallique contenant de la chaux vive en grains. A la sortie des sécheurs l'hydrogène est envoyé vers le ballon à remplir. Peut-être est-il d'abord stocké dans un gazomètre ...

Fonctionnement :

- *alimentation du réacteur*. Sur la photo 3, les deux hommes du haut alimentent l'acide concentré et l'eau en les siphonnant dans des touries placées derrière eux. L'acide entre par le bas du réacteur. A Trappes Teisserenc de Bort précise : ordinairement... on ajoute tantôt de l'eau tantôt de l'acide sulfurique, ce qui offre l'avantage de laisser épuiser tout l'acide du liquide renfermé dans le générateur et de ne perdre presque aucune quantité d'acide, ce qui arrive toujours avec le système de la circulation continue d'eau acidulée (j'appelle réacteur ce que Teisserenc de Bort appelle générateur). La solution d'acide remonte lentement dans le réacteur et, au contact de la grande surface de fer divisé, dégage de l'hydrogène qui quitte le réacteur par le haut tandis que la solution d'acide épuisé est évacuée par le trop plein (note 1).

- *laveur*. Le rôle du laveur est capital parce que la température dans le réacteur s'équilibre toujours, selon des documents d'époque, aux environs de 60 à 75°C. De ce fait les bulles d'hydrogène qui montent dans le réacteur contiennent beaucoup d'eau sous forme de vapeur (à 100°C, elles pourraient ne contenir presque que de l'eau). Or l'eau sous forme de vapeur pèse neuf fois plus que l'hydrogène. C'est très néfaste dans un ballon-sonde. Le premier rôle du laveur est donc de condenser la vapeur d'eau qui est mélangée à l'hydrogène par contact avec de l'eau maintenue froide par un fort renouvellement. De plus, des traces d'acide sulfurique et quelques autres gaz formés par des impuretés sont dissouts dans le laveur.



Don J.P.Pampin

3/Le générateur d'hydrogène d'Itteville

- Sécheurs. Ils parachèvent le séchage de l'hydrogène et neutralisent les traces d'acide qu'il peut encore contenir (note 2). L'hydrogène présumé pur part alors vers le ballon. Il contient cependant encore des impuretés dont certaines sont très toxiques ce qui faisait dire à TdB : on obtient avec cet appareil un gaz qui contient de tout, même de l'hydrogène, et qui peut vous empoisonner sans vous prévenir.

Les Ballons en papier

Description d'un ballon de Trappes :

Diamètre 5,5m, Volume 87m³, Surface 95m², Poids du ballon vernis 7kg, Poids du filet 1,2kg, Sac 0,2kg, Panier 0,75kg, Enregistreur 1,2kg, Mouvement de la boule 2kg, Divers, Ficelles etc.0,2kg . **Total : 10,75kg**

Remarques :

- *Diamètre.* Ce ballon est de taille moyenne. Les petits font environ 50m³ et les plus gros atteignent 500m³, l'un de ces derniers a été emporté par le vent, de Trappes jusqu'au sud de l'Espagne.

- *Poids.* L'enveloppe du ballon doit être légère. Elle pèse ici 73g/m² et celles des ballons ordinaires pesaient environ 100g/m². Pour cela Teisserenc de Bort les fait fabriquer en collant des fuseaux de papier (photo 4) . Ensuite, pour l'imperméabiliser, le ballon est verni de façon indéfinie. On évoque seulement le pétrole ou un produit siccatif (en fait de l'huile de lin). Puis le ballon est suspendu dans un grand hall et gonflé à l'air pour le séchage qui dure de deux à trois jours (photo 5). Il est alors prêt pour le gonflage à l'hydrogène avant l'envol. La construction en papier fragile a l'avantage qu'à l'atterrissage, s'il y a du vent, le ballon se déchire et évite ainsi le traînage au sol du précieux météorographe. En contrepartie le lancement par vent moyen est délicat et se faisait, selon la mémoire locale, sur la plaine en bas de la butte. Mais quel est alors l'intérêt de la butte (photo 6) ? Un vol coûte environ 100 francs, plus 10 francs pour dédommager celui qui réexpédie le matériel retrouvé à Trappes. Pendant la période qui nous intéresse seul Teisserenc de Bort et les météorologistes de Guadalajara au Mexique utilisent les ballons en papier.

- *Sac.* Il s'agit du délesteur que l'on voit tout en bas, sous forme d'un fuseau, sur la carte postale montrant un ballon-sonde en vol (photo 6). En bref, un ballon ouvert peut avoir une force ascensionnelle de plusieurs dizaines de kg après le gonflage. Il décolle alors très rapidement puis ralentit en arrivant dans sa zone d'équilibre environ 15km plus haut. Ceci a deux inconvénients majeurs. A l'envol un départ rapide peut rendre concave la partie supérieure du ballon au risque de le déchirer. A l'arrivée, dans la zone de plafonnement, donc sous faible pression qui induit des transferts thermiques réduits, il y a intérêt à augmenter la vitesse du ballon pour mieux ventiler la sonde de température et donc la qualité de la mesure (note 3).

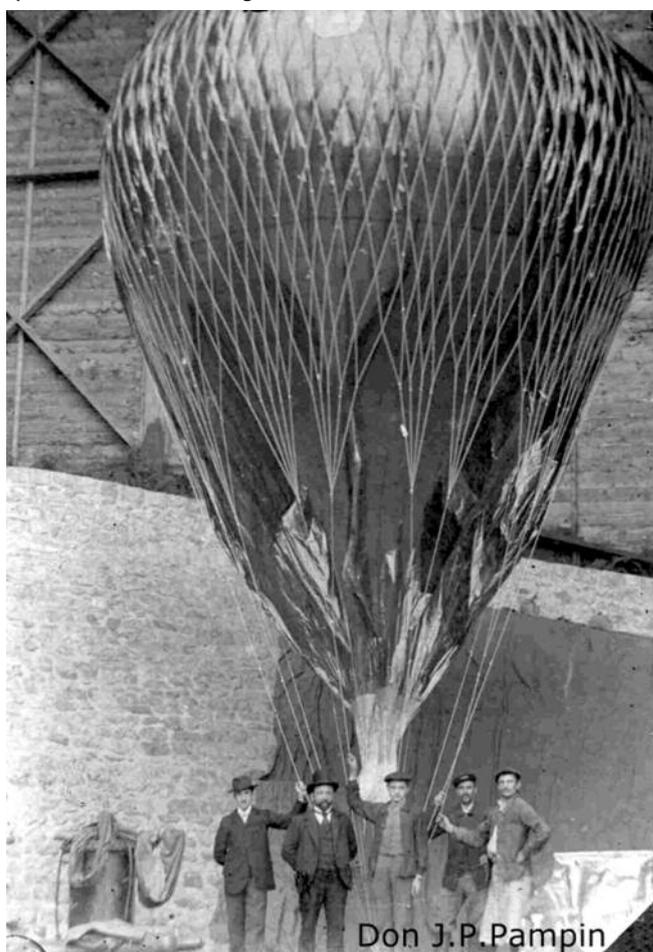
C'est le rôle du délesteur. Il est constitué d'un sac de toile étanche rempli de sable séché afin qu'il ne gèle pas en altitude. La base est munie d'un orifice calibré. Le poids de sable, jusqu'à plusieurs dizaines de kilogrammes, est fonction de la force ascensionnelle initiale désirée du ballon et l'orifice est choisi pour que le poids de sable soit évacué en environ 45 minutes. Ainsi le ballon est ralenti au départ et reprend sa vitesse naturelle en fin de parcours quand le délesteur est vide.



Don J.P.Pampin

4/Atelier de fabrication des ballons-sondes

5/Ballon sonde dans le hangar d'Itteville



Don J.P.Pampin



6/Vue générale de l'observatoire météorologique d'Itteville

- *Panier*. C'est l'emballage robuste et élastique en osier qui protège le météorographe à l'atterrissage, ou lors des aléas du décollage.

- *Boule*. Je ne sais pas exactement. Elle déleste le ballon très brusquement en tombant au moment du maximum d'altitude, et améliore la ventilation et, par conséquent, la mesure de température. La chute serait déclenchée par un baromètre. Une autre solution est de ventiler mécaniquement les sondes comme le faisait Richard Assmann à Lindenberg.

Lorsque le ballon-sonde est présumé avoir terminé les mesures, un dispositif le déchire de façon qu'il ne soit pas entraîné inutilement très loin par le vent au risque d'être perdu. Le procédé utilise un réveil réglé à l'envol de façon qu'il se détache lui-même du ballon et que l'énergie de sa chute entraîne une ouverture de ballon. Il reste bien sûr suspendu par une ficelle au bout de sa chute.

Les ascensions.

Quelques chiffres épars montrent que le nombre de lancements de ballons sondes par TdB est très régulier du début, en avril 1898, jusqu'à 1909 (photo 7). La moyenne est de 2,2 envols par semaine. Faute d'avoir pu connaître le nombre de départs d'Itteville, je fais l'hypothèse qu'il y a eu autant d'envols à Itteville qu'à Trappes pendant trois années pleines. 170 ballons-sondes seraient alors partis d'Itteville. J'en ai retrouvé quelques traces lors des Ascensions Internationales décidées par le Congrès Météorologique de 1896.

Ces ascensions se faisaient en fin de nuit afin d'éviter l'échauffement des sondes de température par le rayonnement solaire et à des dates préalablement convenues. Elles avaient lieu dans une vingtaine de villes réparties dans l'hémisphère nord, allant de Guadalajara (Mexique) à Kazan (Russie), la grande majorité en Europe occidentale. Les météorographes étaient élevés à l'aide de ballons montés (hommes), ballons profilés captifs, cerfs-volants, ballons-sondes caoutchouc ou papier. Les ballons s'élevaient les mêmes jours à Trappes et Itteville. Du peu de chiffres que j'ai trouvés, aucun vol parti d'Itteville n'a atteint 14000 mètres.

A chaque ballon est attaché le texte suivant :

Les personnes qui trouveront ce ballon sont priées :

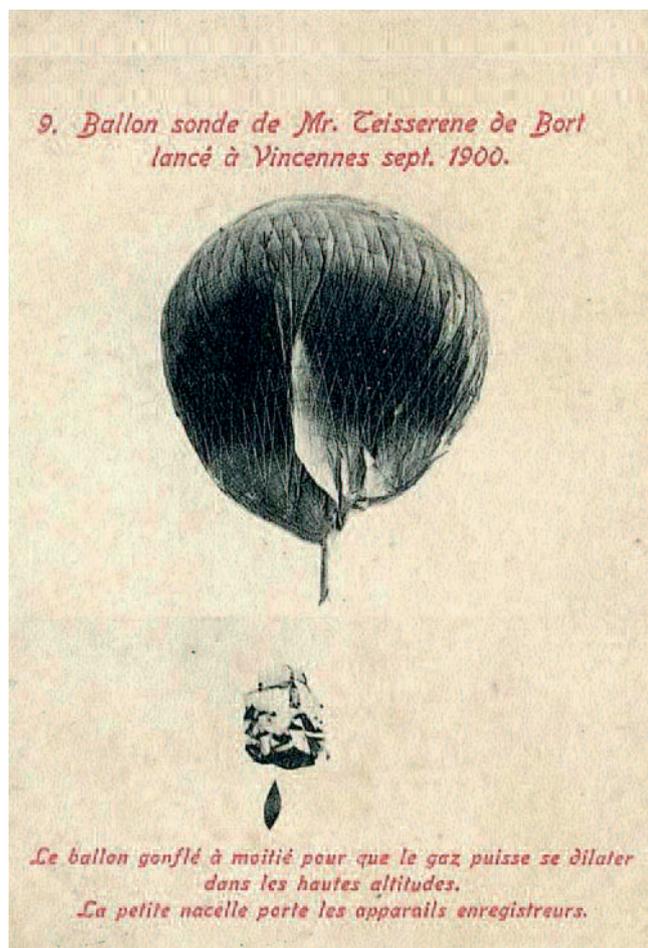
1° De détacher la petite nacelle en ayant bien soin de ne pas l'ouvrir, de l'emballer avec précaution dans une caisse en bois et de la retourner en grande vitesse à M. le Directeur de l'Observatoire de Trappes (Seine et Oise) ;

2° Joindre au colis le filet et le petit sac en toile ainsi que les deux manches en toile qui sont à chaque bout du ballon et le réveil ;

3° Aviser télégraphiquement le directeur de l'observatoire de Trappes du lieu où le ballon a atterri, faire suivre cette dépêche d'une lettre explicative dans laquelle on est prié de dire s'il restait du sable dans le petit sac en toile ;

4° Une récompense de Francs sera envoyée à la personne qui aura retrouvé ce ballon ; cette somme servira à le dédommager et à couvrir les menus frais de l'envoi.

Le même texte est joint, traduit en Allemand.



7/Carte postale; ballon-sonde de Teisserenc de Bort en 1900 (document P. Mazières)

Note 1 :

La réaction est la suivante :



Le fer est en large excès dans le réacteur. Pour l'acide sulfurique il faut alimenter un peu plus que la quantité stoechiométrique permettant d'obtenir la quantité d'hydrogène nécessaire pour remplir le ballon. Tout se joue sur la quantité d'eau. Les réactions étant exothermiques (particulièrement celle de dilution) la température dans le réacteur est d'environ 60 à 75°C. Il importe donc d'alimenter avec l'acide la quantité d'eau permettant au moins de dissoudre le sulfate de fer hydraté aux environs de 75°C et il vaut mieux 20°C. Sinon on s'expose à cristalliser le sulfate qui encombrerait ou boucherait le réacteur et son trop plein ou la rigole d'écoulement. La littérature de l'époque donne différentes valeurs pour la concentration à donner à la solution acide entrant dans le réacteur, de 14% à 20%. A l'évidence un savoir faire était nécessaire.

Note 2 :

La chaux vive, CaO, donne avec l'eau de la chaux éteinte, Ca(OH)₂, et avec H₂SO₄ du sulfate de calcium, CaSO₄.

Note 3 :

Les Instructions de service 1899 contiennent des remarques intéressantes parce qu'elles concernent la période de découverte de la stratosphère. La ventilation se mesure en mm Hg/sur 2 minutes, c'est-à-dire qu'elle est une fonction du poids d'air traversé ce qui dans le principe est rationnel. Mais selon que cette vitesse est supérieure ou inférieure à 7 les corrections apportées aux mesures sont différentes. Est-ce rigoureux ?

Sources et remerciements :

- Alfred de Quervain : Instructions de service 1899
- Besson : La Météorologie mai 1932 Notice nécrologique de G.Raymond
- Espitalier : La technique du ballon 1907
- Flammarion : Bulletin de la Société Astronomique de France (sur Raymond)
- Touchet : L'Astronomie 1931 Vol.45 pp. 443-451 (sur G.Raymond)

Je remercie pour leurs informations et leur gentillesse Messieurs Xavier Popineau (bibliothèque Météo France) et Jean Pierre Pampin.

PIERRE MAZIÈRES

Ndlr : dans arc en ciel N° 165, Pierre Mazières, dans un paragraphe de son article intitulé "Notices sur les collaborateurs de Léon Teisserenc de Bort à l'observatoire de Trappes", avait attiré notre attention sur "L'énigme d'Itteville". Itteville est très peu citée dans les publications de Teisserenc de Bort, on trouve un signalement de l'extrait du procès verbal de la réunion du 7 avril 1904 du Bureau Central Météorologique. Cela n'avait pas échappé à Michel Beaurepaire qui, à la fin des années 1990, s'était à la mairie d'Itteville et avait obtenu la copie de quelques documents attestant de la présence de Teisserenc de Bort dans cette commune.

La Radiophonie

Vous trouverez ci-après de larges extraits d'un article de la revue RADIOELECTRICITE paru en juillet 1922 (Tome III - N°7). Cela concerne les premières transmissions radiophoniques en France, depuis la Tour Eiffel, de prévisions météorologiques en direction du monde de l'agriculture.

Vous verrez qu'à cette époque sont déjà posées les bases du principe du travail permanent, 365 jours par an, pour les météorologistes et l'appel aux services du bénévolat auprès d'institutions (écoles, mairies, gendarmerie) et de citoyens (buralistes et citoyens) pour la réception des informations. Ce document nous a été fourni par notre ami Claude Fons ; il provient des archives de l'Almanach du Marin Breton, association dont Claude fut le vice président.

La transmission radiophonique des prévisions météorologiques agricoles



1/Réception du premier bulletin météorologique émis par la tour Eiffel en juillet 1922 dans une cour de ferme en Ile de France. (publié dans la monographie n°1 de M. Dettwiller) - Document Météo-France -

La transmission radiophonique des prévisions météorologique vient d'enregistrer un nouveau progrès. On sait que, depuis le 16 février 1922, le bulletin météorologique français est transmis quotidiennement à 18 h 10 en téléphonie sans fil par la station de la tour Eiffel. Afin que l'agriculture puisse tirer de cette diffusion le maximum de profit, il a été décidé, d'accord avec les ministres de l'Agriculture, de l'Intérieur et de l'Aéronautique, de donner à ce service toute l'extension possible. En conséquence, depuis le 15 juillet 1922, le poste de la Tour Eiffel transmet trois fois par jour à 4h 50, 12 h 15 et 18 h 10, des bulletins météorologiques téléphonés, relatifs aux prévisions pour la France entière (ndlr : photo 1). D'ailleurs, nos lecteurs n'ignorent pas que des services météorologiques spéciaux à l'usage de l'aviation sont assurés en téléphonie sans fil sur la longueur d'onde de 900 mètres, par les postes radioélectriques du Service de la Navigation aérienne. L'application intensive de la radiotéléphonie aux services météorologiques est une excellente idée et il convient de savoir gré aux pouvoirs publics d'avoir pris cette heureuse initiative. La connaissance des prévisions météorologiques est, en effet,