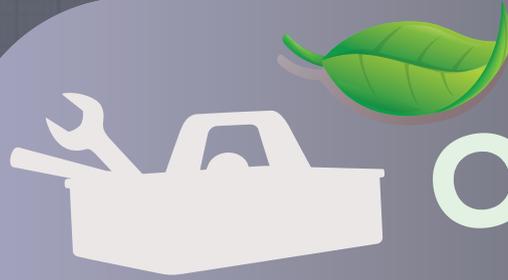


Novembre 2014



FICHE OUTILS

L'utilisation de stations météo en tourbières





La mesure des paramètres météorologiques en tourbière vise la plupart du temps l'établissement d'un bilan hydrologique.

Le terme station météo est donc ici pris au sens large. On utilise souvent une centrale d'acquisition sur laquelle il est possible de connecter de nombreux types d'instruments possédant un ou plusieurs capteurs. Les variables mesurées peuvent être des variables météorologiques classiques, ou des paramètres tels que les niveaux de nappe, la teneur en eau du sol, la conductivité électrique de l'eau, etc.



Photo 1 - centrale d'acquisition installée dans son armoire étanche (© G. BERNARD)



- QUEL MATÉRIEL UTILISER ?

On peut grossièrement distinguer trois grandes catégories de matériel :

Les enregistreurs mécaniques

(enregistrement analogique)

Ces systèmes semblent robustes et précis mais présentent deux inconvénients majeurs : la capacité de stockage et le traitement des données. Le papier enregistreur doit être changé régulièrement et l'ensemble des données saisies manuellement.

Les dispositifs amateurs / de loisirs

Ils présentent l'avantage de ne pas être trop onéreux, mais ils montrent rapidement leurs limites pour une utilisation contraignante en milieu naturel. Les matériaux utilisés sont souvent peu robustes et les appareils mal dimensionnés pour une utilisation fiable. On peut citer l'exemple de pluviomètres trop petits qui peuvent facilement se boucher ou être sensibles au vent.

Les dispositifs professionnels

Ils se composent d'une centrale d'acquisition sur laquelle différents types de capteurs peuvent être connectés. C'est ce type de dispositif qui est le plus souvent utilisé pour la recherche. Les principales contraintes de ces dispositifs sont leurs coûts, la consommation énergétique et la programmation des différents paramètres.





- TYPES DE CAPTEURS ET PARAMÈTRES MESURÉS

Température et humidité relative

Ces deux paramètres se mesurent généralement avec une même sonde, placée dans un abri ventilé. La mesure de l'humidité relative peut être imprécise à cause de l'atmosphère presque toujours saturée, dans ces contextes tourbeux.

Vitesse et direction du vent

Les anémomètres à coupelles ou à ultrasons sont les plus couramment utilisés. Le premier présente l'avantage d'être simple et de mesurer des gammes de vitesse allant de 0 à 200km/h. Il présente toutefois l'inconvénient de ne pas prendre en compte les courtes rafales par exemple. L'anémomètre à ultrasons sera dans ce cas plus efficace, d'une manière générale il permet la mesure de vents turbulents.



Photo 2 - l'anémomètre à ultrasons (© BERNARD G.)

La vitesse du vent, tout comme la température et l'humidité de l'air, sont des facteurs importants pour le calcul de l'évapotranspiration, paramètre nécessaire pour établir le bilan hydrologique de la zone humide.

Rayonnement solaire

L'estimation de l'évapotranspiration pour le calcul du bilan hydrologique nécessite une mesure de l'irradiance nette de la surface de la tourbière. Ce paramètre correspond au bilan entre l'ensemble du rayonnement entrant dans l'écosystème et l'ensemble du rayonnement sortant. Il se mesure par 4 capteurs (souvent inclus dans un même instrument) 2 pyranomètres (1 vers le haut, 1 vers le bas) pour les longueurs d'ondes courtes et 2 pyrgeomètres (1 vers le haut, 1 vers le bas) pour les longueurs d'ondes longues.



Photo 3 - Station météo équipée de capteurs de rayonnement à gauche (© BERNARD G.)

Les capteurs de rayonnement sont passifs et n'ont donc pas besoin d'être branchés à une batterie. Cependant le pyrgeomètre peut être chauffé pour éviter la formation de buée.



L'utilisation de stations météo en tourbières

Novembre 2014

FICHE OUTILS

Précipitations



Ce paramètre est indispensable pour établir le bilan hydrologique de la tourbière et pour la connaissance de son fonctionnement.

Pour la mesure des quantités de précipitations, les pluviomètres à augets basculeurs sont le plus souvent utilisés ; ils possèdent une bonne précision. La principale difficulté est la mesure des quantités de précipitations sous forme de neige. Il faut pour cela avoir recours à un pluviomètre chauffant qui nécessite une alimentation sur secteur, souvent impossible pour les sites isolés.



Photo 3 - pluviomètre chauffant (© DESPLANQUE C.)

Des approximations sont toutefois possibles, par exemple en mesurant la hauteur de neige cumulée. Des données peuvent également être disponibles auprès de Météo France (service payant), qui possède des systèmes d'observation pluviométrique. Le calcul des lames d'eau issu de ce réseau de mesure peut donner une bonne approximation des quantités de précipitations en un lieu donné. Elles sont disponibles sur l'ensemble du territoire métropolitain.

Exemple d'utilisation : couplée à un suivi piézométrique précis, la mesure de la quantité de précipitations permet en outre d'appréhender certains aspects du fonctionnement hydrologique de la zone humide, comme les mécanismes de décharge/recharge de nappe par exemple.



Pression atmosphérique



La mesure de la pression atmosphérique est nécessaire pour le gestionnaire qui utilise des sondes piézométriques automatiques. Ces capteurs mesurent en effet la pression de la colonne d'eau pour estimer sa hauteur. Il est donc nécessaire de la corriger en enlevant la part de la pression atmosphérique.

- Fréquence d'acquisition des données

Une mesure horaire semble généralement suffisante lorsque l'on s'intéresse au bilan hydrologique. Dans les stations météorologiques de recherche du SO tourbières, chaque sonde réalise une mesure toutes les 15 secondes et la moyenne calculée sur 30 minutes est enregistrée.

Attention, la fréquence d'acquisition va en partie conditionner la consommation électrique de la station météo.

- Alimentation électrique et stockage

Les équipements de base sont généralement peu consommateurs d'énergie et l'utilisation de batteries alimentées par panneaux solaires sera suffisante dans la plupart des cas.



L'utilisation de stations météo en tourbières



FICHE OUTILS

Novembre 2014

Pour estimer la taille des panneaux et la capacité de stockage nécessaire il faut connaître :

- *La puissance* (P en Watt) consommée chaque jour par l'ensemble des équipements. Dans la plupart des cas, le matériel fonctionne en 12V et toute la journée. Pour un ensemble consommant 0.2A,

il faudra donc prévoir un besoin journalier de $12V \times 24h \times 0,2A = 57,6 \text{ W/jour}$

- *Le coefficient d'irradiation solaire* du lieu d'installation, qui peut être calculé par exemple sur ce site : http://ines.solaire.free.fr/gisesol_1.php . Après avoir renseigné l'inclinaison du panneau, son orientation et sa localisation (et éventuellement le masque), le logiciel donne le coefficient d'irradiation globale (IGP) pour chaque mois. Pour s'assurer une utilisation continue au cours de l'année, il faut prendre la valeur la plus basse pour le calcul.

La puissance des panneaux solaires à installer s'estime en divisant la puissance journalière par le coefficient d'irradiation. Par exemple avec une IGP de 1,33 (panneau installé à Besançon [25], orienté sud avec une inclinaison de 30°, sans ombre, en décembre),

il faudra des panneaux de $57,6 / 1,33 = 43W$



En ce qui concerne la capacité de stockage de la batterie, cela dépend essentiellement du nombre de jours d'autonomie souhaités (mauvais temps, couverture nuageuse, etc.). Il faut également tenir compte du fait que les batteries ne peuvent être totalement déchargées.

La capacité de stockage s'estime avec le calcul suivant (exemple avec 4 jours d'autonomie)

Consommation journalière
 $57,6W \times 1,2$ (marge de sécurité) = 69,12W
 $69,12W / 12V = 5,76Ah$
 $5,76Ah \times 4 \text{ jours} = 23,04Ah$



Photo 4 - pour le dimensionnement du système d'alimentation électrique, il faut prendre en compte l'enneigement qui peut limiter les performances du panneau solaire.

(© BERNARD G.)

- Problèmes d'installation



L'installation des stations météo en tourbières se heurte fréquemment au problème de stabilité dans le temps. L'installation des capteurs étant normée (hauteur, orientation, inclinaison, etc.), la qualité des données enregistrées dépend aussi de ces paramètres. Il est donc vivement conseillé d'installer les dispositifs sur une petite plateforme. En ce qui concerne les normes de mesures, et l'installation des stations météo, le lecteur pourra se reporter à la thèse de PORTERET (2008) qui consacre un chapitre à ce sujet.



RETOUR D'EXPÉRIENCE : RÉSERVE NATURELLE DU LAC LUITEL, BILAN HYDROLOGIQUE DE LA TOURBIÈRE

Depuis 2006, la tourbière de la Réserve naturelle du Lac Luitel [38] est équipée d'un dispositif météorologique complet destiné à fournir une partie des données nécessaires à l'établissement du bilan hydrologique de la zone humide (liste des équipements en pages 7 et 8). Carole Desplanque (ONF), gestionnaire de la RN du Lac Luitel, nous explique les principales difficultés rencontrées dans l'utilisation de cette station météo.

Après plusieurs années d'utilisation, quels sont les principaux problèmes rencontrés ?

Nous avons eu quelques capteurs en panne ou des capteurs dérivant dans le temps. Outre la dérive « normale », certains capteurs installés dans le sol ont dû être recalibrés notamment à cause des mouvements de la tourbière et de la croissance des sphaignes. Ces pannes et dérives engendrent des lacunes dans les séries de données. Ces problèmes sont gérés par les techniciens avec qui nous collaborons.

Il est donc nécessaire de s'associer avec des techniciens compétents dans ce domaine ?

Oui, il est préférable de travailler avec des scientifiques comme nous l'avons fait (laboratoire LTHE de l'Université de Grenoble) ou avec un bureau d'études spécialisé. Sinon on passe rapidement vers du « bricolage » avec le risque d'avoir des données peu utilisables. Nous avons par exemple eu une panne de pluviomètre, et le laboratoire a pu récupérer des données de Météo France dans un site voisin similaire ; mais il faut pour nos propres appareils respecter des normes d'installation.

Quelles autres recommandations pour un gestionnaire qui souhaite installer une station météo ?

Lors de l'installation il faut s'assurer de la stabilité à long terme, ce qui n'est pas toujours simple dans une tourbière.

Pour la maintenance, un système de transmission des données par GSM peut s'avérer pratique ! Cela évite les déplacements sur site et cela permet de facilement détecter une panne sur un capteur. La rapidité d'intervention dans ce cas permet de ne pas perdre trop de données.

Les équipements robustes ont un coût important à l'achat mais se rentabilisent dans la durée d'utilisation.

Les données météorologiques constituent un élément non négligeable pour la compréhension du fonctionnement hydrologique d'une tourbière, qui est considérée comme un préalable indispensable à la restauration, voire la gestion de ces milieux.

« La connaissance du fonctionnement hydrologique d'un site est vitale pour être à même de protéger ou, en cas de dysfonctionnement identifié, d'intervenir sur les secteurs à enjeux, y compris à l'échelle du bassin versant de la tourbière. (...) La méconnaissance revient bien souvent à travailler "à l'aveuglette" tant l'importance de ce paramètre est grande » (CHOLET J. & MAGNON G., 2010).



Photo 5 - tourbière de Luitel (© MULLER F.)



L'utilisation de stations météo en tourbières



FICHE OUTILS

Novembre 2014

ETAT 2014 DE L'INSTRUMENTATION DANS LA RÉSERVE NATURELLE DU LAC LUITEL

Station hydro - météorologique installée au milieu de la tourbière du col Luitel	ELEMENT	MARQUE	REF. PRODUIT	ENERGIE	PRIX UNIT. (HT)	REMARQUES	
	Centrale d'acquisition						
	Centrale d'acquisition Campbell Scientific	Campbell Scientific Inc.	CR 10X	solaire	1 350 €	Matériel de base	
	Multiplexeur à relais (permet d'augmenter le nombre de capteurs que l'on relie à la centrale)	Campbell Scientific Inc.	AM 16/32	solaire	580 €	Nécessaire si nombreux capteurs	
	Capteurs météorologiques						
	Capteur de température (°C) & humidité relative de l'air (%) à 1,5 m du sol & abri solaire passif	Campbell Scientific Inc.	CS215	solaire	370 €	Matériel de base	
	Baromètre : pression atmosphérique (hPa)	Setra	CS100	solaire	500 €	Nécessaire seulement si pas d'autre mesure de ce type au voisinage, indispensable pour compenser les Diver	
	Pluviomètre 400cm ² : quantité de pluie (mm)	Précis Mé- canique	3029	solaire	560 €	Matériel de base - mais pb pour mesure de la lame d'eau correspondant à la neige	
	Anémomètre/Girouette : mesure de la vitesse (m/s) & direction du vent (°/Nord) par ultra sons, à 2,3 m de hauteur	Gill	Wind- Sonic	solaire	730 €	Matériel de base - bonne alternative à une girouette mécanique (pas de pièce en mouvement)	
	Radiamètre : rayonnement solaire global incident (W/m ²)	Apogée	CS300	solaire	270 €	Matériel de base	
Radiamètre : rayonnement solaire net (W/m ²)	Kipp & Zonen	NR Lite 2	solaire	1000 €	Nécessaire pour calcul de l'ETP		
Mesure de hauteur de neige par ultra sons (m)	Campbell Scientific Inc.	SR50	solaire	790 €	Mesure ponctuelle difficile à étendre à toute la tourbière		
Capteurs hydrologiques installés dans la tourbière							
3 thermistances pour mesure de la température de la tourbière à 10, 70 & 130 cm de profondeur (°C)	Campbell Scientific Inc.	107 L	solaire	60 €	-		
Pression d'eau de la nappe à 1,4 m de profondeur (mbar)	Drück	PDCR 1830	solaire	710 €	Mesure différentielle permet- tant directement d'obtenir la profondeur de la nappe à cet endroit		
Teneur en eau de la tourbe à 10 cm de profondeur (m ³ /m ³)	Decagon	ECH ₂ O	solaire	75 €	Sonde capacitive		
Teneur en eau de la couche -10 -40 cm (m ³ /m ³)	Campbell Scientific Inc.	CS 616	solaire	400 €	Sonde capacitive		



L'utilisation de stations météo en tourbières



	ELEMENT	MARQUE	REF. PRODUIT	ENERGIE	PRIX UNIT. (HT)	REMARQUES
Complément pour mesure de l'eau tombant sous forme de neige						
Pluviomètre chauffant	Pluviomètre Précis Mécanique 1000 cm ² chauffant : quantité de précipitation (pluie et neige) (mm)	Précis Mécanique exploitation	3030 avec réchauffage	réseau électrique	2 234 €	Permet de mesurer l'équivalent en lame d'eau de la neige en la faisant fondre. Nécessaire pour bilan hydrologique de la tourbière, plus facultatif si l'on se concentre sur la période de végétation
	Récupération des données	Modem GSM pour transmission jusqu'à un ordinateur et/ou un serveur + antenne	Sierra Wireless	Fastrack	téléphonie sans fil	400 €
Autres capteurs installés à des points divers de la tourbière du col Luitel						
Hydrologie ruisseau piézo	Hydrologie - ruisseau de Fontfroide					
	Hauteur (cm), température (°C) & conductivité électrique (µS/cm) de l'eau d'un ruisseau	OTT	CTD	piles	2100 €	Indispensable pour accéder au débit à l'exutoire - Nécessite l'établissement par jaugeage d'une "courbe de tarage": relation hauteur - débit.
	Hydrologie - réseau de piézomètres					
	5 Capteurs de pression installés dans piézomètres manuels existants : niveau de la nappe	Schlumberger Water Services	Mini Diver	piles	595 €	Capteurs "absolus" nécessitant de connaître la pression atmosphérique pour en déduire la hauteur d'eau dans les piézos
	Hydrologie - entrée du lac luitel post travaux de collecte des eaux salées et de restauration du ruisseau					
Hauteur (cm), température (°C) & conductivité électrique (µS/cm) de l'eau d'un ruisseau	OTT	CTD	piles	2010 €	Idem ruisseau de Fontfroide. La mesure de la conductivité électrique donne une indication sur le transport éventuels de sels dissous.	

ATTENTION PRIX INDIQUÉS PAR CAPTEUR
sans fils, supports, pied, visserie, ...

Total capteurs actuellement installés sur le Luitel : 16 556 €



L'utilisation de stations météo en tourbières



FICHE
OUTILS

Novembre 2014

- BIBLIOGRAPHIE

- CHOLET J. & MAGNON G., 2010. Tourbières des montagnes françaises - Nouveaux éléments de connaissance, de réflexion et de gestion. Pôle-relais Tourbières / Fédération des Conservatoires d'espaces naturels, 188p.
- PORTERET J., 2008. Fonctionnement hydrologique des têtes de bassin versant tourbeuses du Nord-Est du Massif Central [en ligne]. Thèse de doctorat d'université. Saint-Etienne : Université Jean Monnet. Disponible sur <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00355560/en/> (consulté le 22/08/2014)

- REMERCIEMENTS

- Jérôme Porteret
(Conservatoire d'espaces naturels de Savoie)
- Carole Desplanque
(ONF - Réserve naturelle du Lac Luitel, Isère)
- Sébastien Gogo
(Institut des Sciences de la Terre d'Orléans)

Document réalisé avec le soutien financier
de la DREAL Franche-Comté
et du Conseil régional de Franche-Comté.



Conseil régional
de Franche-Comté