

Prévision d'humidité pour l'agriculture en Eure et Loire

• EMMANUEL LINDEN •

Résumé

L'Eure-et-Loir est un département essentiellement agricole. Son centre météorologique, après concertation avec la chambre d'agriculture, souhaite diffuser dans son bulletin d'agrométéorologie une prévision d'humidité sous forme « d'horaires de passage de seuil ». En effet, certains traitements phytosanitaires ne peuvent être effectués si l'humidité est inférieure à 70 voire 80 %. Il semble donc utile de fournir l'heure à laquelle l'humidité descend en dessous de 80 % et de 70 %. Le but du stage a été de mettre au point un outil d'aide à cette prévision.

Après avoir précisé les besoins du CDM, on a réalisé des études statistiques et théoriques sur le comportement de l'humidité et ses liens avec d'autres paramètres météorologiques.

Les résultats de ces études ont été mis sous forme d'un programme informatique. Ce programme se veut simple d'utilisation et convivial. Il calcule statistiquement l'humidité minimale et maximale prévue pour la journée, puis trace le profil d'évolution du paramètre avant d'en déduire les horaires de passage de seuils.

L'humidité

au cours de la journée

Pour étudier l'humidité au cours de la journée, nous utiliserons les relevés faits toutes les heures afin de tracer la courbe $HU = f(t)$ à pas de temps horaire. On effectue un calcul de moyenne de l'humidité pour chaque mois(1) et chaque observation synoptique. L'allure des courbes montre une évolution sensiblement identique de l'humidité quelque soit le mois envisagé : l'humidité, de maximale au petit matin, décroît au cours de la journée pour tomber à un minimum dans l'après-midi avant de réamorcer sa croissance le soir. Cette évolution suit donc la course quotidienne du soleil. Il est d'ailleurs intéressant de noter que quel que soit le mois, le maximum correspond à environ 06 h UTC et le minimum plutôt vers 15 h UTC (2). (figure 1) Si l'on superpose l'évolution de la température avec celle de l'humidité, nous trouvons pour chaque mois un profil dont la forme est symétrique (à une similitude près). Dans sa note technique « l'humidité de l'air et ses variations » E. Choissnel exprime mathématiquement cette remarque :

$$T(h) = T_n + kt(h) [T_x - T_n]$$

$$U(h) = U_n - ku(h) [U_x - U_n]$$

Hypothèse : $kt(h) = ku(h)$

Avec T_n , T_x la température minimale et maximale de la journée et $kt(h)$ un coefficient réel et U_n , U_x l'humidité minimale et maximale de la journée et $ku(h)$ un coefficient réel. (figure 2)

L'étude ayant été faite pour la station du Bourget, on a vérifié que l'on peut faire la même approximation à Chartres.

L'hypothèse de Choissnel permet de considérer le problème de la prévision d'humidité sous un autre angle. Nous n'allons pas calculer directement l'heure du passage de seuil mais nous allons tracer la courbe d'évolution de l'humidité en fonction du temps. La variation de la température prévue va permettre de tracer le profil d'évolution de l'humidité pour la journée. Reste à calibrer cette courbe en lui attribuant les valeurs prévues du minimum et du maximum d'humidité.

La suite de l'étude théorique va consister à mettre au point une prévision d'humidité minimale et maximale en fonction des conditions météorologiques.

figure 1
Profil de l'humidité : exemple du mois d'avril

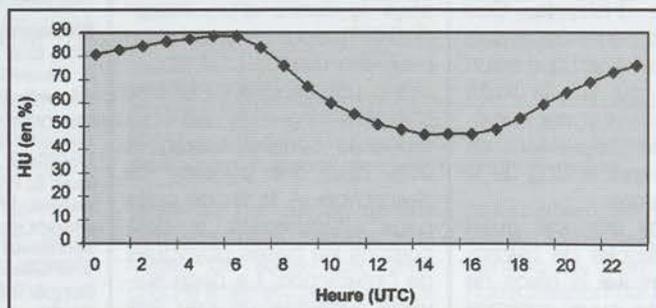
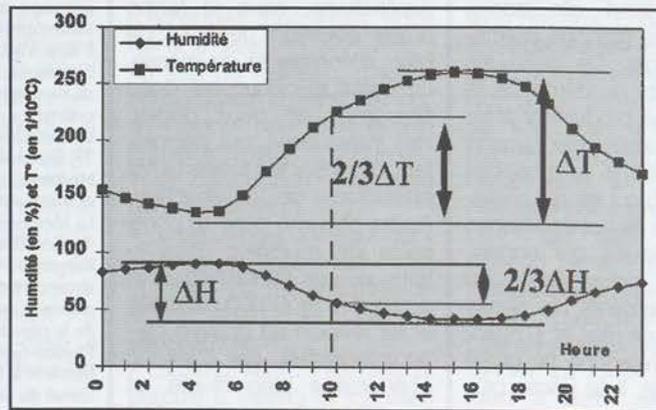


figure 2
Illustration de la formule de Choissnel



1: On a mené l'étude des mois de mars à octobre. En période hivernale, la prévision d'humidité n'est évidemment pas utile.

2: C'est une hypothèse que l'on a vérifiée statistiquement au cours du stage

Extrema d'humidité

1. Paramètres influants

Le CDM 28 a mis en place dès le mois de novembre 1997 un essai de prévision d'humidité consigné sous forme d'un «tableau de bord». Cette prévision est réalisée le matin à 06 h UTC. Elle consiste en une estimation des horaires de franchissement (à la baisse ou à la hausse) des seuils d'humidité de 80 % et 70 %. Il y a donc quatre seuils de prévus.

Au cours de la journée le prévisionniste note les seuils réellement observés et calcule l'écart entre prévision et observation. Dans le cas où on estime que l'humidité ne franchira pas un seuil (ou les deux seuils) on marque le signe « / » à la place de l'heure prévue.

Le dépouillement des résultats permet de dresser une première liste de paramètres ou d'événements qui pourraient avoir un lien avec la valeur de l'humidité :

- la température : le lien a été mis en évidence dans la partie «l'humidité au cours de la journée».

- la couverture nuageuse (nébulosité et hauteur de la base).

- l'ensoleillement, que nous n'étudierons pas, car il est lié de manière implicite à la couverture nuageuse.

-le type de masse d'air, le passage de fronts ou de perturbations. : nous n'avons pas de données facilement exploitables sur le passage des fronts, par contre pour le type de masse d'air, on peut utiliser un outil : «la classification des types de temps»(3).

On rajoutera à la liste deux paramètres qui semblent aussi contribuer à la variation de l'humidité :

- le vent : force et direction. En effet, on peut supposer que l'humidité est sensible au brassage de l'air de basse couche, donc au vent.

- l'état du sol. : le sol, pouvant être une source d'humidité pour la masse d'air, a peut-être également une influence.

Nous allons essayer de voir les liens qui existent entre l'humidité minimale (et maximale) et ces différents paramètres météorologiques exposés dans la liste ci-dessus. Des outils statistiques(4) permettront de découvrir ces liens.

Sur le tableau 1 est consignée la valeur du lien statistique (néant, faible, moyen ou fort) en fonction du paramètre météo étudié et de l'humidité minimale ou maximale.

2. Calcul des humidités extrémales

Les paramètres influants étant retenus, il faut pouvoir délivrer au prévisionniste une valeur de l'humidité correspondant à des conditions météorologiques particulières. La valeur «statistique» fournie est la valeur moyenne de l'humidité observée dans des conditions météorologiques identiques (même force de vent, même type de couverture nuageuse, etc.). (tableau 2)

En tant que valeur moyenne, elle n'est

qu'indicative et doit pouvoir être amendée et validée. Cette valeur intègre au mieux des données comme le vent, la nébulosité ou bien le type de situation. Cependant il reste au prévisionniste des données très pertinentes pour la prévision d'humidité (radiosondages, modèle Arpège, etc.) que l'on a écartées uniquement pour des raisons techniques (étude automatique impossible, pas d'archivage disponible en CDM). Cependant on ne peut ignorer ces paramètres ; c'est pourquoi le programme informatique permet au prévisionniste d'intervenir et d'apporter son expertise. Cet outil ne doit donc être, comme toute méthode de calcul automatique, considéré uniquement comme une aide au prévisionniste et non un substitut.

Le programme Humidité

L'étude théorique a mis en avant toute la démarche que devra suivre l'outil de prévision.

1. Récupération des températures au pas tri-horaire.

But : calculer les humidités tri-horaires par la formule de Choissnel.

Méthode : au lieu de demander au prévisionniste de saisir les températures tri-horaires, on peut récupérer ce travail qui a été déjà fait sur Symposium(5). La base Symposium est mise à jour par le prévisionniste d'Eure-et-Loir et son travail est sauvegardé par un ordinateur. Il suffit de récupérer ce fichier.

2. Récupération de la nébulosité, de vent et de type de temps prévus

But : calculer les humidités extrémales.

Méthode : le vent prévu à 6 h se récupère de la même manière que la température par Symposium.

La nébulosité des nuages sera rentrée par le prévisionniste au moyen de «Boutons» sur lesquels il faudra cliquer. Le type de temps prévu, information délivrée par le Scem, sera aussi rentré par le prévisionniste au clavier.

À l'issue des calculs utilisant les résultats statistiques exposés plus haut, une valeur des humidités minimale et maximale sera délivrée. Il m'a semblé important que le prévisionniste puisse modifier ces valeurs s'il a des raisons de penser que l'estimation ne prend pas bien en compte les particularités du jour. La suite du programme retiendra ces valeurs pour faire le calcul.

	Humidité maximale	Humidité minimale
Force du vent	<i>moyenne</i>	<i>faible</i>
Direction du vent	<i>faible</i>	<i>faible</i>
Etat du sol	<i>faible</i>	<i>néant</i>
Nébulosité des nuages > 3 500 m	<i>néant</i>	<i>faible</i>
Nébulosité des nuages entre 3 500 m et 1 500 m	<i>néant</i>	<i>moyen</i>
Nébulosité des nuages entre 1 500 m et 800 m	<i>néant</i>	<i>moyen</i>
Nébulosité des nuages < 800 m	<i>faible</i>	<i>fort</i>
Type de temps	<i>faible</i>	<i>faible</i>

Tableau 1 - En italique, les paramètres retenus comme influants suffisamment la valeur des humidités extrémales.

Nébul	Vent			
	calme	faible	fort	modéré
clair	95	90	85	85
couvert	95	95	90	95
nuageux à très nuageux	95	95	85	90
peu nuageux	95	95	85	90

Tableau 2 - Exemple de tableau donnant (ici à 6h) pour un état du ciel et une force de vent, une valeur de l'humidité.

Figure 3

3: Cette classification fournit chaque jour, pour 10 champs météo et pour chaque échéance d'Arpège un nombre n qui signifie que la situation prévue ressemble beaucoup à la situation de type n.

4: Tableaux de contingence et test du χ^2

5: SYMPOSIUM est la base données de temps prévu mise en place par Météo-France. Le prévisionniste valide toutes les trois heures, par pas de trois heures et pour chaque région du département définie comme climatiquement homogène les différents paramètres météo prévus.

3. Tracé d'une fonction HU = f(t)

But : connaître la valeur de l'humidité tout au long de la journée.

Méthode : on calcule la fonction $HU = f(t)$ (6), puis le programme trace automatiquement la courbe d'évolution de l'humidité que le prévisionniste peut visualiser, et critiquer.

4. Évaluation de HU = f(t) tous les quarts d'heure

But : récupérer la valeur de passage du seuil.

Méthode : on scrute la valeur des humidités calculées et dès qu'un seuil est franchi on note l'heure du franchissement.

Si le seuil n'est pas franchi, on notera simplement «Néant».

5. Archivage

But : Faire un retour sur la qualité de la prévision

Méthode : archivage des données d'humidité :

- prévues par l'ordinateur sans correction du prévisionniste

- prévues après l'intégration des corrections des humidités extrémales réellement observées.

Libre ensuite au prévisionniste de faire tous les traitements graphiques et statistiques qui lui semblent utiles pour améliorer l'outil de prévision et sa connaissance du paramètre humidité.

6: Il s'agit en fait de deux interpolations polynomiales que l'on réalise grâce à la méthode dite « du pivot de Gauss ».

Conclusion

L'Eure-et-Loir est un département essentiellement agricole. Son centre météorologique a souhaité diffuser une prévision d'humidité sous forme d'horaire de passage de seuils pour certains traitements phytosanitaires. Ainsi, au cours de sept semaines on a réalisé une étude sur le comportement de l'humidité et compris quels étaient les paramètres météorologiques à prendre en compte pour élaborer une bonne prévision. On a utilisé par la suite les résultats de cette étude afin de développer un outil qui permette de calculer l'horaire de passage de ces seuils grâce :

- aux valeurs des humidités extrémales calculées statistiquement en fonction de paramètres météorologiques retenus, valeurs qui peuvent être amendées par le prévisionniste si nécessaire.
- aux températures prévues, issues de la base de données Symposium.

J'espère que cette étude a su montrer au prévisionniste quels étaient les facteurs réellement influents sur l'humidité. Ainsi, il me semble qu'une bonne prévision de nuages et de température donne une idée assez juste de ce que sera l'humidité au cours de la journée.

Pour l'avenir, ce travail doit être encore validé. Toutes les hypothèses admises au cours du projet induisent inévitablement des erreurs dont il est impossible de quantifier théoriquement l'importance. C'est à ce futur travail qu'est destiné l'archivage des valeurs calculées par le programme. Ainsi, par la suite on pourra modifier les calculs. À chaque fois que cela a été possible on a essayé de proposer des idées qui permettraient d'améliorer l'outil de prévision. L'évolution du programme peut passer par l'exploration approfondie de ces pistes proposées.

On peut aussi suggérer d'adapter notre outil aux autres zones Symposium, voire à d'autres départements demandeurs en prévision d'humidité. Il est à rappeler néanmoins qu'une partie de notre travail se base sur les observations météorologiques de la station de Chartres. Une simple transplantation ne serait pas satisfaisante. C'est toute une partie de l'étude qu'il faudrait reprendre (par exemple l'étude des facteurs d'influence sur les humidités extrémales).

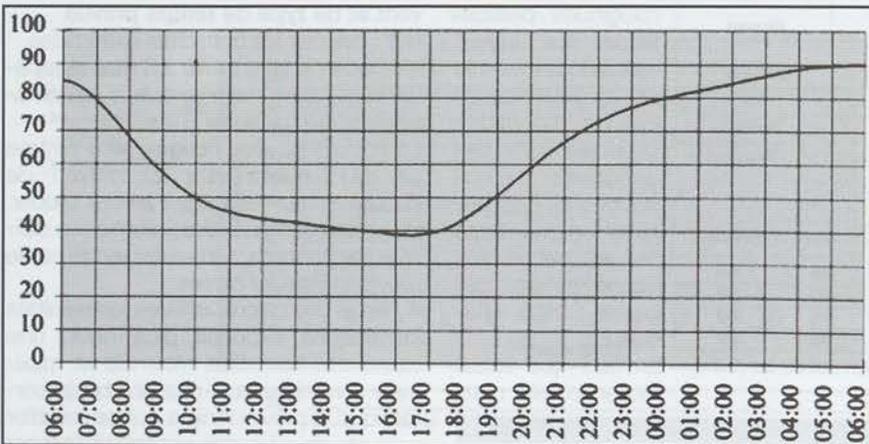
Mais à l'heure où il est envisagé d'intégrer le paramètre humidité dans la base Symposium, un tel outil peut se révéler utile pour tous les prévisionnistes qui désirent faire une prévision aux fondations plus solides que l'empirique.

d'après le rapport du projet d'application effectué de mai 1998 à juin 1998.

Promotion d'élèves techniciens supérieurs d'exploitation de la Météorologie 1996/1998.

Feuille de modification des valeurs extrémales de l'humidité.

Profil de l'humidité



7h15	87%
7h30	85%
7h45	82%
8h00	78%
8h15	76%
8h30	73%