Développement, spatialisation et validation d'indices bioclimatiques

Conventions de recherche 2005.18 et 2005.19





Lebourgeois F. et Piedallu C.



UMR LERFOB ENGREF-INRA 1092 - Equipe Ecologie Forestière - ENGREF Nancy

Cluzeau C. et Nédeltcheva T.

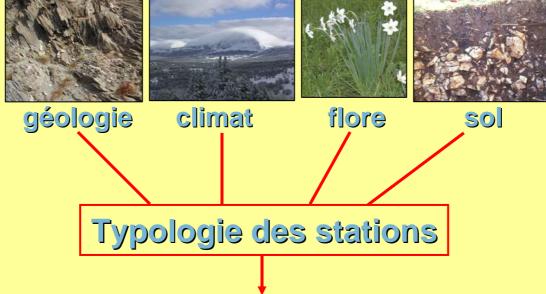
Inventaire Forestier National - Echelon de Nancy

Badeau V.

UMR Ecologie et Ecophysiologie Forestière INRA-UHP 1137 - INRA Champenoux







Choix et potentialités des essences Habitats et valeurs patrimoniales

Échelle d'analyse locale : placettes ; massif, région

Accessibilité aux données... climat

- nb réduit de stations (Météo-France essentiellement)
- représentativité (topo, pente, expo...)

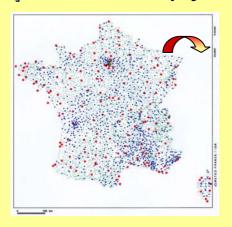
=> sécheresse : facteur clé dans la définition des stations...
Comment la caractériser facilement et à grande échelle ?



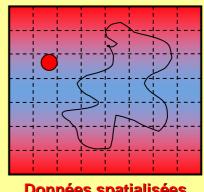
Objectifs du projet



- Synthèse des indicateurs de sécheresse utilisables pour le gestionnaire
 - ⇒ facile à calculer (type de données, nombre, échelle temporelle)
 - ⇒ spatialisable (Système Information Géographique, SIG)







Données ponctuelles transposées

Données spatialisées (continues) sous SIG

- Calcul et Spatialisation de ces indices à différentes échelles
- Validation à l'aide de données mesurées ou à l'aide de la végétation (herbacées ou arborées... gradients écologiques)



Les indices bioclimatiques de la littérature

- Les différents types
- Les données nécessaires

Lebourgeois F. et Piedallu C. - 2005 - Appréhender le niveau de sécheresse dans le cadre des études stationnelles et de la gestion forestière à partir d'indices bioclimatiques, Revue Forestière Française, 57 (4), 331-356.



LES TYPES D'INDICES

⇒ combinaison de deux facteurs de l'atmosphère (T, P, ETP) indice de sécheresse « atmosphérique »

Combinaisons simples: Tet/ou P

- De Martonne : [P/(T+10)] ou [12p/(t+10)]
- Emberger: 100 P/ (M²-m²)

M = moyenne des maxima du mois le plus chaud ; m = moyenne des minima du mois le plus froid

• Gams-Michalet:
$$\cot(\alpha) = \frac{P - \left(\frac{900^{\circ} \text{ Ait.}}{100} \times \frac{P}{10}\right)}{\text{Alt.}}$$

Combinaisons complexes : ETP, ETR => Bilan Hydrique

- ETP Thornthwaite (T)
- ETP Turc (T et Rg)
- ETP Hargreaves (T, △T, Ra)



LES DONNEES NECESSAIRES

- Modèle Numérique de Terrain (MNT, BD Alti IGN) achat ENGREF
 Altitude => pente, exposition, topographie (50 m)
- Données climatiques de base (P et T) spatialisées : AURELHY
 Analyse Utilisant le RELief pour l'Hydrométéorologie (1 km) achat ENGREF
 (Bénichou et LeBreton 1987)
- Rayonnement solaire global (Rg)...
 - => modèle pertinent à l'échelle locale et valide à l'échelle nationale ?

HELIOS
SATMOS
SOLAR
ANALYST

(Fu et Rich 2000)

| oqoT | Lat. | Néb. | Résolution | | | \ |
|------|------|------|------------------------------|--------|----------------------------------|---|
| × | X | X | Selon MNT (50 m) | ENGREF | Création / calcul | |
| | X | × | 3 km Mesures satellitales | INRA | Compilation de données / mesures | |
| X | | | Selon MNT | IFN | Comparaison / calcul | |
| | | | | | | |

Validation

88 postes 3 essences

33 postes

88 postes

Service d'Archivage et de Traitement Météorologique des Observations Spatiales

Modèle HELIOS:

Piedallu C., Gégout J. C., A multiscale approach to radiation calculation for predictive vegetation. Ecological modelling (soumis)

Lebourgeois et al.

Colloque ECOFOR « Typologie des Stations » - 21 et 22 novembre 2006

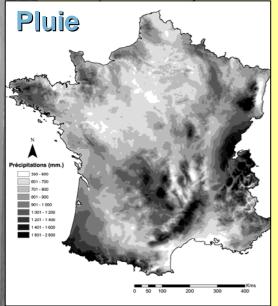


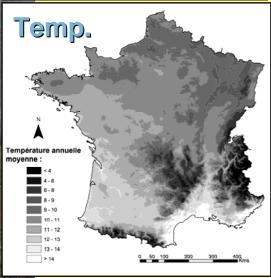
Exemples d'indices bioclimatiques spatialisés

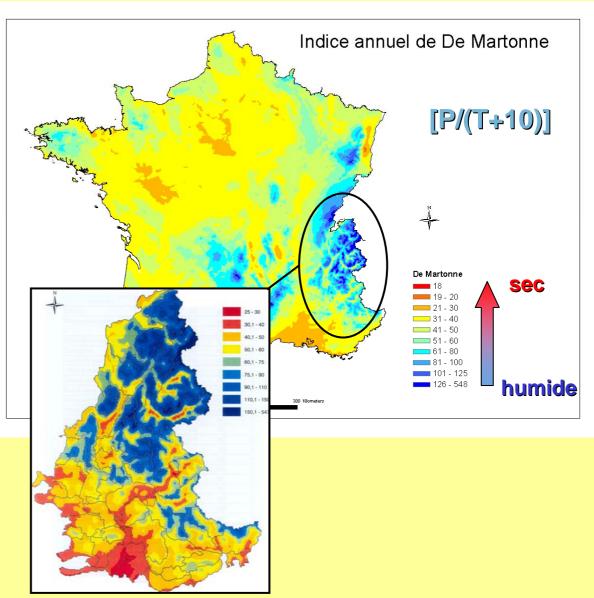
Lebourgeois F. et Piedallu C. - 2005 - Appréhender le niveau de sécheresse dans le cadre des études stationnelles et de la gestion forestière à partir d'indices bioclimatiques, Revue Forestière Française, 57 (4), 331-356.



Moyenne 1961-1990 (AURELHY)



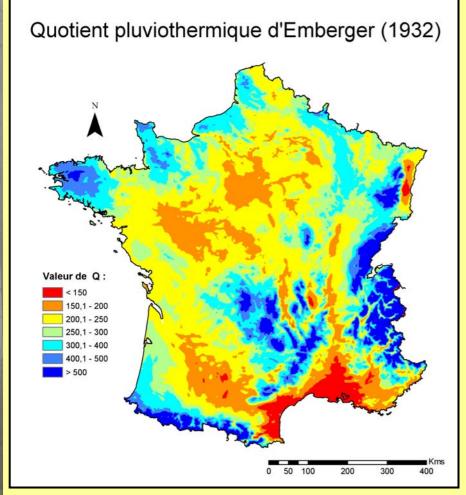


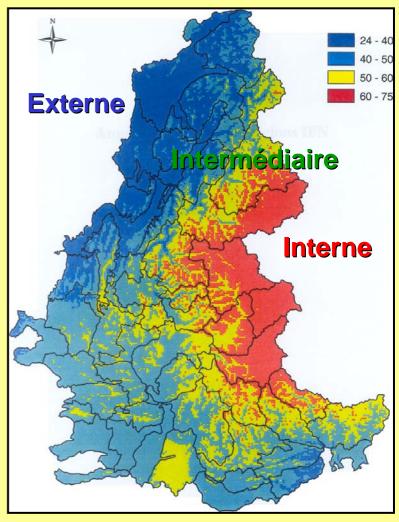


Lebourgeois et al.

Colloque ECOFOR « Typologie des Stations » - 21 et 22 novembre 2006







Gams-Michalet



Estimation du rayonnement global

- Présentation du modèle HELIOS
- Comparaison de trois méthodes



HELIOS... un modèle de calcul de rayonnement multi - échelles

Piedallu C., Gégout J. C., A multiscale approach to radiation calculation for predictive vegetation. *Ecological modelling* (soumis)



Elaboration du modèle

Le rayonnement global (Rg) présente 3 composantes :

Rg = Rdir + Rdiff + Rref

Rdir = ray. direct; Rdiff = ray. diffusé par le ciel; Rref = ray. réfléchi par le sol



• Relations géométriques soleil / surface terrestre : dépend de la forme de la terre, sa révolution et sa rotation => détermine le gradient latitudinal



- Topographie: fortes variations locales
 - * pente, exposition => joue sur I 'angle d 'incidence
 - * masque (résolution selon le MNT)



Atténuation atmosphérique :

dépend des gaz, des particules solides ou liquides

- => en fonction de l'épaisseur de l'atmosphère
- => l'altitude

nébulosité

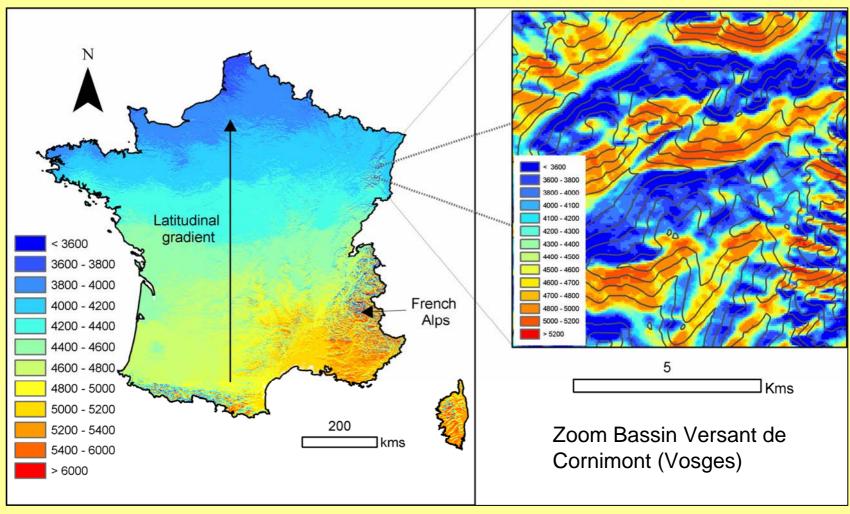
(pondération à partir de l'extrapolation des données de 88 postes de Météo-France)



Calcul Rg journalier et cumul sur les périodes (MJ/m²)



Cartographie Rg annuelles



France

année: 1200 à 7200 MJ/m² (moy: 4500)

Lebourgeois et al.

Colloque ECOFOR « Typologie des Stations » - 21 et 22 novembre 2006



Validation du modèle

Calcul des Rg sur 88 postes Météo France

altitude: 0-2780 m; pente: 0-38°; ttes expo

| | Jan. | Feb. | Mar. | april | mai | june | july | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. |
|--------|------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|
| M.F. | 129 | 191 | 351 | 455 | 583 | 619 | 648 | 572 | 397 | 254 | 147 | 105 |
| Helios | 112 | 174 | 337 | 467 | 606 | 661 | 681 | 580 | 402 | 240 | 129 | 91 |
| biais | -17 | -17 | -13 | 13 | 23 | 42 | 33 | 9 | 4 | -14 | -18 | -14 |
| r | 0.94 | 0.91 | 0.90 | 0.78 | 0.77 | 0.79 | 0.83 | 0.81 | 0.85 | 0.88 | 0.91 | 0.94 |

Hiver: légère sous-estimation

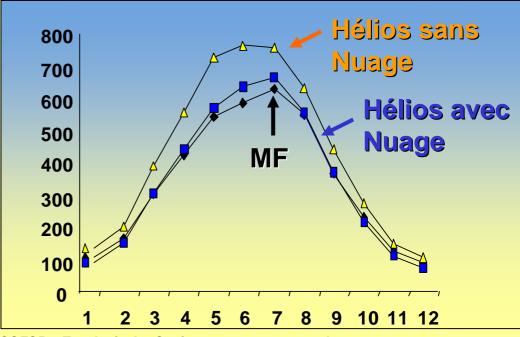
 $r = 0.88 (r^2 = 0.78)$

Biais (année):

36.9 MJ/m² (< 1%)

Effet de la prise en compte de la couverture nuageuse (dif : 10 à 20%)





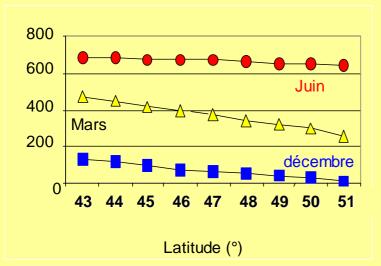


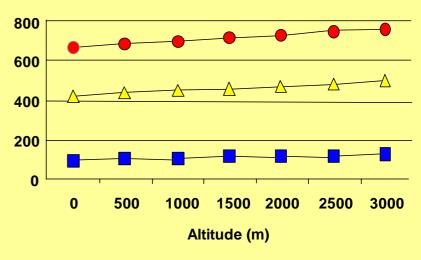
Variabilité du rayonnement

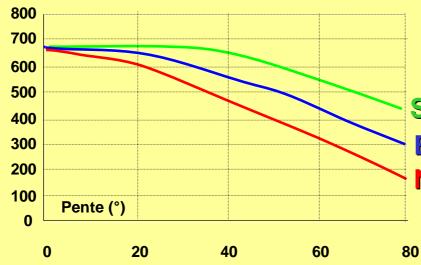


: latitude









Pente et exposition (cas de juin)

SUD - 0 à 40° : stabilité

EST

NORD ----- 0 à 40° : env. -30%

Lebourgeois et al.

Colloque ECOFOR « Typologie des Stations » - 21 et 22 novembre 2006



2. Comparaison des trois estimations

Nédeltcheva T., Cluzeau C., Badeau V.



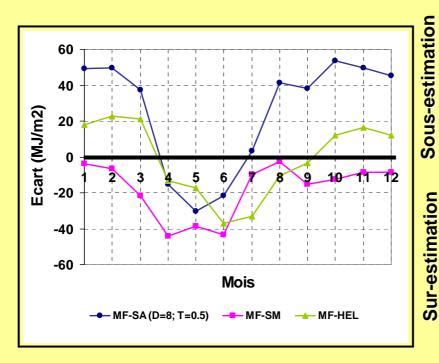
Corrélation (r²) entre les données estimées (SA, HEL, SAT) et les données Météo-France (MF) (31 postes)

| | Type | Paramètres | Résol. |
|---------------|---------|----------------|------------|
| Solar Analyst | calcul | Торо | MNT (50 m) |
| Hélios | calcul | Topo, Lat, Neb | MNT (50 m) |
| Satmos | mesures | Lat, Neb | 3 km |

| | Jan | Fév | Mars | Avril | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Année | |
|---------------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-----------|
| Solar Analyst | | | | | | | | | _ | | | | | |
| Helios | 0.9 | 0.85 | 0.82 | 0.62 | 0.55 | 0.56 | 0.67 | 0.59 | 0.67 | 0.78 | 0.89 | 0.91 | 0.76 | 1961-90 |
| Satmos | 0.92 | 0.92 | 0.93 | 0.91 | 0.84 | 0.84 | 0.88 | 0.82 | 0.87 | 0.86 | 0.92 | 0.92 | 0.93 | 1996-2002 |

SAT > HEL > SA

Printemps-Eté < Automne-hiver



Satmos:

sur-estimation toute année

Solar:

sous-estimation sauf printemps

Helios

sous-estimation hiver sur-estimation été



Comparaison des estimations de l'ETP

Lebourgeois F., et Piedallu C., - 2005 - Appréhender le niveau de sécheresse dans le cadre des études stationnelles et de la gestion forestière à partir d'indices bioclimatiques, Revue Forestière Française, 57, (4), 331-356.



Formule

Données

Tables

Thornthwaite (1948)...

toC

insolation = f(latitude, saison)

$$ETP(mm/mois) = 16* \left[\left(\frac{10*t}{\mathsf{I}} \right) \right]^{a} *F \qquad \mathsf{I} = \sum_{1}^{12} \mathsf{Ij} \operatorname{avec} \mathsf{Ij} = \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514}$$

$$I = \sum_{1}^{12} Ij \text{ avec } Ij = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$$

Turc (1955, 1961)...

toC

Rg (cal/cm²/j)

$$ETP(mm/n\ jours) = n*0.013*(Rg+50)*\left(\frac{t}{t+15}\right)$$
 (avec Rg issus du modèle Helios)

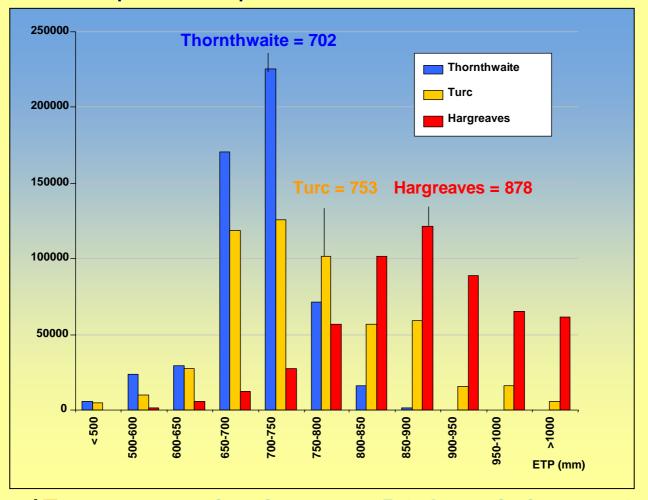
Hargreaves et Allen (2003)... t°C, ∆t

Ra (mm/j)

$$ETP(mm/jour) = 0.0023*Ra*(t+17.8)*\sqrt{\Delta t}$$



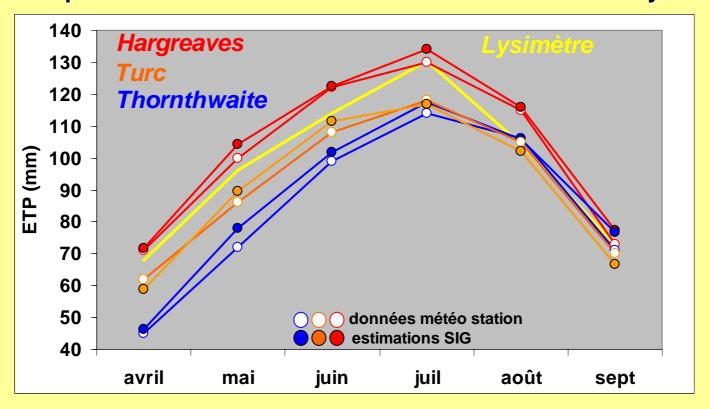
Histogramme de répartition des valeurs des différentes ETP - France entière - pas kilométrique - valeurs annuelles 1961-1990



Thorn. / Turc: sous-estimation pour 65% du territoire; $\Delta > 100$ mm pour 20% **Harg. / Turc**: sur-estimation de \pm 100 mm pour 73% du territoire



Comparaison des estimations à des mesures en cases lysimétriques



Lysimétre : période 1971-1976 - Station INRA de Guyancourt - La Minière (lat. 48°9 ; long. 2°1 ; alt. 161 m) (d'après Choisnel et al. 1992).

(même classement avec données de la station INRA Avignon - Montfavet - période 1967-1976)



Perspectives



- Comparaison des différentes estimations du Rayonnement dans des situations de pente (Hélios, Satmos, Solar Analyst)
- Calcul des bilans hydriques « climatiques » (P-ETP) et
- « édaphiques » (prise en compte de la RUM)...
 - => problème spatialisation RUM
- Validation de la pertinence des indices pour expliquer la distribution des ressources forestières (herbacées et arborées) :
 - => meilleur(s) indice (s) pour expliquer...
 - · répartition et niches ;
 - · potentialités : régénération, croissance...
- Prédiction à long terme (climat / sol / niche / potentialité)

À suivre!