

UNE INTERPRÉTATION ECO-PHYSIOLOGIQUE
DE LA RÉPARTITION DE L'AUNE VERT (*Alnus viridis*)

par L. RICHARD, Grenoble

I. — VARIATIONS JOURNALIÈRES DE L'INTENSITÉ TRANSPIRATOIRE	9
A. — TECHNIQUES UTILISÉES	9
B. — EXPRESSION GRAPHIQUE DES RÉSULTATS	13
C. — COMPARAISON AVEC LES MESURES EFFECTUÉES AU LABORATOIRE ...	17
II. — MASSE D'EAU TRANSPIRÉE PAR UNITÉ DE MASSE OU DE SURFACE FOLIAIRE	19
III. — SURFACE ET MASSE DE FEUILLAGE PAR M ² DE PEUPELEMENT	19
IV. — MASSE D'EAU TRANSPIRÉE PAR M ² DE PEUPELEMENT	22
V. — CONCLUSIONS	22
VI. — BIBLIOGRAPHIE	23

Résumé. — La détermination des variations journalières de l'intensité transpiratoire foliaire et celle de la masse et de la surface de feuillage par m² permettent de calculer la tranche d'eau évaporée, par une formation végétale, en un temps donné. Les premiers résultats obtenus, pour des Aunaies vertes, montrent qu'au cours d'un mois d'été ces peuplements transpirent plus de 200 mm d'eau, hauteur souvent supérieure aux précipitations. Cela peut expliquer l'implantation préférentielle des Aunaies sur les faces Nord de l'étage Subalpin où l'évapotranspiration est atténuée par les basses moyennes thermiques et où l'alimentation en eau est bien assurée par la fonte tardive de la neige ou des névés.

Summary. — The determination of the daily variations of the foliar breathing intensity and that of the total of the leaves surface per square metre allows to calculate the water quantity evaporated of a vegetal groupe during a certain period. The first results obtained in the green alders (*Alnus viridis*) communities show that during a summer month they can perspire more than 200 mm of water, level often bigger than the rain-falls. This can explain the preferred implantation of the *Alnus viridis* on the northern sides of the subalpine plane, where the evapo-transpiration is kept down by the low thermic averages and where the water supply is well provided by the late melting of the snow or the névés.

Zusammenfassung. — Die Bestimmung des Tagesganges der Atmungsintensität von Blättern in Verbindung mit Blattmasse und -oberfläche pro m² gestattet eine Kalkulation des Wasserverbrauches einer Pflanzengesellschaft in einer bestimmten Zeit. Erste Resultate, welche für Grünerleengebüsche erhalten wurden, zeigen, daß diese Bestände während eines Sommermonats mehr als 200 mm Wasser transpirieren, was oft über der Niederschlagshöhe liegt. Dies kann die Vorliebe der Grünerle für Nordhänge der subalpinen Stufe erklären, wo die Evapotranspiration durch geringere mittlere Temperaturen vermindert ist und wo die Wasserversorgung durch die Verzögerung der Schmelze von Schnee und Firn sichergestellt ist.

Riassunto. — La determinazione delle variazioni giornaliere dell'intensità respiratoria foliare e quella della massa della superficie del fogliame per metro quadrato permette di calcolare la quantità d'acqua evaporata da una formazione vegetale, in un tempo determinato. I primi risultati conseguiti in formazioni di *Alnus viridis*, dimostrano che nel corso di un mese d'estate, questi popolamenti traspirano più di 200 mm di acqua, altezza spesso superiore a quella delle precipitazioni. Questo fatto può spiegare l'impianto preferenziale dell'*Alnus viridis* sulle esposizioni a settentrione del piano subalpino, dove l'evaporazione-traspirazione è attenuata dai bassi livelli termici e dove l'alimentazione d'acqua è ben assicurata dalla fusione tardiva delle neve o dei nevai.

L'analyse de la répartition de l'Aune vert, dans l'étage subalpin (Doc. Carte Végét. des Alpes, V, 81-113) nous a montré indirectement que l'alimentation hydrique de cet arbuste, localisé dans des zones bien irriguées, pouvait être un facteur déterminant, fait suggéré également par l'étude écologique (Doc. Carte Végét. des Alpes, VI). C'est pourquoi ont été recherchés les besoins en eau de l'Aune vert soit dans ses stations les plus typiques (Aunaies vertes subalpines sous des expositions Nord), soit dans des zones marginales où ses peuplements s'amenuisent. L'objet de cet article est de présenter un compte rendu des premiers travaux effectués sur le terrain, au cours de l'été 1966. Une seconde étape de recherches permettra d'obtenir un bilan hydrique pour toutes les saisons.

La majeure partie de l'eau puisée dans le sol, par une plante, est transpirée par ses feuilles. La mesure de la quantité d'eau transpirée, par un peuplement végétal, au cours d'une journée, nous donne un ordre de grandeur de la masse d'eau utilisée pendant la même période. Pour cela ont été déterminées, successivement :

1° les variations de l'intensité transpiratoire foliaire de l'Aune vert et d'autres espèces arbustives d'une même station, entre l'aube et le crépuscule ;

2° la quantité d'eau transpirée, journallement, par l'unité de masse ou de surface foliaire ;

3° la masse et l'aire totales du feuillage pour 1 m² de formation végétale, Aunaie verte et Rhodoraie en particulier ;

4° la quantité totale d'eau transpirée, en une journée, par 1 m² de chacun des peuplements précédents.

I. — VARIATIONS JOURNALIÈRES DE L'INTENSITÉ TRANSPIRATOIRE

A. — TECHNIQUES UTILISÉES.

Le phénomène est analysé dans des conditions aussi proches que possible des conditions physiologiques normales. Pour cela les feuilles expérimentées doivent transpirer, à leur place habituelle, dans la frondaison, et leur physiologie ne doit pas être trop altérée pendant la période de mesures.

Nous avons retenu la méthode par pesée préconisée par STOCKER (1929). A défaut d'une balance portative spéciale dite de BUNGE STOCKER, nous

CARTE DE LA VÉGÉTATION DES ALPES

avons utilisé une balance de laboratoire sensible au 1/2 mg, très amortie pour réaliser des pesées en 15 s ; elle a été transportée au sein de diverses formations végétales où elle est bien calée. Le processus expérimental est le suivant :

1. détacher une feuille et déterminer rapidement sa masse, M1 ;
2. replacer cette feuille, dans sa position initiale, grâce à un petit crochet ;
3. repeser cette feuille, au bout de 4 minutes : masse, M2 ; la quantité d'eau transpirée est M1-M2.

Le fait de détacher une feuille interrompt son alimentation en eau et peut perturber son intensité transpiratoire. Cependant il est classiquement admis qu'au cours des premières minutes suivant la section de l'organe végétal les troubles physiologiques sont encore peu prononcés (PFLEIDERER, 1930 ; GIROUX, 1937) et nous admettons que l'intensité transpiratoire ainsi mesurée est proche de la valeur normale. Par contre, au bout de 7 à 8 minutes, cette intensité, pour une feuille isolée, diminue rapidement en même temps que les tissus perdent leur turgescence.

Cette étude a eu lieu dans le massif subalpin des Bornes, au cours de la semaine du 2 au 9 juillet, par un temps régulièrement chaud et ensoleillé ; les pesées étant faites régulièrement, toutes les demi-heures, entre 6 h et 19 h 30. Le tableau I donne les caractéristiques des stations ainsi que la liste des espèces dont la transpiration foliaire a été étudiée.

TABLEAU I

Caractéristiques des stations dans lesquelles ont été effectuées les mesures d'intensités transpiratoires foliaires.

N°	Altit. en m	Expos	Formation végétale	Espèces étudiées
1	1600	N	Aunaie dense	Alnus viridis Adenostyles alliariae Athyrium alpestre
2	1650	NO-O	Aunaie - Rhodoraie	Alnus viridis Rhododendron ferrugineum Salix appendiculata
2 bis	1650	NO-O	Aunaie - Rhodoraie	Alnus viridis Rhododendron ferrugineum Salix appendiculata Juniperus nana Vaccinium myrtillus Vaccinium uliginosum
3	600	N	Aunaie abyssale	Alnus viridis Fagus silvatica Castanea vulgaris Salix appendiculata Quercus pedunculata Abies alba

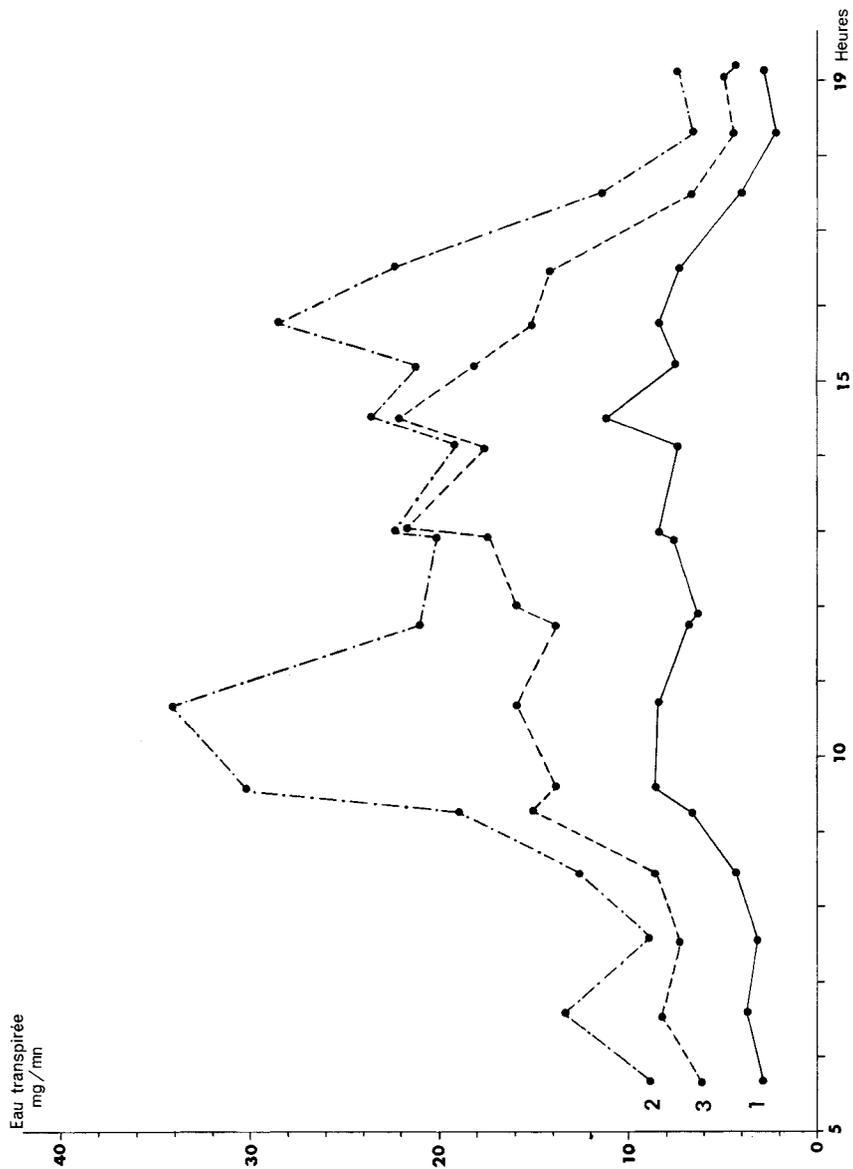


FIG. 1. — Variations journalières de l'intensité transpiratoire foliaire de l'Aune vert, dans une station abyssale. Région d'Annecy, 600 m.

Divers modes d'expression de cette intensité :

- 1 : par g de poids frais,
- 2 : par g de poids sec,
- 3 : par dm² de surface foliaire.

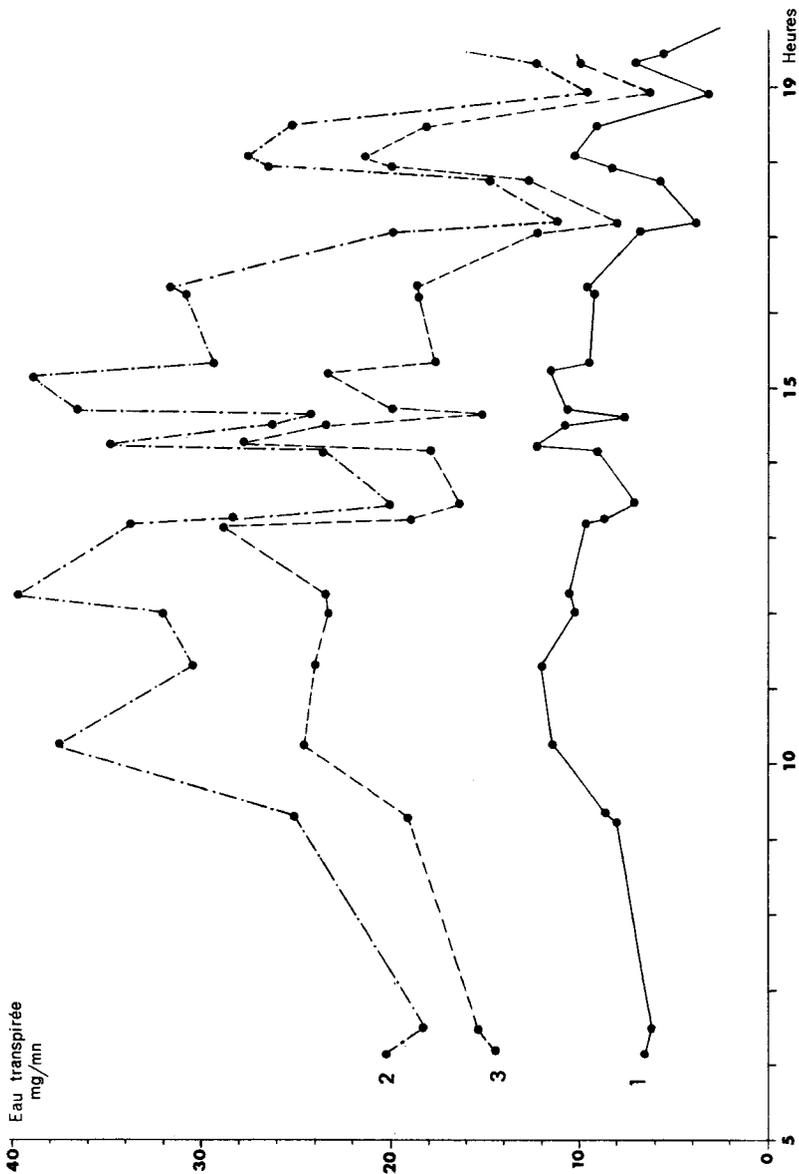


FIG. 2. — Variations journalières de l'intensité transpiratoire foliaire de l'Aune vert, dans une Aunaie-Rhodoraie. Massif des Aravis, 1 650 m.

Divers modes d'expression de cette intensité :

- 1 : par g de poids frais,
- 2 : par g de poids sec,
- 3 : par dm² de surface foliaire.

INTERPRÉTATION ÉCO-PHYSIOLOGIQUE DE LA RÉPARTITION DE L'AUNE VERT

A titre de méthode comparative, une autre série de mesures a été réalisée, en laboratoire, sur des feuilles maintenues turgescentes, leur pétiole plongeant dans un petit tube plein d'eau dont l'ouverture était soigneusement mastiquée.

Chaque feuille expérimentée a été conservée pour être :

— d'une part, décalquée, sur un carton, dont nous connaissons la masse par unité de surface. La découpe de ce calque et sa pesée conduisent à la surface foliaire ;

— d'autre part, déshydratée à l'étuve, à 102°, ce qui donne son poids sec :

Ces valeurs permettent le calcul de l'intensité transpiratoire foliaire, exprimée en mg. d'eau par minute soit pour 1 g de feuilles fraîches, soit pour 1 g de feuilles sèches, soit pour 1 dm² de surface foliaire.

B. — EXPRESSION GRAPHIQUE DES RÉSULTATS (mesures sur le terrain).

1. — Comparaison des divers modes d'intensité transpiratoire.

Les figures 1 et 2 superposent les graphes traduisant les variations journalières de cette intensité, chez l'Aune vert, dans deux stations. Dans chaque cas, nous observons des variations relatives de même sens, une nette similitude s'observant entre les intensités exprimées en g de poids

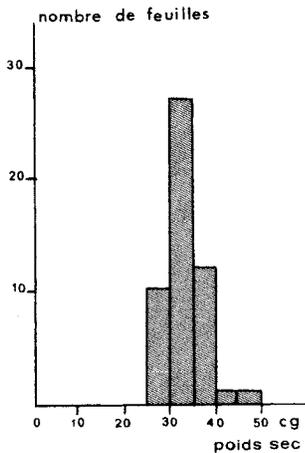


FIG. 3. — Répartition statistique, sur 50 feuilles, des poids secs correspondant à 1 g de poids frais de feuille d'Aune vert.

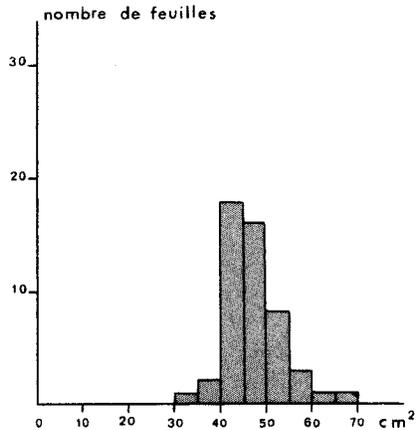


FIG. 4. — Répartition statistique sur 50 feuilles, des surfaces foliaires correspondant à 1 g de poids frais de feuille d'Aune vert.

frais et celles exprimées en g de poids sec. C'est la conséquence d'une proportionnalité assez bonne entre poids frais et poids sec, moins nette entre poids frais et surface foliaire. Nous avons d'ailleurs établi, pour une cinquantaine de feuilles, les relations existant entre les grandeurs suivantes :

1 g de poids frais — poids après dessiccation — surface foliaire correspondante (fig. 3 et 4). Ces histogrammes montrent qu'un gramme de feuille fraîche donne une masse de matière sèche comprise entre 25 et 50 cg., la surface foliaire correspondante s'étalant sur une plus grande amplitude : 30-70 cm².

L'intensité transpiratoire par g de feuille fraîche qui se détermine très facilement permet des comparaisons quantitatives rapides entre feuilles de la même espèce ; les intensités transpiratoires par g de poids sec ou par l'unité de surface sont plus valables physiologiquement car elles éliminent le facteur teneur en eau des feuilles, variable d'une espèce à l'autre (65 % chez l'Aune vert, 59 % chez le Hêtre) et variable, pour une même espèce, dans le temps.

2. — Variations de l'intensité transpiratoire de l'Aune vert dans diverses stations.

La figure 5 permet de comparer les courbes transpiratoires de l'Aune dans une Aunaie verte dense sur une face nord, dans deux Aunaies-Rhodoraies sous exposition ouest et dans une station abyssale. Les conditions climatiques étaient semblables au cours des quatre journées consécutives correspondant à chacune des mesures.

L'Aune vert transpire relativement peu dans ses stations typiques alors que des maxima trois fois plus élevés apparaissent dans l'Aunaie-Rhodoraie où le pouvoir colonisateur de l'Aune est plus faible. A la base du Montagnard, des traînées abyssales d'Aune présentent aussi des intensités transpiratoires plus élevées que celles des Aunaies typiques.

3. — Etude comparative de l'Aune vert et d'autres espèces ligneuses.

a) Dans l'Aunaie dense (fig. 6).

Les espèces de la mégaphorbiaie (*Athyrium alpestre*, *Adenostyles alliariae*) ont une faible intensité transpiratoire par g de feuilles fraîches : le degré hygrométrique élevé et constant sous l'Aunaie verte, lié à une moyenne thermique basse et à un faible ensoleillement, freine la transpiration. Cependant, malgré ces faibles intensités transpiratoires, la masse d'eau évaporée par la mégaphorbiaie est loin d'être négligeable, en raison du très grand développement des surfaces foliaires. Remarquons que les feuilles d'Aune du sommet des frondaisons qui reçoivent l'ensoleillement direct transpirent deux fois plus, au début de la journée, que les feuilles ombrées.

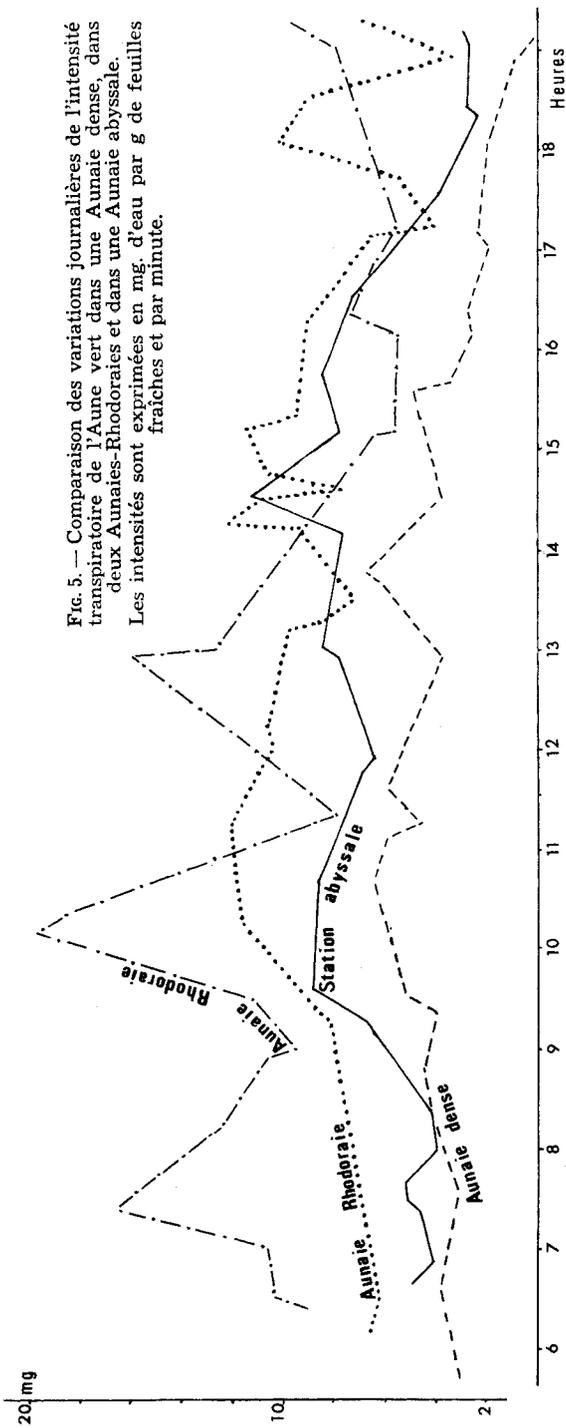


FIG. 5. — Comparaison des variations journalières de l'intensité transpiratoire de l'Aunaie vert dans une Aunaie dense, dans deux Aunaies-Rhodoraies et dans une Aunaie abyssale. Les intensités sont exprimées en mg. d'eau par g de feuilles fraîches et par minute.

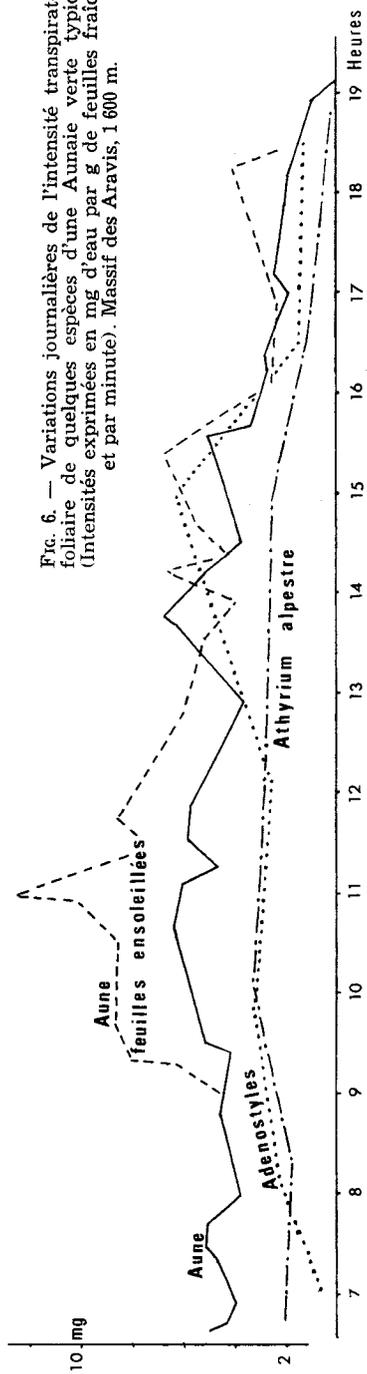


FIG. 6. — Variations journalières de l'intensité transpiratoire foliaire de quelques espèces d'une Aunaie verte typique. (Intensités exprimées en mg d'eau par g de feuilles fraîches et par minute). Massif des Aravis, 1 600 m.

b) *Dans une station abyssale* (fig. 7 et 8).

Chêne et Saule montrent, quel que soit le mode d'expression utilisé, des intensités transpiratoires élevées coïncidant avec le maximum thermique journalier, vers 14 heures. Le Hêtre présente, au contraire, un minimum aux heures chaudes de la journée. Le régime de l'Aune est plus régulier, sa transpiration s'élève rapidement aux premières heures de la matinée et reste assez élevée jusqu'au soir. Vers 13-14 heures, un décimètre carré de feuille d'Aune peut transpirer deux fois plus qu'un dm² de feuille de Hêtre, mais moins que la même surface de feuille de Chêne ou de Saule.

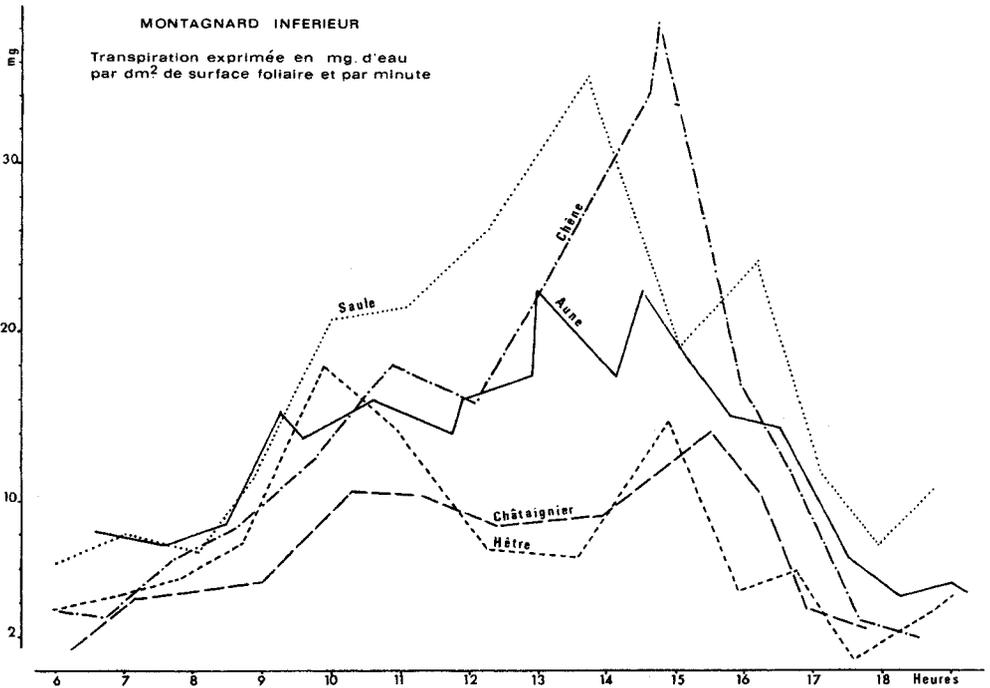


FIG. 7. — Variations journalières de l'intensité transpiratoire foliaire de quelques espèces d'une station abyssale d'Aune vert. Région d'Annecy, 600 m.

c) *Dans une Aunaie-Rhodoraie* (fig. 9).

Des variations rapides et fréquentes de degré hygrométrique, bien caractéristiques de l'étage subalpin, peuvent expliquer les nombreuses oscillations de l'intensité transpiratoire de l'Aune. La figure 9 montre ce parallélisme entre la courbe transpiratoire et la courbe hygrométrique. (Le degré hygrométrique a été déterminé, à intervalles réguliers, à l'aide d'un psychromètre à aspiration).

INTERPRÉTATION ÉCO-PHYSIOLOGIQUE DE LA RÉPARTITION DE L'AUNE VERT

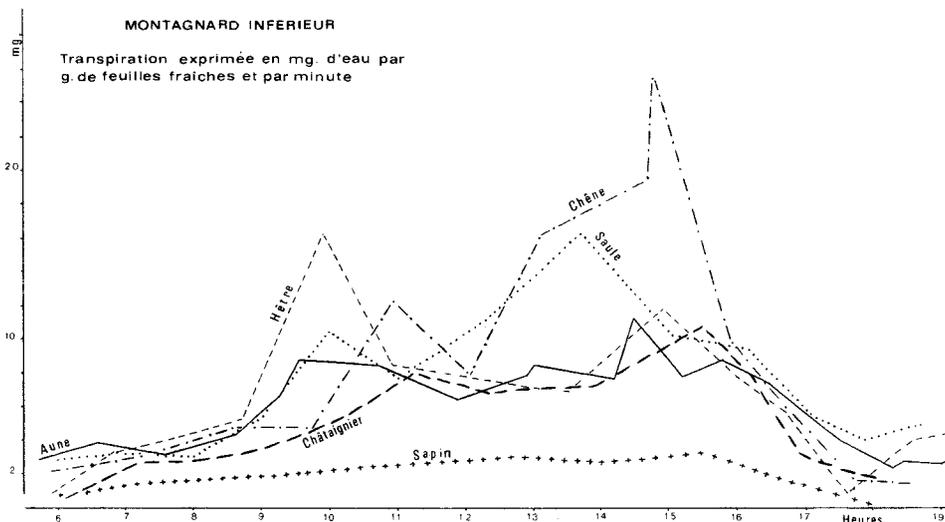


FIG. 8. — Variations journalières de l'intensité transpiratoire foliaire de quelques espèces d'une station abyssale d'Aune vert. Région d'Annecy, 600 m.

La comparaison des graphes relatifs aux diverses espèces montre une diminution de l'intensité transpiratoire dans l'ordre : Saule, Aune, Myrtille, Rhododendron, Genévrier ; ce classement correspond par ailleurs au degré de cutinisation croissante des feuilles et c'est aussi l'ordre suivant lequel ces espèces disparaissent lorsque l'on va vers les expositions chaudes.

C. — COMPARAISON AVEC LES MESURES EFFECTUÉES AU LABORATOIRE.

La détermination des intensités transpiratoires a été effectuée sur des feuilles séparées depuis plusieurs heures de la plante mais maintenues turgescentes en plongeant leur pétiole dans l'eau. Pour des températures et des états hygrométriques comparables, les intensités transpiratoires ainsi mesurées sont du même ordre de grandeur que celles obtenues sur le terrain.

Les valeurs numériques données par une série d'expériences réalisées en laboratoires, à 20°, dans une atmosphère dont le degré hygrométrique est 70 %, conditions assez proches de celles régnant dans la station 3 vers 8 heures sont, en mg d'eau par minute et par dm² de surface foliaire :

Aune vert, 8,2; Aune blanc, 7,5; Aune glutineux, 5;
Hêtre, 8,2 ; Châtaignier, 2.

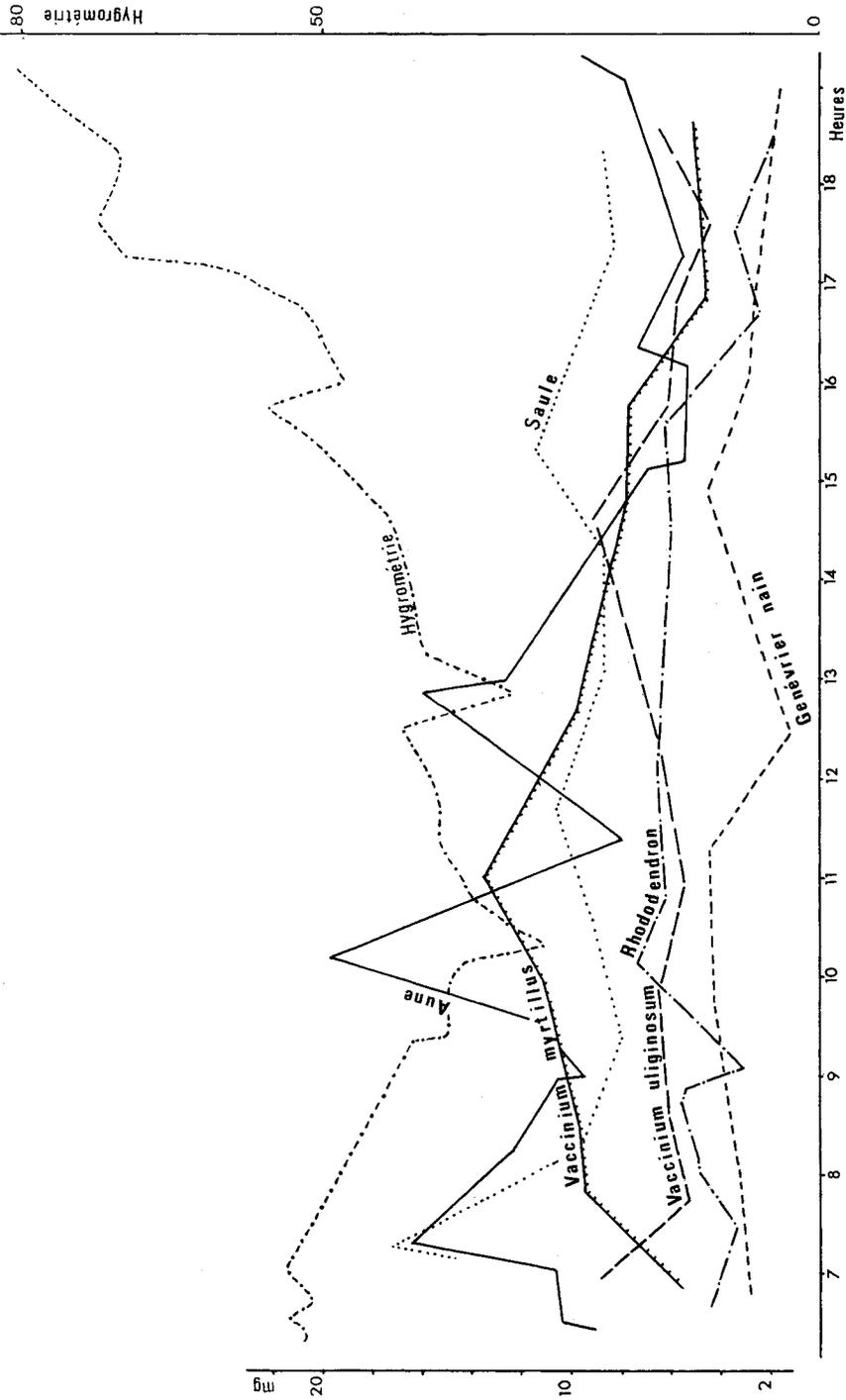


Fig. 9. — Variations journalières de l'intensité transpiratoire foliaire de quelques espèces d'une Aunaie-Rhodoraie. Intensité exprimée en mg d'eau par g de feuilles fraîches et par minute. Massif de Aravis, 1 650 m.

II. — MASSE D'EAU TRANSPIRÉE JOURNELLEMENT PAR UNITÉ DE MASSE OU DE SURFACE FOLIAIRE

La transpiration journalière est la sommation des intensités transpiratoires calculées précédemment de l'aube au crépuscule (1). Pour chaque espèce étudiée, elle est proportionnelle à l'aire comprise entre la courbe des intensités transpiratoires et l'axe des abscisses, aire calculée par découpage et pesée. Les résultats numériques sont consignés dans le tableau II et s'interprètent ainsi :

1. Les masses d'eau transpirée, dans une même station, par l'unité de masse des divers feuillus sont du même ordre de grandeur, avec, en tête cependant *Quercus pedunculata* et *Salix appendiculata* ; *Alnus viridis* et *Fagus sylvatica* sont à peu près à égalité.

2. La quantité d'eau évaporée, journallement par 1 g de feuille d'Aune, varie du simple au double, lorsqu'on passe de ses stations optimales à ses peuplements marginaux. Dans ces derniers on constate d'ailleurs un flétrissement passager des feuilles, aux heures les plus chaudes de la journée.

III. — SURFACE ET MASSE DE FEUILLAGE PAR MÈTRE CARRÉ DE PEUPLEMENT

Dans une Aunaie verte et dans une Rhodoraie nous avons successivement :

1° recueilli toutes les feuilles d'Aune ou de Rhododendron, sur une surface précise, 4 m²;

2° déterminé le poids frais de ces feuilles ;

3° calculé l'étendue foliaire totale, connaissant la surface correspondant à 1 g de feuilles fraîches (surface indiquée dans le tableau III avec quelques autres caractéristiques physiques).

Les résultats numériques sont condensés dans le tableau IV.

L'Aunaie verte présente une surface foliaire très développée, 3 à 4 fois plus forte que celle d'une Rhodoraie très dense, ce qui est dû à la fois au nombre élevé de feuilles et à la grandeur de ces feuilles. La surface foliaire de taillis d'Aune vert est du même ordre de grandeur que celle trouvée

(1) La transpiration nocturne qui n'a pas pu être mesurée représente un pourcentage très faible de la transpiration totale.

TABLEAU II

Masses d'eau transpirée, de l'aube au crépuscule, par l'unité de masse ou par l'unité de surface foliaire (exprimées en g).

Espèces étudiées	Station	Eau transpirée par g. de poids frais de feuille	Eau transpirée par g. de poids sec de feuille	Eau transpirée par dm ² de feuille
<i>Alnus viridis</i> (Aunaie dense)	1	3		
<i>Alnus viridis</i> (Aunaie-rhodoraie)	2	7,36	18,60	14,25
<i>Alnus viridis</i> (Aunaie-rhodoraie)	2b	6,65		
<i>Alnus viridis</i> (Aunaie abyssale)	3	4,6	14,35	9,82
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	2	3,70	12,45	18,23
"	2b	5,34		
<i>Salix appendiculata</i>	2	6,96		18,22
" "	3	5,90	19,80	13,72
<i>Fagus silvatica</i>	3	5,15	11,83	5,92
<i>Castanea sativa</i>	3	3,75	11,54	3,52
<i>Quercus pedunculata</i>	3	7	29,32	10,76
<i>Vaccinium myrtillus</i>	2b	6,15		
<i>Vaccinium uliginosum</i>	2b	4,65		
<i>Juniperus nana</i>	2b	1,65		
<i>Abies pectinata</i>	3	1,40		
<i>Adenostyles alliariae</i>	1	1,5		
<i>Athyrium alpestre</i>	1	1,45		

INTERPRÉTATION ÉCO-PHYSIOLOGIQUE DE LA RÉPARTITION DE L'AUNE VERT

TABLEAU III
Quelques caractéristiques des feuilles étudiées.

E s p è c e	Station	Masse moy. fraîche en g	Aire moy. en cm ²	Surface moy. par g de feuille fraîche (en cm ²)	% en eau
Alnus viridis	1	0,55			
" "	2	0,70	35	50	65
" "	3	0,50	25	50	65
Fagus silvatica	3	0,33	28	84	59
Quercus pedunculata	3	0,65	38	59	64
Castanea sativa	3	1	70	70	66
Salix appendiculata	2	0,42	18	42	61
" "	3	0,66	27	42	66
Rhododendron ferrugineum	2	0,36	11	30	60

TABLEAU IV
*Valeurs comparées de la masse et de la surface foliaire dans une Aunaie
 et dans une Rhodoraie.*

Formation	Pour un arbuste ou une touffe de 10 ans		Pour 1 m ² de peuplement	
	Masse en g	Surf. en m ²	Masse en g	Surf. en m ²
Aunaie verte dense	2 200	11	1 750	8,75
Aunaie verte clairiérée			1 000	5,46
Rhodoraie dense	300	0,9	624	1,87

dans des futaies de feuillus, par DUVIGNEAUD. Une étude du microclimat à l'intérieur de l'Aunaie verte (RICHARD, Doc. Carte Vég. Alpes, VI, 1968) a montré que, sous sa frondaison épaisse, l'état hygrométrique, les amplitudes thermiques, l'intensité lumineuse présentaient beaucoup d'affinités avec celles qui ont été trouvées sous les futaies du Montagnard supérieur.

**IV. — MASSE D'EAU TRANSPIRÉE
PAR MÈTRE CARRÉ DE PEUPEMENT**

Elle est donnée par l'une des relations suivantes : $M = \text{surface foliaire} \times \text{masse d'eau transpirée par unité de surface}$; $M = \text{masse foliaire} \times \text{masse d'eau transpirée par unité de masse}$.

La seconde méthode est plus directe, elle évite les erreurs relatives pouvant se produire lors du calcul des surfaces foliaires et c'est elle que nous avons retenue.

Les résultats sont précisés dans le tableau V.

TABLEAU V

Masses d'eau transpirée, entre l'aube et le crépuscule, par deux formations végétales.

	Espèce	Eau transpirée en kg	
		par une touffe de 10 ans	par 1 m ² de peuplement
Aunaie dense n° 1	Aune vert	6,600	5,250
Aunaie-Rhodoraie (moyenne n° 2 et 2 b)	Aune vert		7
	Rhododendron	1,350	2,800

V. — CONCLUSIONS

Au cours d'un mois d'été, une Aunaie verte dense, sur une face Nord, peut transpirer une tranche d'eau de près de 200 mm et ce total devient encore plus élevé sous des expositions plus chaudes. Précisons d'ailleurs que ces totaux correspondent à la seule transpiration des rameaux, il faudrait y ajouter celle des espèces compagnes et l'évaporation du sol. Or les précipitations estivales, dans les zones les plus humides des massifs sub-alpins, n'atteignent que rarement ce chiffre de 200 mm, en juillet. Le bilan

INTERPRÉTATION ÉCO-PHYSIOLOGIQUE DE LA RÉPARTITION DE L'AUNE VERT

évapotranspiration-précipitations est donc largement négatif, au cours des mois d'été, au sein des Aunaies vertes, et le ravitaillement en eau de cette formation peut devenir un facteur limitant. Cela explique :

Le grand développement des Aunaies vertes, à l'étage subalpin, sur les faces Nord. L'évapotranspiration y est réduite, en raison des basses moyennes thermiques, et le sol est largement alimenté en eau par la fonte tardive de la neige ou des névés.

La localisation de traînées d'Aune vert, lorsqu'elles sont sur des faces plus chaudes (Ouest) ou à plus basse altitude, le long de ravins ou de ruisselets.

Les besoins en eau plus modestes de la Rhodoraie (bien que de toutes les landes à Ericacées subalpines elle soit la plus exigeante) font qu'elle déborde largement l'Aunaie verte sur les versants Est ou Ouest moins humides et qu'elle se substitue même à l'Aune vert sur les faces Nord les moins bien irriguées.

VI. — BIBLIOGRAPHIE

- BINET P. et BRUNEL J. P. (1967). — *Physiologie Végétale* I, Paris, Doin, 439 p., 235-236.
- DUVIGNEAUD P. — L'écologie, Science moderne de synthèse. *Documentation*, Bruxelles, Ministère Education Nationale, 128 p., 7-9.
- GIROUX M. J. et SOROCEANU (1937). — Recherches comparatives sur la Transpiration de quelques espèces ligneuses et herbacées du Bas-Languedoc. *Revue Générale de Botanique*, **XLVIII**, 489-637.
- HUBER Br. (1927). — Zur Methodik der Transpirationsbestimmung am Standort. *Ber. d. deutschen bot. gesell.*, **46**.
- LEMÉE G. (1967). — *Précis de Biogéographie*, Paris, Masson, 358 p., 108-112.
- OZENDA P. (1964). — *Biogéographie végétale*, Paris, Doin, 374 p., 115-120.
- RICHARD L. (1967). — L'aire de répartition de l'Aune vert. *Doc. Carte Végét. des Alpes*, **V**, 81-113.
- RICHARD L. (1968). — Ecologie de l'Aune vert. *Doc. Carte Végét. des Alpes*, **VI**, 107-157.
- STOCKER O. (1929). — Eine Feldmethode zur Bestimmung der momentanen Transpiration- und Evaporationsgrösse. *Ber. d. deutschen Bot. Gesell.*, **XLVII**, H. 2.