

MICROCLIMAT D'UN COUVERT DE MANIOC

YAO, N. R., FARGETTE, D. & FAUQUET, C.
ORSTOM, B.P. V51,
ABIDJAN, COTE D'IVOIRE.

INTRODUCTION

Plusieurs chercheurs (Fargette, 1985; Fargette *et al.*, 1986; Van Helden et Van Halder, 1986) ont déjà montré une étroite relation entre la dispersion de la Mosaïque Africaine du Manioc et les caractéristiques du vent. La vitesse de déplacement de *Bemisia tabaci* vecteur de la maladie, étant faible, sa dissémination est étroitement dépendante de la vitesse et de la direction du vent (Byrne, 1986; Yao *et al.*, 1986). La compréhension de l'épidémiologie de cette maladie virale passe nécessairement par l'analyse des relations existant entre la dissémination de l'agent pathogène, les mouvements de l'insecte vecteur et les caractéristiques du vent (Yao *et al.*, 1986). Si le vent est le paramètre climatique le plus important pour la dissémination de l'aleurode, le rôle des autres paramètres (température, humidité, etc...) n'est pourtant pas négligeable. Ainsi, une étude compréhensive du microclimat du couvert de manioc et de certains phénomènes météorologiques devrait mieux permettre d'expliquer la dissémination de l'insecte et la dispersion de la maladie.

LE VENT

Profil de vent

Les caractéristiques du vent au-dessus d'une surface (sol nu ou couvert végétal) diffèrent profondément de celles que l'on observe à l'intérieur d'un couvert végétal.

Au-dessus d'une surface, la vitesse du vent U augmente rapidement et de façon logarithmique avec la hauteur Z .

$$U = \frac{U^*}{k} \text{Log}[(Z-d)/Z_0]$$

où d , Z_0 , U^* et k sont des paramètres qui caractérisent respectivement la hauteur de déplacement du plan de référence, la rugosité du couvert, la vitesse de frottement et la constante de Karman (0,4). A l'intérieur d'un couvert végétal, les vitesses du vent sont réduites, l'augmentation de la vitesse avec la hauteur est beaucoup plus faible et le profil de vent n'est pas nécessairement de type logarithmique. Le profil de vent est alors déterminé essentiellement par l'architecture de la plante (indice foliaire, répartition des feuilles...) et les caractéristiques de la culture (densité de plantation...) (Colville, 1968). Ainsi, un indice foliaire élevé ou une forte densité va fortement réduire la vitesse du vent dans le couvert.

Les figures 1a et 1b présentent les profils du vent dans et au-dessus d'un couvert de manioc à différents moments de la journée. Lorsque le couvert a environ 120 cm de haut et que les feuilles sont uniformément réparties sur toute la hauteur, la réduction de la vitesse du vent dans le couvert est régulière et de plus en plus grande vers le bas. Au-dessus du couvert, le profil est du type logarithmique (Perrier *et al.*, 1970). Pour un couvert de six mois qui mesure 170 cm de haut et qui a une distribution des feuilles plus centrée vers le sommet après la chute des feuilles

de base, on observe des vitesses relativement plus élevées à la base qu'à un niveau supérieur.

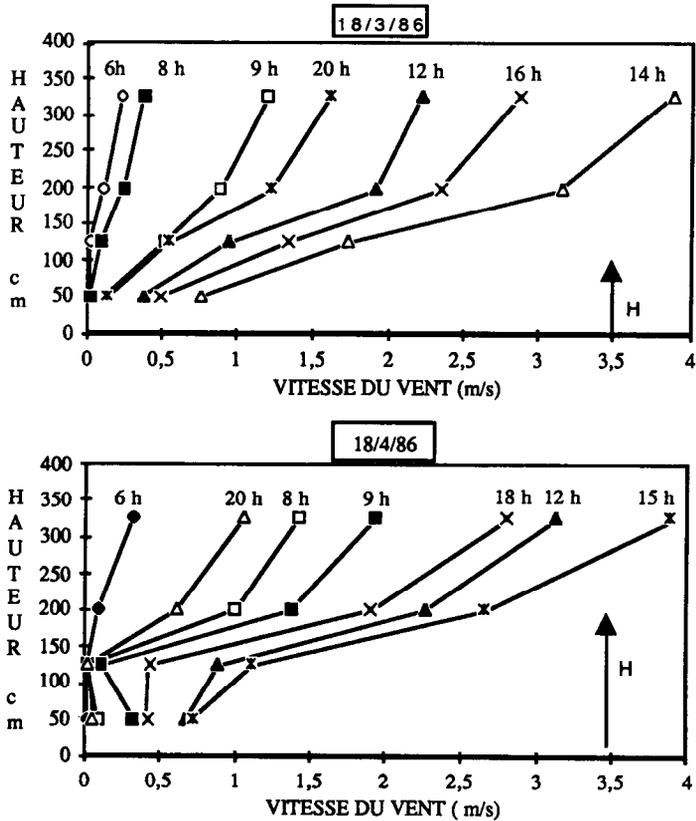


Fig. 1 : Profils de vent dans un couvert de manioc le 18/3/86 (a) et le 18/4/86 (b).

Au-dessus du couvert, le profil est à nouveau du type logarithmique. Dans tous les cas, on observe dans la canopée une réduction qui est d'autant plus grande que la vitesse du vent dans l'air libre est élevée. Ceci est mis en évidence par le fait que les profils ne soient pas parallèles.

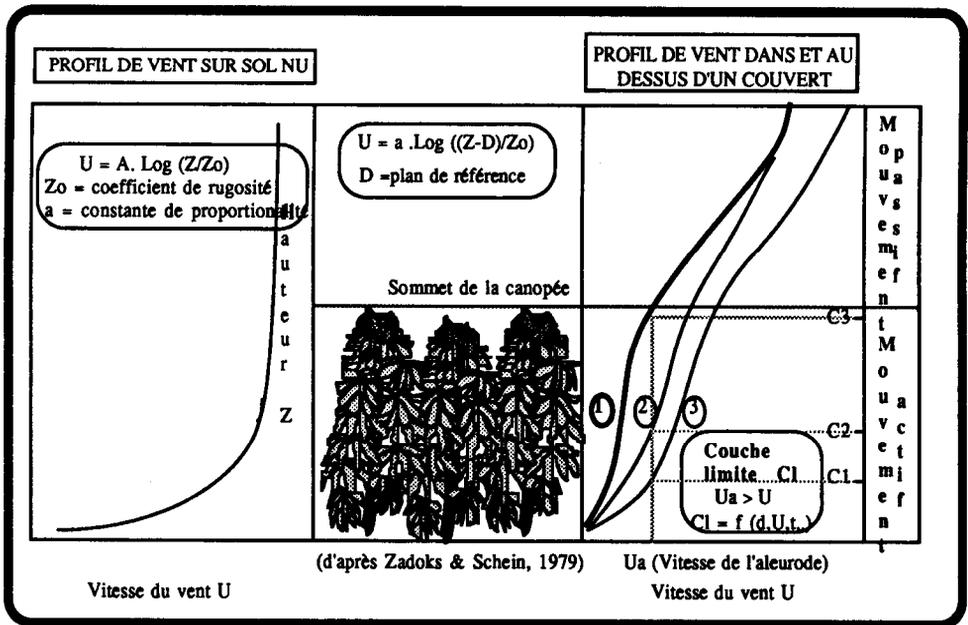
La couche limite et importance de la direction du vent

Taylor (1958) introduit la notion de couche limite pour le vol d'un insecte comme la couche à l'intérieur de laquelle la vitesse de vol de l'insecte est supérieure à la vitesse du vent. La profondeur de cette couche fluctue en fait d'un instant à l'autre avec les variations de la vitesse du vent (Fig.2). Elle est fonction de l'architecture du couvert (de son indice foliaire en particulier) et est déterminée aussi par la capacité intrinsèque de vol de l'insecte. La couche limite et la couche supérieure forment deux zones à l'intérieur desquelles les déplacements de l'insecte sont de nature profondément différente. En effet, à l'intérieur de la couche limite, l'insecte est capable de contrôler son vol, de se déplacer activement et d'atteindre un objectif. La couche limite dépend donc de la vitesse de déplacement propre de l'insecte. Il n'existe pas, à notre connaissance, de mesure directe de la vitesse de vol de *Bemisia tabaci*. Cependant, une relation

générale établie entre la taille des insectes (envergure des ailes x longueur du corps) et leur vitesse de vol (Lewis et Taylor, 1967) donne, pour *Bemisia tabaci*, une vitesse de déplacement de l'ordre de 0,2 m par seconde.

Vu les vitesses de vent en surface la majeure partie de la journée (Fig. 3) et par analogie avec les autres insectes étudiés (Taylor, 1974), la couche limite doit se situer à quelques centimètres seulement au-dessus du sol. Cependant, la réduction de la vitesse du vent par le couvert peut augmenter cette couche limite.

CARACTERISTIQUES DU VENT



Au-dessus de la couche limite au contraire, la vitesse du vent est supérieure à celle de l'insecte, aucune progression ne peut être faite contre la direction du vent; l'insecte est alors transporté passivement. La direction et la vitesse de son déplacement sont alors similaires à celles du vent. Des distances de l'ordre de plusieurs kilomètres par jour peuvent être ainsi parcourues.

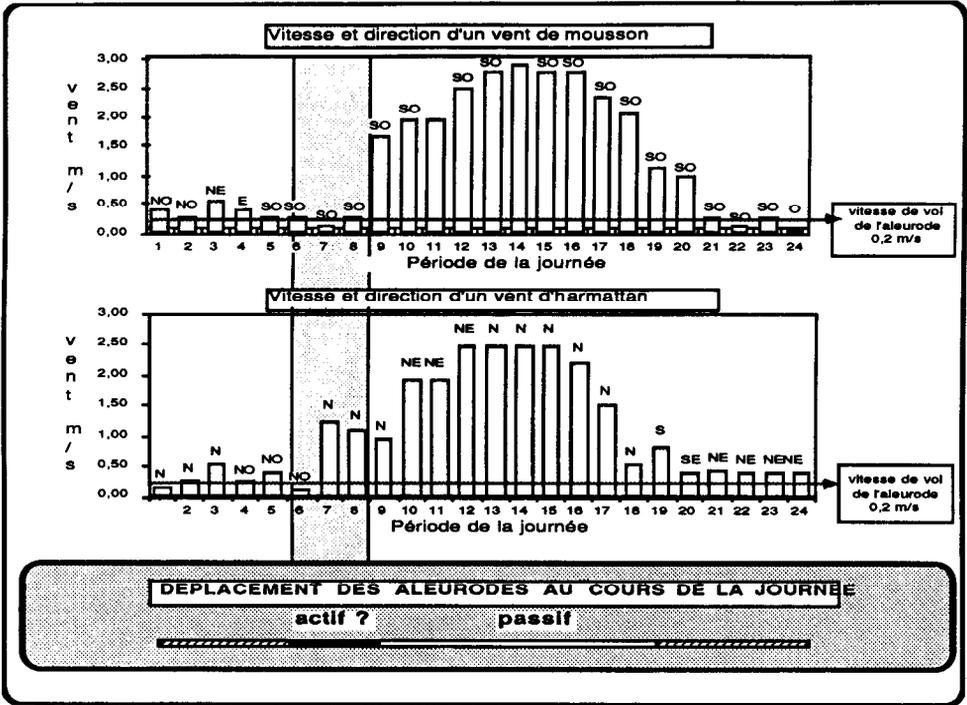


Fig. 3 : Vitesse et direction du vent.

Effet d'un obstacle sur le vent

Le brise-vent : tout obstacle naturel ou artificiel entraîne des phénomènes de turbulence et provoque une réduction de la vitesse du vent (Fig. 4a, b) en aval du courant d'air (Rosenberg, 1974) qui favorisent l'accumulation de particules inertes, ainsi que d'insectes flottant dans l'air (Lewis et Dibley, 1970). En effet, sous le vent d'un obstacle ou d'une barrière existe une zone de calme ressemblant à une bulle (Fig. 4a) et s'étendant, suivant l'angle d'incidence du vent et la perméabilité de la barrière, de 7 à 20 fois la hauteur de l'obstacle.

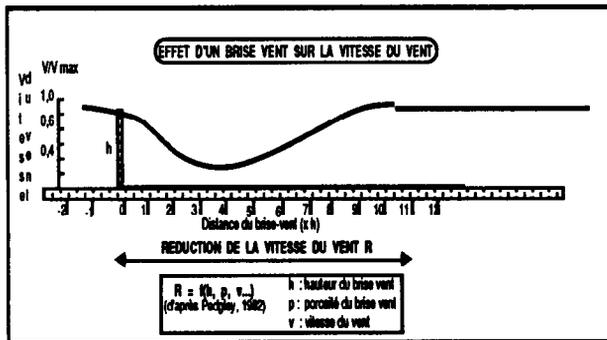
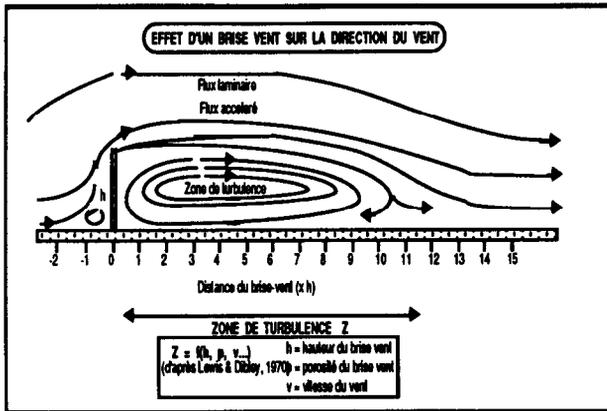


Fig. 4 : Effet d'un brise vent sur la vitesse du vent.

A l'intérieur de cette bulle le vent fluctue dans toutes les directions, mais suit en moyenne un mouvement circulaire perpendiculaire à la barrière autour d'une zone de calme située en son centre. La bulle est limitée en bas par le sol et au-dessus par la couche turbulente de cisaillement. Aussi certains insectes approchant la barrière dans le vent incident seront transportés au-dessus et au-delà de cette zone; d'autres seront diffusés à l'intérieur de la "bulle" par la couche turbulente de cisaillement et y seront ventilés par un flux rentrant, généré près de son extrémité aval.

Le couvert de Manioc : le couvert de manioc comme le brise-vent constitue un obstacle naturel qui crée des phénomènes de turbulence avant et après la parcelle et bien entendu au-dessus de la canopée. L'importance de la zone de turbulence (Fig. 5) sera fonction de la hauteur et de la rugosité du couvert, de l'indice foliaire et bien sûr de la vitesse du vent. La turbulence va alors favoriser l'atterrissage d'insectes flottant dans le courant d'air au-dessus de la couche limite.

Les figures 6a et 6b montrent que la réduction de la vitesse du vent commence bien avant la parcelle. Cette réduction est maximum en bordure de parcelle et dépend du niveau de mesure par rapport à la hauteur du couvert (fig. 6b). Ici encore, comme dans le cas du profil vertical, la réduction de la vitesse est d'autant plus forte que le vent dans l'air libre est fort. Cependant les

vents forts peuvent entraîner une modification de l'architecture du couvert aboutissant quelquefois à des réductions moins élevées en bordure (Fig. 6b).

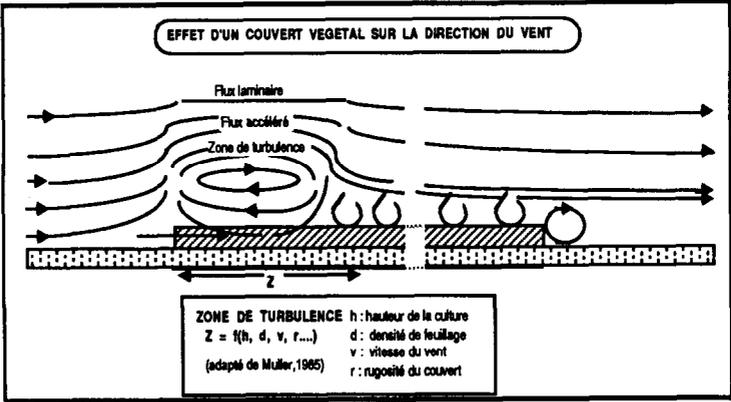
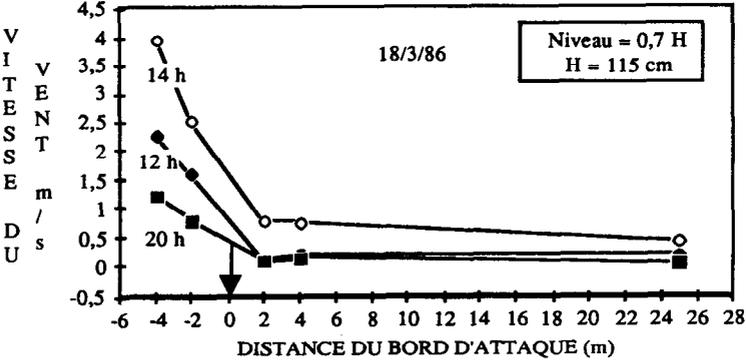


Fig. 5 : Effet d'un couvert végétal sur la direction du vent.



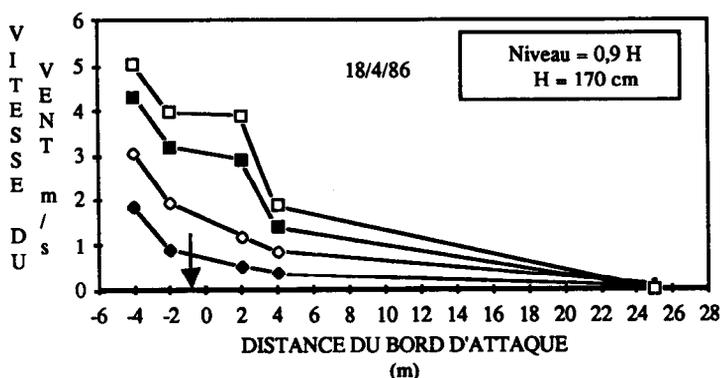


Fig. 6 : Effets d'un couvert de manioc sur la vitesse du vent le 18/3/86 (a) et le 18/4/86 (b).

La figure 7 met en évidence la réduction relative à la vitesse maximale du vent. Il faut noter qu'au-dessus de la surface du couvert la réduction est de 40%, alors qu'au tiers inférieur du couvert, la réduction varie entre 90 à 100% selon la vitesse maximale.

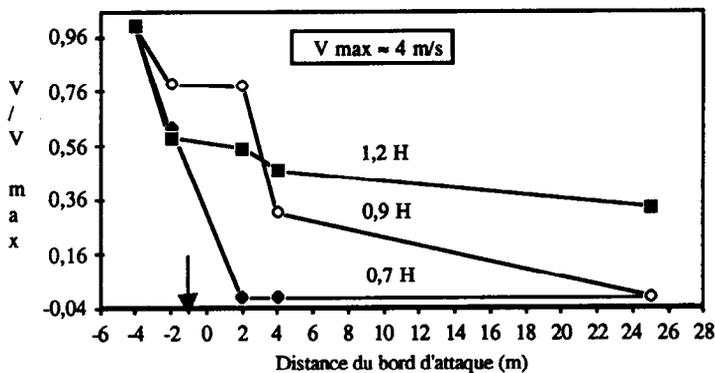


Fig. 7 : Réduction de la vitesse du vent à différents niveaux dans un couvert de manioc

TEMPERATURE ET HUMIDITE

Des auteurs tels que Pedgley (1982) ont souligné l'importance de la température et de l'humidité de l'air dans l'activité des insectes. Pedgley a rapporté qu'un seuil de température est nécessaire au vol d'insectes et qu'il y a évidence qu'une chute rapide de l'humidité relative (HR) favorise ce vol d'insectes. Les figures 8a et 8b présentent la tendance générale de l'évolution journalière de la température et de l'humidité à trois niveaux dans une parcelle de manioc. La température qui est minimum la nuit augmente pendant la journée, atteignant son maximum vers 14-15 h. et diminue ensuite. Cette évolution de la température de l'air est directement liée au

rayonnement solaire reçu. En effet, l'énergie solaire incidente (le rayonnement net) est utilisée dans l'évapotranspiration (flux de chaleur latente), dans l'échauffement de l'air (flux de chaleur sensible) et l'échauffement du sol (flux de chaleur conductive). L'élévation de la température de l'air sera d'autant plus importante que les conditions hydriques seront défavorables. Signalons que la différence de température entre les trois niveaux (0,5, 1,25 et 2 m) peut parfois atteindre 4°C. Contrairement à la température, l'humidité relative est maximum la nuit et minimum le jour et son évolution est inversement liée à la température. Précisons que la diminution de HR pendant la journée ne signifie pas une réduction effective de la quantité de vapeur d'eau dans l'air. Au contraire, l'évapotranspiration apporte de la vapeur d'eau supplémentaire mais l'élévation de la température réduit plus rapidement le degré de saturation de l'air.

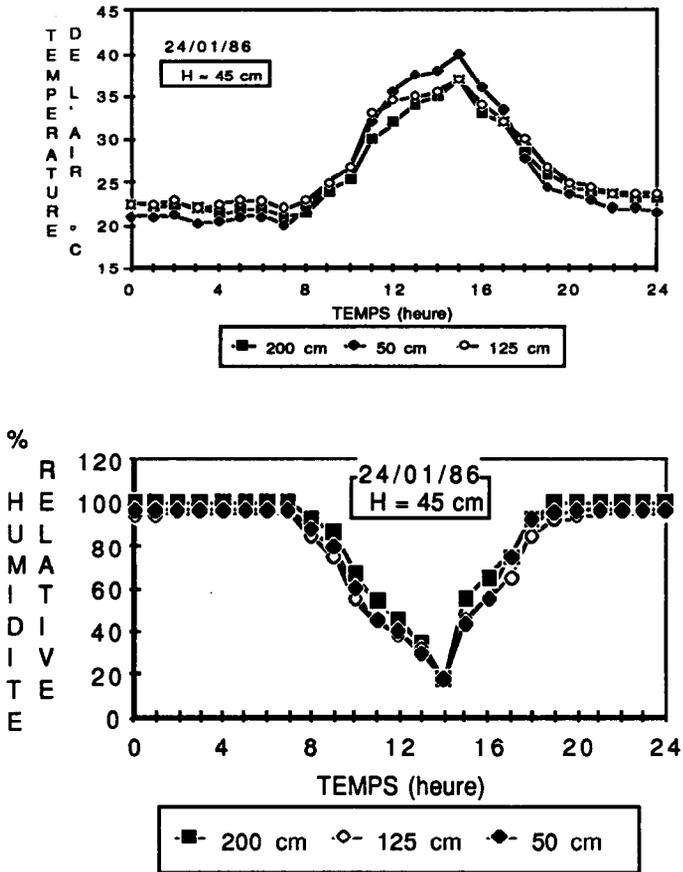


Fig. 8 : Evolution de la température de l'air (a) et de l'humidité relative (b) au cours de la journée du 24/1/86.

PHENOMENES CLIMATIQUES IMPORTANTS

Les paramètres climatiques que nous venons d'analyser sont sous l'influence de plusieurs systèmes de circulation. Il s'agit :

- des vents de mousson (alizé austral) et d'harmattan (alizé boréal)
- des brises de terre et de mer
- des orages.

Le Front Intertropical (F.I.T.)

Il existe dans la zone intertropicale une zone de confluence entre deux masses d'air. La première est océanique, de secteur Sud-Ouest, appelée "mousson", mais n'est autre que l'alizé de l'hémisphère austral, dévié vers la droite par la force de Coriolis après franchissement de l'équateur. La deuxième est sèche, d'origine continentale, de secteur Nord-Est; c'est l'alizé de l'hémisphère boréal appelé "harmattan". Cette zone de confluence est appelée zone de convergence intertropicale et la ligne de rencontre entre les deux alizés et le Front Intertropical (F.I.T.). Ces masses d'air, et par la suite le F.I.T. lui même, se déplacent sous l'effet principal des gradients de pression entre l'anticyclone des Açores au Nord, l'anticyclone de la Sainte-Hélène au Sud et les dépressions équatoriales. La dépression thermique saharienne située entre l'anticyclone des Açores et la cellule anticyclone lybienne joue le rôle moteur principal. Quand elle remonte en latitude, elle crée un appel de mousson qui repousse le F.I.T. vers le Nord et inversement quand elle descend vers l'équateur (Eldin, 1970).

Le passage du F.I.T. ne s'accompagne pas uniquement d'une modification de la direction des vents. La température et surtout l'humidité de l'air subissent des modifications. Il se produit aussi des phénomènes de convergence au niveau du front qui pourraient expliquer des accumulations soudaines d'insectes (Joyce, 1983). En basse Côte d'Ivoire, et plus précisément à Adiopodoumé, les périodes de janvier/février correspondant au passage du F.I.T. connaissent une instabilité inhabituelle du niveau des populations d'aleurodes (Fargette *et al.*, 1986).

Brise de terre/Brise de mer

C'est une circulation d'origine thermique et réversible. En effet, dans une atmosphère calme, le soleil chauffe plus rapidement la terre qu'une surface d'eau, entraînant un gradient horizontal de température. En retour, l'air au-dessus du sol s'échauffe et s'étend plus rapidement que celui au-dessus de l'eau. A cause de conditions hydrostatiques, le gradient vertical de pression est supérieur dans l'air frais au-dessus de l'eau à celui de l'air chaud au-dessus du sol. Ceci veut dire qu'à un niveau constant au-dessus du sol et de l'eau, la pression est plus élevée au-dessus du sol qu'au-dessus de l'eau. Ce gradient de pression (environ 1 mb/50 km) crée (en hauteur) un léger mouvement d'air, du sol (B) vers la mer (C). La convergence en C augmente la pression qui entraîne une subsidence de C vers D, en réponse au déséquilibre hydrostatique et au flux d'air de D vers A. La divergence près de B conduit à une réduction de pression entraînant un flux d'air de A vers B. L'ensemble constitue la brise de mer. La brise de terre est le mécanisme inverse.

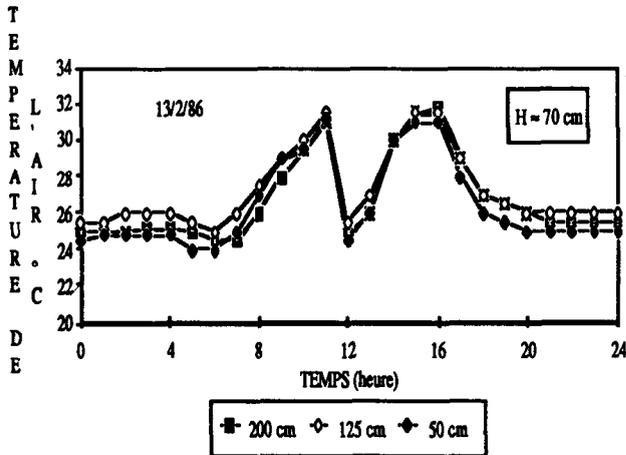
La brise de terre n'est pas aussi intense que la brise de mer, aussi bien en vitesse qu'en hauteur car il n'y a pas de source d'énergie (nuit) pour transporter la circulation à des hauteurs plus élevées (Atkinson, 1981). Il faut noter que l'apparition de la brise correspond généralement à un changement de vitesse et de direction du vent. La brise de mer entraîne une chute de température et une élévation de l'humidité relative. La vitesse du vent peut atteindre 10 m/s. En basse Côte d'Ivoire la brise de mer est souvent confondue à la mousson. La brise de terre a une vitesse beaucoup plus faible : moins de 2m/s (Atkinson, 1981) et elle entraîne moins de modifications de température et d'humidité. La profondeur des brises varie entre 100 et 1000 m. Le courant retour n'est pas beaucoup étudié, mais il peut varier entre 500 et 3000 m et atteindre 7 m/s. La distance couverte par les brises varie généralement, en moyenne, entre 20 et 50 Km mais peut atteindre 300 km dans les zones tropicales.

Les orages

L'advection d'air maritime frais sur l'air continental chaud est susceptible de provoquer des orages. Les orages s'accompagnent de l'émission de masses d'air fraîches et humides qui s'éloignent du centre de l'orage, créant un front avec les masses d'air environnantes plus sèches. Les vents d'orages sont de courte durée mais souvent très violents, pouvant atteindre 30 m/s (Estienne et Godard, 1970). Le passage d'un orage s'accompagne d'un changement de la direction du vent, d'une augmentation de la vitesse du vent avec une élévation de la turbulence. La température de l'air va chuter rapidement (Fig. 10a), alors que l'humidité relative va augmenter (Fig. 10b). Les orages ont un effet mécanique sur toute particule ou tout insecte flottant dans l'air ou même reposant sur les feuilles des plantes grâce à ses vents turbulents et ses pluies d'intensité très élevée pouvant atteindre 70 mm/h. Ces fortes pluies et les basses températures pourraient provoquer la mort de larves et même d'insectes. Signalons que les orages peuvent indirectement favoriser le développement du couvert par l'apport des pluies. Ceci va augmenter la couche limite de vol de l'aleurode et permettre une accumulation plus grande d'insectes.

Mécanisme d'accumulation au niveau du front

Pedgley (1982) propose un mécanisme d'accumulation des insectes au niveau des fronts qui peut s'appliquer non seulement au F.I.T., mais aussi à d'autres types de front comme ceux que l'on observe au niveau des brises de terre et des vents d'orage. Les insectes sont transportés de part et d'autre du front, par un vent humide et relativement frais de direction Sud-Ouest d'une part, et par un vent sec et chaud de direction Nord-Est. Ces flux d'insectes convergent au niveau du front, puis ont tendance à être entraînés par les courants ascendants divergents. Si l'on admet que les insectes orientent alors leur vol vers les couches basses, afin de se maintenir dans la zone



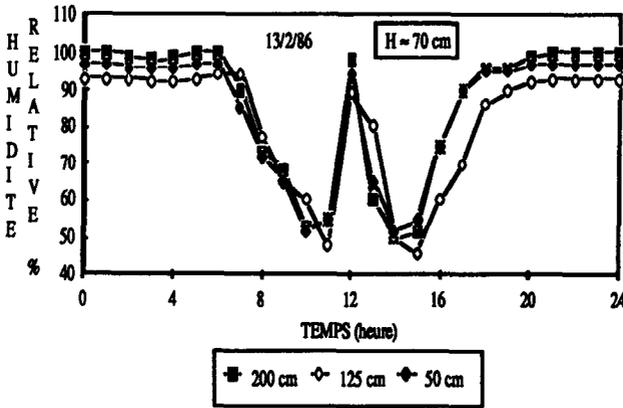


Fig. 10 : Effet d'un orage sur la température de l'air (a) et sur l'humidité relative (b).

de convergence en raison des conditions particulières qui y règnent (poche de calme, humidité et température favorable...) ou afin d'éviter une zone défavorable (mouvement turbulent...), il se produira alors une accumulation d'insectes au niveau du front (Fig. 11). Ce mécanisme proposé par Pedgley (1982) est présenté comme un mécanisme possible et n'a pas rang de certitude. On ignore en particulier quelle est la force d'entraînement de ces mouvements de divergence au niveau du front et dans quelle mesure les aleurodes sont capables de s'y opposer. Joyce (1973) y voit cependant l'un des phénomènes essentiels expliquant la dispersion et les fluctuations des populations d'aleurodes.

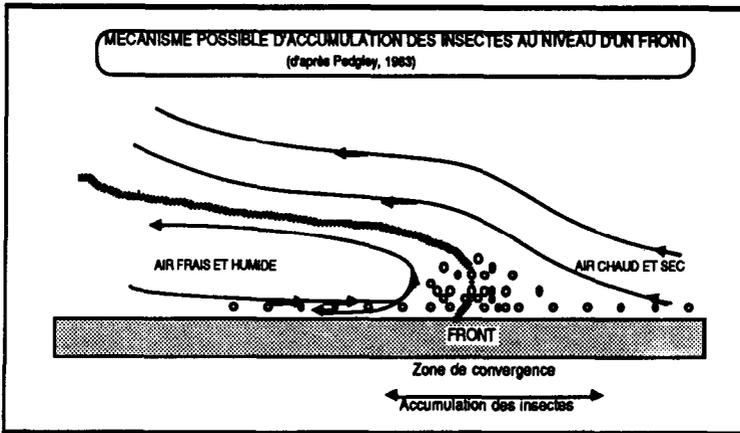


Fig. 11 : Mécanisme possible d'accumulation des insectes au niveau d'un front.

CONCLUSIONS

La réduction de la vitesse du vent par le couvert de manioc (pouvant atteindre 90%) et les phénomènes de turbulence en bordure de parcelle et au-dessus de la canopée, devraient permettre une plus grande accumulation d'aleurodes.

La vitesse et la direction du vent sont seulement importantes en dehors de la couche limite de vol de l'insecte.

L'interaction entre la température, l'humidité relative et la vitesse du vent au cours de la journée et la hauteur du couvert devrait permettre une activité beaucoup plus grande de l'insecte en début et en fin de journée.

Le passage du F.I.T., de brise de terre ou brise de mer, d'orages pourrait expliquer des modifications dans les populations d'aleurodes dans un couvert de manioc.

BIBLIOGRAPHIE

- ATKINSON, B.W. (1981). Sea/land breeze circulation In : *Meso-scale Atmospheric Circulations*. Academic Press, 125-214.
- BYRNE, D.N. (1986). Comparison of the flying strategies of aleyrodids and aphids. *Proceedings of the Third Workshop on Epidemiology of Plant Virus Diseases*. Orlando, Florida, 6-8/1986 VII, 31-34.
- COLVILLE, W.L. (1968). Influence of plant spacing and plant population on aspects of the microclimate within ecosystems. *Agronomical Journal* 60, 65-67.
- ELDIN, M. (1971). Le climat In Le milieu naturel en Côte d'Ivoire. *Mémoire ORSTOM* 50, 76-108.
- FARGETTE, D. (1985). Epidémiologie de la Mosaïque Africaine du Manioc en Côte d'Ivoire. *Thèse Université du Languedoc*. Montpellier 201 p.
- FARGETTE, D., FAUQUET, C., NOIROT, M., RAFAILLAC, J-P. & THOUVENEL, J-C. (1986). Temporal pattern of African cassava mosaic virus spread. *Proceedings of the Third Workshop on Epidemiology of Plant Virus Diseases*. Orlando, Florida, 6-8/1986 VII, 25-27.
- ESTIENNE, P. & GODARD, A. (1970). Climatologie. Librairie Armand Colin, pp. 88-174.
- JOYCE, R.J.V. (1973). Insect mobility and the philosophy of crop protection with reference to the Sudan Gezira. *Pesticides Abstracts and News Summary* 19, 62-70.
- JOYCE, R.J.V. (1983). Aerial transport of pests and pest outbreaks. *EPPO Bulletin* 13 (2), 111-119.
- LEWIS, T. & DIBLEY, A. (1970). Air movement near windbreaks and a hypothesis on the mechanism of the accumulation of airborne insects. *Annals of Applied Biology* 66, 477-484.
- LEWIS, T. & TAYLOR, L.R. (1967). *Introduction to Experimental Ecology*. Academic Press, London.
- PEDGLEY, D. (1982). *Windborne pests and diseases. Meteorology of Airborne Organisms*. Wiley Intersciences, 250p.
- PERRIER, E.R., MILLINGTON, R.J., PETERS, D.B. & LUXMOORE, R.J. (1970). Wind structure above and within a soybean canopy. *Agronomical Journal* 62, 615-618.
- ROSENBERG, N.J. (1974). Windbreaks and shelter effect In *Microclimate : The Biological Environment*. John Wiley & Sons, Inc., 238-264.
- TAYLOR, R. (1974). Insect migration, flight periodicity and the boundary layer. *Journal of Animal Ecology* 29, 45-63.
- VAN HELDEN, M. & VAN HALDER, I. (1986). Mouvements et comportement de *Bemisia tabaci* (Gennadius) vecteur de la Mosaïque Africaine du Manioc. *Mémoire de stage ORSTOM*.
- YAO, N.R., FARGETTE, D. & FAUQUET, C. (1986). Influence du vent sur la dispersion des maladies virales transmises par aleurodes. Communication au colloque sur l'Agrométéorologie et la Protection des cultures dans les zones semi-arides. Niamey, Niger, 8-12 décembre 1986.