

112
K10
BAL
REPUBLICQUE LIBANAISE

PLAN VERT

Programme des Nations Unies
pour le Développement

FAO

الجمهورية اللبنانية
مكتب وزير الدولة لشؤون التنمية الإدارية
مركز مشاريع ودراسات القطاع العام

**PROJET DE DEVELOPPEMENT DE LA MONTAGNE
LIBANAISE**

République Libanaise
Bureau du Ministre d'Etat pour la Réforme Administrative
Centre des Projets et des Etudes sur le Secteur Public
(C.P.E.S.P.)

**EXTENSIONS ET AMELIORATIONS POSSIBLES
DES SYSTEMES DE PROTECTION CONTRE LE
VENT AU LIBAN**

1969

H RW 485

R A P P O R T D E M I S S I O N

Pour le Fonds Spécial

des Nations Unies auprès du projet

de Mise en Valeur Intégrale de la

MONTAGNE LIBANAISE

Extensions et améliorations possibles des systèmes

de protection contre le vent au LIBAN

Charles BALDY
Consultant F.A.O.
Chargé de Recherches en
Bioclimatologie
I.N.R.A. - FRANCE

Mars - Avril 1969

EXTENSIONS ET AMELIORATIONS POSSIBLES DES SYSTEMES
DE PROTECTION CONTRE LE VENT AU LIBAN

- 0 - GENERALITES - Présentation des problèmes
- 1 - DIMENSIONS ET CARACTERISTIQUES DES BRISE-VENT -
Justifications des méthodes proposées.
 - 11 - Analyse des conditions aérodynamiques au Liban
 - 12 - Effets des brise-vent sur le vent
 - 13 - Caractéristiques optimales des brise-vent
 - 14 - Action des brise-vent sur la culture à protéger
 - 15 - Caractéristiques aérodynamiques de quelques espèces
utilisées comme brise-vent
 - 16 - Densités de plantation sur la ligne
 - 17 - Dimensions des brise-vent
- 2 - AMELIORATIONS POSSIBLES DES RESEAUX ACTUELS DE BRISE-VENT -
- 3 - ETUDES REGIONALES PAR TYPE DE CULTURE ET SYSTEME DE PROTECTION ENVISAGE -
 - 30 - Généralités: types de cultures et zones culturelles
 - 31 - Etudes régionales des cultures irriguées
 - 311 - Akkar et plaines côtières
 - 312 - Bekaa
 - 32 - Cultures sèches en plaine et plateaux
 - 33 - Montagnes
- 4 - ANALYSE DE QUELQUES ASPECTS TECHNIQUES PARTICULIERS
 - 41 - Association d'espèces dans un brise-vent et techniques de conduite
des arbres
 - 42 - Utilisation et possibilités de développement des abris en grillage
plastique en culture intensive.
 - 43 - Protection des mares et réservoirs destinés à l'irrigation :
brise-vent vivants et rideaux artificiels
 - 44 - Utilisation d'arbres fourragers en haies dans les terrains non
irrigables et action sur le vent et l'érosion.

5 - RAPPORT ET PRODUCTION POSSIBLE DES BRISE-VENT VIVANTS EN BONNES CONDI-
TIONS DE CULTURE: Prix de revient et coût de production estimés

6 - RECOMMANDATIONS ET CONCLUSIONS

1 - DIMENSIONS ET CARACTERISTIQUES DES BRISE-VENT -Justifications des méthodes proposées11 - Analyse des conditions aérodynamiques au Liban

Les études entreprises depuis plusieurs années en climat méditerranéen ont permis de montrer que les caractéristiques des vents régnant dans la zone avaient une grande importance sur la protection à attendre des rideaux-abris.

On a pu montrer que la connaissance (au moyen d'anémomètres de type classique) de la seule composante horizontale du vent est suffisante en zones tempérée ou froide de type océanique. Elle est valable aussi en hiver en région continentale froide, quand une couche de neige tend à homogénéiser les températures au dessus du sol, car les phénomènes de turbulence sont réduits. Cette seule mesure devient insuffisante quand la composante verticale du vent prend beaucoup d'importance, comme c'est le cas en climat aride.

C'est pourquoi les caractéristiques du vent en région méditerranéenne changent presque complètement en fonction de la saison, mais aussi de l'origine de la masse d'air provoquant ce vent.

Alors qu'en hiver, on se trouve placé dans des conditions générales de type atlantique (vastes anticyclones et dépressions commandés par la circulation générale de l'atmosphère), ce qui amène des vents à dominante horizontale, on a, en été, des vents ayant pour origine les anticyclones et dépressions thermiques continentales.

Le dessèchement du sol et le rayonnement solaire intense provoquent des gradients thermiques très importants, qui créent des situations instables dans les basses couches de l'atmosphère et des vents à forte turbulence verticale.

12 - Effets des brise-vent sur le vent

Ces considérations expliquent pourquoi les brise-vent ont des effets extrêmement différents en climat méditerranéen selon la saison.

En hiver, la protection assurée sera de type océanique. Les mesures effectuées montrent qu'à 20 - 25 fois la hauteur du brise-vent, le vent est encore réduit de 30 % au moins, à condition que la structure du brise-vent soit convenable.

En été, au printemps, et au début de l'automne, on constate, au contraire, que la protection devient presque nulle à moins de 15 hauteurs, parfois même à 10 hauteurs ! Cette réduction de la distance est d'autant plus sensible que la porosité du brise-vent diminue et que son irrégularité augmente.

13 - Caractéristiques optimales des brise-vent

De très nombreux travaux entrepris depuis plus de cinquante ans, ont tous convergé pour montrer qu'en région où la neige n'est pas un facteur climatique dominant, on a intérêt à utiliser des brise-vent minces, formés normalement d'un seul rang d'arbres ou d'une seule haie morte. On verra cependant, qu'en bord de mer, une protection plus épaisse est nécessaire, en raison de l'effet phytocide du chlorure de sodium.

Ce rideau mince doit aussi être poreux, et les études ont prouvé qu'une porosité voisine de 50 % constitue l'optimum pour obtenir une modification de la vitesse du vent sans provoquer de tourbillons derrière le rideau. On peut protéger des cultures fragiles en adjoignant au rideau principal (qui assure une réduction du vent de l'ordre de 30 à 50 %) des rideaux secondaires, généralement formés de claies ou grillages plastiques calibrés, présentant eux-mêmes une porosité de 50 %, qui réduiront le vent dans les mêmes proportions une seconde fois. C'est ainsi qu'en culture maraîchère, un vent de 16m.s^{-1} (à 2 m. du sol sans abri)

pourra être réduit à 4 m.s^{-1} (à 2m. du sol) et à moins de 2 m.s^{-1} au voisinage de la culture, compte tenu des coefficients de frottement. Celle-ci sera alors en condition de photosynthétiser normalement, et ses échanges énergétiques d'origine advective réduits au minimum possible.

On devra donc déconseiller, sinon prohiber, les rideaux d'arbres totalement imperméables, tels que ceux obtenus avec cyprès fastigiés (si fréquents pourtant traditionnellement !) au profit de rideaux semi-perméables, dont le type idéal est constitué par le casuarina, le cyprès horizontal rogné convenablement en épaisseur, ou l'eucalyptus en têtard, en taillis fureté, ou le peuplier à port étalé associé à un arbre de faible développement pour permettre son élagage naturel.

On verra au chapitre 4 les techniques recommandées pour les créations de brise vent.

14 - Action des brise-vent sur la culture à protéger

a) On rappellera d'abord qu'un brise-vent ne protège que sur une distance proportionnelle (10 à 25 fois) à sa hauteur (H) disponible au dessus de la culture et seulement s'il est constitué d'un rideau homogène et perméable à 50 % environ. C'est à dire que les sommets des arbres, formant dents de scie au dessus de la couronne, n'ont qu'un effet limité sur le vent.

b) action sur l'évapotranspiration - La réduction de la vitesse du vent agit sur l'évapotranspiration de deux façons : mécaniquement, en permettant aux stomates de rester ouverts. Cette réduction favorise l'évapotranspiration maximale. Energétiquement, la réduction des vitesses de transfert diminue l'évapotranspiration et permet la dissipation sous forme de vapeur d'eau de toute l'énergie reçue par le végétal et non utilisée pour la photosynthèse.

Mais ceci n'est vrai qu'en condition de parfaite alimentation en eau et si la teneur en gaz carbonique de l'air reste suffisante pour ne pas provoquer une fermeture physiologique des stomates.

c) Action sur la photosynthèse - La réduction du vent et des échanges avec l'atmosphère libre a une double action sur la photosynthèse.

Les stomates peuvent rester ouverts plus longtemps au cours de la journée. Les échanges CO_2 - H_2O peuvent se produire normalement et la fonction chlorophyllienne peut atteindre son optimum.

Cependant ces échanges ralentis créent un déséquilibre dans les teneurs en CO_2 , qui peuvent s'abaisser considérablement et ralentir la photosynthèse. D'autre part, la transpiration active conduit la plante à avoir une température de surface voisine de celle du thermomètre mouillé. En conséquence la fonction chlorophyllienne peut ne pas se trouver à son optimum (généralement situé pour les plantes méditerranéennes entre 20 et 30° C.) On peut alors avoir un rendement photosynthétique réduit. Ceci peut notamment s'observer au printemps, matin et soir surtout.

D'une façon très générale, cependant, l'action du brise-vent est hautement bénéfique tant que l'alimentation en eau est suffisante.

d) Action du brise-vent en culture sèche en climat aride

On a vu que la réduction de la vitesse du vent favorise l'ouverture des stomates. L'eau disponible dans le sol est donc fortement sollicitée et le dessèchement est rapide. Si la plante n'a pu terminer son cycle avant épuisement des réserves, on risque d'avoir un rendement très affaibli. C'est notamment le cas du blé : si le point de flétrissement est atteint avant le stade grain pâteux, sa valeur boulangère est très réduite. Dans le cas de la betterave à sucre, on a autoconsommation des réserves et perte considérable de sucre. Cette éventualité est plus à craindre si on protège la culture, car elle épuise plus

rapidement les réserves en eau, sans abri, dans les conditions du Liban, ou le vent se lève généralement vers 10 h. et croit jusque vers 17 - 18 h.

Les stomates se ferment rapidement et, pour des plantes adaptées (céréales par exemple) les échanges deviennent très faibles. Le rythme de croissance est donc affaibli, le rendement en matière sèche sera faible, mais l'économie d'eau permettra plus souvent à la végétation de terminer normalement son cycle.

Ceci est encore plus vrai pour les cultures d'été en sec (Sorgho, pastèques) qui souffrent beaucoup de la présence de rideaux-abris.

Dans le cas de la vigne de cuve, sa grande résistance à la sécheresse lui permet de lutter assez bien. Mais la concurrence pour l'eau est à éviter et il ne paraît pas nécessaire de la protéger. La vigne de table sur pergola, par contre, souffre des courants d'air provoqués dans les tunnels, et le raisin est déprécié. On a intérêt dans ce cas précis, à fermer ces tunnels dans le sens du vent dominant, à l'aide d'un rang de cyprès (plantés à 6 m. en avant du vignoble pour faciliter le passage des machines) ou d'un brise-vent en plastique, qu'on peut aisément placer devant les pergolas. On évite ainsi tourbillons de poussière et le dessèchement des grappes, préjudiciables à la vente du raisin de table.

15 - Caractéristiques aérodynamiques de quelques espèces utilisées comme brise-vent.

Les essences utilisées réagissent très différemment à un même vent.

Les cyprès verticaux, les ifs plantés serré (50-80 cm sur la ligne, souvent avec deux lignes en quinconce) forment une muraille derrière laquelle le vent forme des tourbillons de plus en plus violents à mesure qu'il augmente.

Les cyprès horizontaux (*C. Sempervirens*, *C. Macrocarpa*, *C. Arizonica*, *C. Lusitanica*, etc) plaquent leur feuillage quand le vent augmente, ce qui réduit la porosité. Plantés à distance convenable (1m50 à 2m les uns des autres, sur un rang) ils fournissent un excellent brise-vent, un peu trop "fermé" quand les vents sont très violents.

Les Casuarina et les Tamarix offrent une protection constante: les brindilles maintiennent une porosité constante quel que soit le vent. Plantés de 2 à 3m sur la ligne (Casuarina) ou à 1m50 environ (Tamarix) leur protection est excellente.

Le pin des Canaries, le pin Brutia, présentent les mêmes caractéristiques et constituent eux aussi d'excellents brise-vent (à condition de prévoir un sous étage dans le cas de *P. Canariensis* surtout).

Les Eucalyptus courants (*Globulus*, *Gomphocephala*, *Trabuti*, *Camaldulensis*, *Lehmanni*, *Microtheca*, *Viminalis*, *Saligna*, *Cladocalyx*, *Platypus*, etc.) orientent leurs feuilles dans le sens du vent et réduisent leur protection quand le vent augmente. Plantés à 3 m et traités en taillis fureté, leur protection est cependant excellente.

Les Peupliers ont un coefficient de protection à peu près constant pendant leur phase feuillée. Les variétés à port très fastigié, plantés serré, sont cependant souvent trop denses. On doit leur préférer des clones ou variétés dont les branches fassent, autant que possible, un angle moyen voisin de 45° avec le tronc. On peut alors planter à 2m - 3m sur la ligne, avec un arbre à faible développement en sous étage.

16 - Densités de plantation sur la ligne

On a pu constater que les densités de plantation sur la ligne sont presque toujours beaucoup trop fortes. Ce phénomène est pratiquement noté dans toutes les régions où traditionnellement des brise-vent sont implantés. Ceci s'explique par le faible développement des arbres les premières années et l'espoir qu'un renforcement de la densité réduira ou évitera les regarnis.

En fait, les mortalités (après la reprise à la plantation) se produisent généralement par plaques, et la surpopulation aggrave la situation plutôt qu'elle ne l'améliore.

On aboutit à des arbres de mauvaise venue, de faible développement, qui se concurrencent dangereusement et concurrencent les cultures à protéger. Nous avons pu noter sur les plaines côtières, des plantations à 2 et 3 rangs, espacés de 0,50 x 0,50, et comportant 1 rang de Cyprès, 1 rang de Casuarina et parfois 1 rang d'Eucalyptus ou d'un arbre à feuilles caduques! Une telle pratique est erronée.

On a intérêt à adopter les dimensions suivantes :

En culture pure -

| | |
|----------------------|---------------------|
| Cyprès horizontal : | 1m50 à 2m50 |
| Casuarina : | 2m00 à 3m00 |
| Tamaris : | 1m50 à 2m00 |
| Eucalyptus : | 2m50 à 4m00 et plus |
| Peuplier fastigié : | 1m50 |
| Peuplier Pyramidal : | 2m50 à 4m00 |

En culture associée -

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Cyprès et Peupliers | à 1m50 les uns des autres |
| Peuplier et Abricotier | (3m entre deux arbres de |
| Peuplier et Olivier | même espèce) |
| Peuplier et Châlef | sur un seul rang |
| Casuarina et Olivier | |

Quand plusieurs séries de brise-vent existent dans une zone, en culture fruitière (oranger, pommier, poirier, pêcher, etc...) on a intérêt à élaguer la base des troncs des brise-vent sur 2-3m de haut (jusqu'à 50 cm environ en dessous du sommet des arbres fruitiers).

En bordure de parcelle, on peut également élaguer et tendre un brise-vent mort (claire de roseaux, plastique) ou parfois, planter une liane vivace (jasmin, bougainvillée, etc...) qu'on tendra sur un grillage parallèle aux arbres. On joindra ainsi décoration et protection efficace. Les premières années, il est nécessaire de protéger le brise-vent, grâce à une haie morte (claire en roseaux ou plastique) pour lui permettre de bien s'établir et de croître rapidement.

17 - Dimensions des brise-vent

a) En culture fruitière, la protection doit être efficace toute l'année. On devra donc se baser sur les dimensions estivales (10 H.). On aura donc des réseaux de 100 x 100 m environ, en moyenne. On ne devrait jamais rencontrer de réseau adulte ayant des mailles inférieures à 0,5 ha (70 x 70 m) sauf avec les tamaris dont la faible hauteur utile (5m au dessus des arbres au plus) ne permet guère de dépasser 50 x 50 m en été (1/4 ha).

Les Casuarina et les Eucalyptus permettent d'établir des mailles plus grandes, de 120 x 120 à 150 x 150 m. Mais en situation de bord de mer on aura généralement intérêt à descendre à 100 x 100 m, car les vents marins réduisent le développement des arbres.

b) En culture maraichère, les mêmes dimensions sont à retenir. On installera (comme on l'a vu plus haut) des réseaux secondaires dans ces mailles pour protéger les cultures les plus fragiles.

c) En "grande culture" (cultures annuelles et plantes fourragères annuelles ou perennes) on pourra se contenter, en général, d'une protection plus réduite qu'en arboriculture fruitière ou en maraichage.

On peut recommander un maillage de 200 x 200 m de façon générale. On verra dans les études régionales qu'en certains cas on peut même aller à 250 x 200 ou même 300 x 200 avec des Eucalyptus, des Casuarina ou des Peupliers. Ces dimensions permettent d'effectuer les travaux mécaniquement et même les traitements phytosanitaires. En culture d'hiver, la protection sera effective sur toute la surface (20 H) surtout si les Eucalyptus sont irrigués en été et traités de façon à atteindre 15 - 20 m de haut en 10 ans.

En culture d'été, la protection sera un peu faible, mais les avantages économiques des mailles de grandes dimensions sont primordiaux.

On verra plus loin comment envisager la protection contre le vent en montagne.

2 - AMELIORATION POSSIBLE DES RESEAUX ACTUELS DE BRISE-VENT

Indispensables en culture irriguée, tant sur la côte que dans la Bekaa, les brise-vent doivent être établis en fonction des nécessités locales. On doit cependant s'efforcer au maximum d'orienter et conseiller les agriculteurs pour qu'ils adoptent des installations cohérentes, efficaces et aussi économiques que possible.

Les rideaux actuellement installés dans les plaines côtières répondent rarement de façon complète à cette nécessité, et une action psychologique, appuyée par des dispositions financières favorables, est nécessaire pour inciter les agriculteurs à améliorer leurs réseaux.

On a vu notamment que ceux-ci sont généralement trop rapprochés, trop denses, et que le minimum d'espace entre le brise-vent et la culture n'est généralement pas respecté. Des rognages plus ou moins anarchiques réduisent souvent l'efficacité du réseau, dont les arbres présentent des cimes d'une irrégularité regrettable. On peut penser souvent que celle-ci provient de la plantation exagérément serrée qui a empêché le développement régulier des arbres.

Le réaménagement de ces brise-vent s'avère souvent très difficile. On peut recommander un rognage des basses branches pour limiter le développement des arbres et favoriser leur croissance en hauteur, une fumure azotée et une irrigation régulière en été. Très souvent, en effet, le réseau de brise-vent est peu et mal alimenté en eau, les seules "pertes" d'irrigation allant aux arbres.

Il ne faut pas s'étonner de la concurrence que le brise-vent fait à la culture protégée. On pourra aussi dépresser les brise-vent trop denses en supprimant un arbre sur 2 ou 3. On pourra généralement éliminer des arbres malingres, des cyprès verticaux très fastigiés quand des cyprès pyramidaux sont voisins, etc...

Dans le cas fréquent ou deux ou trois rangs d'espèces différents ont été plantés côte à côte (intervalle de 0m50 à 1m entre les lignes) on aura intérêt à supprimer les arbres trop voisins, qui se gênent mutuellement. Quand on a Cyprès toujours vert et Casuarina, ce dernier domine généralement, car sa croissance est rapide. On pourra étêter les cyprès à 3 - 4m et ébrancher les Casuarina sur cette hauteur pour améliorer la qualité de leur bois. On pourra aussi supprimer bon nombre d'arbres, car les dimensions entre deux sujets ne devraient pas être inférieures à 1m50 - 2m au minimum.

Quand on a associé Eucalyptus, Casuarina et Cyprès, on peut avoir intérêt, dans un premier temps, à recéper l'Eucalyptus; quand celui-ci a produit des rejets, on pourra arracher les Cyprès, puis 3 - 4 ans après) les Casuarina, en traitant les Eucalyptus comme indiqué au chapitre 4.

Dans le cas des peupliers, on peut constater que presque toujours on a planté des "Roumi" exagérément fastigiés. Il serait nécessaire de choisir des boutures sur des arbres à port plus ouvert, afin de planter ceux-ci à plus grand écartement. A leur base, on aura intérêt à implanter (en bordure de périmètre) des arbustes ou arbres de port moins élevé, afin de pouvoir élaguer toute la base du tronc, et obtenir ainsi des fûts de bonne venue.

On peut recommander l'Olivier de Bohême (Chaléf) qui assure une excellente protection sur 3 - 4m de haut, l'Olivier ("Frangivento" ou d'espèces locales comme le Sour) en le taillant pour conserver des branches basses et un abri cohérent sur 4 - 5 m de haut, et aussi l'Abricotier : la fructification de ce genre étant toujours améliorée quand on juxtapose deux variétés, on peut utiliser avec profit en brise-vent la variété pollinisatrice, dont le rendement en fruit pourra cependant être intéressant.

Dans tous ces cas, le peuplier servira d'étage supérieur au brise-vent. Dans les rideaux actuellement en peupliers, il est généralement impossible de supprimer des arbres en raison de leur forme très fastigiée.

الجمهورية اللبنانية
مكتب وزير الدولة لشؤون التنمية الإدارية
مركز مشاريع ودراسات القطاع العام

Il faut au contraire chercher à les étoffer; une fumure azotée et des irrigations régulières peuvent améliorer la situation. Dans ce cas, un écartement de 2 m entre les arbres constitue un maximum. On aurait intérêt à choisir des clones à port moins fastigié, et à produire des barbatelles et des racinés plutôt que de planter directement des boutures: la croissance serait plus rapide, plus régulière et les résultats plus favorables.

Dans la partie basse de la Bekaa (entre Kab Elias, Bar Elias, Ammik et Joub Jannine approximativement) une vaste zone s'inonde chaque hiver, même en "année sèche". La zone concernée s'étend sur 1.000 à 2.000 ha au moins.

Outre des travaux de génie civil destinés à désenvoyer cette région, on peut proposer l'utilisation d'Eucalyptus (Gomphocephala, mais peut être aussi Lehmanni) pour utiliser au mieux les eaux surabondantes. Plantés sur gros bourrelets (permettant à l'arbre d'avoir au moins 30 - 40 cm de sol sain en période de plus hautes eaux) ils auraient leur place en bordure de la zone lacustre qui devrait être aménagée en bassins. Des productions de bois très importantes pourraient être ainsi obtenues.

Dans le Akkar, certaines zones très humides, surmontant une nappe permanente, pourraient être améliorées et mises en valeur en utilisant des rideaux d'Eucalyptus Saligna (à condition que la teneur en calcaire actif soit faible 4 - 5 % au plus). Ces arbres magnifiques, à croissance très rapide, donnent un bois intéressant, bien qu'ayant tendance à se fendre au séchage. Peu feuillus (ils ont un houppier de 5 - 6m d'épaisseur) ils atteignent et dépassent 2 m de croissance annuelle en hauteur en Tunisie du Nord, et devraient réussir dans les sols basaltiques du Akkar. Des réseaux à mailles de 200 m sont à recommander. Ils seront à doubler d'un rideau inférieur, en cyprès par exemple, car leur tronc se dénude rapidement. Des plantations en bosquets seraient également à recommander dans les bas fonds afin de favoriser la production de bois d'oeuvre dans des "vergers à bois" intensifs. On pourrait ainsi utiliser au mieux les surfaces disponibles. Ces bosquets joueraient aussi un rôle par l'augmentation de la rugosité d'ensemble de la région.

3 - ETUDES REGIONALES PAR TYPE DE CULTURE ET SYSTEME DE PROTECTION
ENVISAGE

30 - Generalités

Nous avons cherché à cerner les différents cas qui peuvent se rencontrer au Liban du point de vue cultural.

301 - Cultures irriguées

- 3011 - Arboriculture tropicale : plaines côtières et Akkar.
- 3012 - Arboriculture à feuilles caduques : Mont Liban, Bekaa.
- 3013 - Maraichage de primeur du littoral : plaines côtières et Akkar.
- 3014 - Maraichage de saison : plaines côtières et Akkar - Montagne (production à contre-saison) Bekaa: maraichage industriel.
- 3015 - Plantes de Grande Culture et fourrage irrigués : Akkar, Bekaa (Vallée du Mont Liban)

302 - Cultures sèches

- 3021 - Maraichage d'hiver : Akkar, plaines côtières - appelé à être irrigué (irrigation de complément)
- 3022 - Grande culture en sec : Bekaa - devrait diminuer au profit de l'irrigation.
- 3023 - arboriculture en sec : Haute montagne (Pommiers). Bekaa (arboriculture marginale) Montagne de 300 à 800 m - amandier olivier.
- 3024 - Viticulture en sec : montagne, Bekaa, Raisin de cuve, de table.

3025 - Cultures marginales de la zone aride 1.

Bekaa Nord, Anti-Liban, revers oriental du Liban.

303 - Chaque cas demande une analyse spéciale en ce qui concerne les brise-vent. On verra ci-dessous quelles solutions on peut proposer pour chacune des grandes zones agricoles envisagées. En culture irriguée, il s'agira toujours de proposer le brise-vent économiquement le plus justifié. En culture sèche, l'analyse des facteurs en présence fera ou non recommander l'emploi de brise-vent. Ceux-ci ne sont à implanter qu'au cas où leur action doit avoir un effet économiquement positif. On verra quelles solutions de protection des sols et des cultures on peut envisager quand les brise-vent "classiques" s'avèrent inemployables.

31 - Cultures irriguées - Etudes régionales311 - Akkar et plaines côtières

3110 - Les possibilités d'irrigation et de culture hivernale en sec sont excellentes. Toute la zone est à traiter en brise-vent systématiques. Les schémas des cartes ci-jointes indiquent les directions et densité des brise-vent à installer.

On traite comme une unité toutes ces plaines, car la seule modification fondamentale consiste en la possibilité d'effectuer des grandes cultures dans le Akkar et du maraîchage de primeur et des bananiers dans la partie au sud de Batroun. Il est inutile donc de répéter les mêmes indications; on se contentera d'indiquer les zones auxquelles les conseils s'appliquent.

Arboriculture tropicale et culture maraîchère.

C'est la zone des agrumes. Les néfliers du Japon, pêcheurs précoces à faibles besoins en froid, avocatiers et bananiers constituent les cultures compagnes des agrumes. Les cultures maraîchères sont à la fois de primeur et de saison.

3111 - Protection en bord de mer. L'action des vents marins est très nocive pour les cultures. Une protection efficace est nécessaire, mais l'expérience montre que celle-ci est assez difficile à réaliser. L'expérience d'autres pays analogues (Tunisie, Lybie notamment) permet cependant de proposer quelques solutions efficaces.

3111- Quand les embruns frappent directement la culture (cas général), on peut établir un mur en moellons de ciment, posés de champ, en claustrat, de façon à laisser au moins 50 % de vides. Derrière ce mur, on plantera un rang de tamaris ou d'acacia (cyanophylla, pycnantha, ligulata ou aneura). Derrière celui-ci, on implantera un arbre à port plus élevé, très résistant : eucalyptus platypus, Eucalyptus Lehmanni, Cupressus macrocarpa ...

31112 - Si les cultures sont relativement protégées (sommets de colline, vailleuse, situations particulières abritées en général) - On pourra se contenter d'un rang de roseaux vivants ou mieux d'un rang de claies de roseaux fréquemment remplacé, protégeant un rang d'arbres résistants des genres cités plus haut.

Les casuarina pourront aussi être employés et casuarina glauca en particulier. Pour le maraîchage, souvent installé sur des terrasses étroites, un rang de claies de roseaux et un rang de tamaris pourra souvent suffire.

31113 - Pour la zone côtière allant de Beddaoui à la frontière Syrienne, une protection du littoral s'impose. Le long de la route côtière, on peut noter l'importance de l'action du vent et la faible résistance du sol à l'érosion. Un boisement formé de quelques rangs d'acacia aneura, pycnantha ou ligulata plantés en quinconce à 3 m x 3 m doublé d'un rang d'eucalyptus (lehmani ou platypus) améliorerait considérablement les conditions microclimatiques et ornerait la route internationale allant en Syrie. Derrière cette bande boisée la protection (2) suffira alors qu'en son absence, une protection de type (1) sera nécessaire et fort onéreuse.

3112 - Derrière ces lignes de résistance au vent marin, on pourra établir un réseau de Cyprès de Lambert (*C. macrocarpa*) ou de Casuarina glauca pour protéger les cultures.

Pour l'arboriculture, les bananeraies et l'horticulture, la maille unitaire devrait avoisiner 100 x 100 m, les vents ayant des fréquences équivalentes dans au moins deux directions perpendiculaires. Pour les cultures maraîchères, on aura souvent intérêt à établir dans la maille principale un réseau secondaire à 20 x 20 ou 30 x 30 m au plus destiné à réduire au maximum leur ventilation. Ces haies doivent être facilement amovibles pour permettre le travail mécanique du sol. On trouvera en (4) des indications concernant les brise-vent en plastique, dont l'utilisation devrait donner des résultats très positifs.

3113 - Dans le cas du Akkar, de grandes cultures irriguées sont également possibles. Pour faciliter la mécanisation de celles-ci, on aura intérêt à les protéger au moyen de brise-vent de grande taille (*Eucalyptus gomphocephala* ou *camaldulensis*, *casuarina longifolia* ou *glauca*) espacés de 200 x 200 m (Nord et Ouest du Akkar) ou même de 200 x 250 m (Sud est) la direction à 250 m étant orientée NW - SE.

312 - Bekaa

a) Bekka centre et sud (de Baalbek à Marjayoun)

On a affaire à une vaste zone homogène, dont l'extrême partie sud jouit d'un climat très tempéré autorisant quelques hectares d'agrumes, alors que le nord, plus continental, est climatiquement limité pour certains pêcheurs et abricotiers.

Le vent, canalisé par les monts Liban et Anti-Liban dans la vaste dépression de la Bekaa et de ses prolongements, a une direction privilégiée que les cols (Beidar) et la trouée de Merjayoun contribuent seuls à modifier. Les prémonts sont en outre soumis à des vents catabatiques importants (cf. Ksara).

On aura donc intérêt à équiper l'ensemble de la plaine de réseaux à maille carrée de 200 x 200 m pour les grandes cultures, réseau recoupé en mailles de 100 x 100 m pour les

cultures fruitières et maraichères intensives.

Quant aux vastes surfaces consacrées à des cultures maraichères de type industriel (pommes de terre, oignons, tomates, petits pois, etc....) on aura intérêt à les intégrer dans la rotation des grandes cultures et de recouper le terrain d'abris secs (roseaux ou plastique) qu'on pourra installer à 30 m d'écartement s'ils ont 2 m 50 de haut. Ces abris, aisés à démonter, ne gêneront pas trop les opérations culturales.

L'orientation des brise-vent devra varier un peu des coteaux vers le centre de la plaine. C'est ce que nous indiquons sur les cartes jointes.

On devra exercer le maximum d'influence sur les agriculteurs de la Bekaa pour inciter ceux-ci à établir les réseaux de façon aussi rationnelle que possible. Cependant, certains cas particuliers (plantations existantes, parcelles non modifiables, disposition des routes et chemins) se présenteront, qu'il faudra traiter le plus simplement que possible. Un angle de quelques degrés par rapport au vent dominant n'aura pas une importance très grande si l'ensemble de la région est maillé : mieux vaut une réalisation approchée que pas de brise-vent.

On notera que l'altitude et la continentalité réduisent la croissance des plantes en hiver. Seule la région de Merjayoun peut avoir des cultures précoces sans trop de risque. Il semble judicieux de mettre en valeur totale cette zone, où des vents violents

font recommander des mailles de 100 x 100 m même en culture d'hiver, car on a affaire à une zone fortement tourbillonnaire de par sa topographie même.

On devra éviter au maximum les brise-vent imperméables qui augmentent considérablement le risque de gelée.

b) Bekaa du Nord - Hermel - El Qaa

Les caractères généraux restent ceux décrits pour la Bekaa centrale. Cependant l'altitude est plus faible. La pluviosité est très déficiente et l'ouverture de la plaine vers le désert syrien est très large. Ces caractères font recommander un réseau adapté à des conditions climatiques difficiles.

Dans l'état actuel, on rencontre des plantations d'alignement de peupliers dans l'oasis de Hermel et en voisinage du village de Qaa.

La vocation agricole de la zone semble devoir être très semblable à celle de la Bekaa centrale, et la mise en irrigation intégrale des terres exploitables doit conduire à une extension importante des surfaces cultivées intensivement.

Les peupliers et les cyprès horizontaux paraissent particulièrement adaptés aux conditions locales. On devrait installer un arboretum irrigué pour tester les possibilités d'Eucalyptus et étudier aussi si des arrosages d'hiver ne permettraient pas à des résineux (pin brutia en particulier) d'avoir un bon développement sur certains sols marginaux en bordure de périmètre ou sur des croutes dans les périmètres. On pourrait ainsi économiser une partie des meilleurs terrains en les protégeant par des bandes boisées de part et d'autre. Compte-tenu de la pluviosité (200 à 350 mm de pluie) il n'est pas possible d'envisager cette solution sans apport d'eau complémentaire, au moins au printemps et à l'automne.

Le boisement périphérique et l'installation de bandes forestières sur les lanières de croute éviteraient peut être les installations de chèvres et moutons au voisinage immédiat des terres cultivées, source permanente de litiges entre agriculteurs et éleveurs. *P. brutia*, *P. halepensis*, *C. semper-virens*, plusieurs acacia (*A. cyanophylla* notamment) probablement *E. gomphocephala* et *E. microtheca* devraient bien réussir dans cette zone.

Dans la plaine de Qaa, le réseau carré devrait avoir 200 x 200 m (cf. carte) avec éventuellement un réseau intercalé à 100 x 100 m pour maraîchage permanent et arboriculture fruitière. Celle-ci ne semble cependant pas devoir avoir une grande importance, à l'exception probablement des abricotiers, particulièrement bien adaptés bioclimatiquement à ce type climatique.

A Harmel, la qualité de beaucoup de terrains du piémont incitera probablement à chercher des cultures n'exigeant qu'une faible épaisseur de sol arable. Les brise-vent auront du mal à s'y développer, même à l'irrigation et on risque d'avoir des arbres de petit format. Il sera prudent en conséquence d'installer un réseau de base à 100 x 100 m, malgré les difficultés de mécanisation, sous peine de n'avoir qu'une protection illusoire. Les vents très violents et très tourbillonnants qui caractérisent la région incitent à la prudence.

Les sols très superficiels et le pourtour des périmètres choisis devront être reboisés, afin d'améliorer la protection de l'ensemble de la zone comme on l'a dit pour El Qaa.

En raison du risque de gelée de printemps très important (jusqu'en Avril) on s'efforcera de choisir des brise-vent perméables (peupliers - abricotiers, peupliers-cyprès horizontal, eucalyptus après essais). Le chalef (olivier de Bohême) peut rendre de grands services aussi, tant en zone irriguée qu'en bordure.

32 - Cultures sèches en plaines et plateaux

On a vu que les plaines côtières doivent pouvoir être irriguées dans leur quasi totalité. On ne se préoccupera donc pas de ce problème, et on étudiera quelles mesures prendre dans les plaines et plateaux non irrigables.

321 - Plateaux du versant ouest du Liban nord et du Mont Liban et plateaux dans les collines du Liban sud.

On peut regrouper, sans grand risque d'erreur, toutes ces régions intermédiaires dans une étude commune.

Situés en gros entre 100 et 500 m, une partie d'entre eux sera irriguée dans l'avenir. Mais les zones non irrigables sont nombreuses. On peut distinguer deux cas :

a) Les plateaux peu ventés, installés dans des dépressions ou protégés par des collines. Ceux-ci sont complantés actuellement en oliviers et amandiers et les degats dus au vent sont imperceptibles. Il semble que la solution la plus économique consisterait à y implanter des réseaux en oliviers - brise-vent et en pins (*brutia*, *canariensis*, *pinus* en sol gréseux) dont la concurrence pour les cultures serait minimale. C'est le cas de la région de Zghota, du Koura, des replats derrière Batroun et au dessous de Saïda.

b) Les zones très ventées - On les rencontre au nord (plateau du Akkar) et au sud (collines au sud du Litani surtout).

Il est difficile, on l'a vu au chapitre 1, de protéger les cultures en sec du vent sans modifier profondément l'équilibre végétatif en période sèche.

Par contre, une modification de la structure du vent (aboutissant à son ralentissement) est très souhaitable.

Pour ce faire, il faut s'efforcer de reboiser par bandes des sols de fertilité médiocre, marginaux pour l'agriculture, mais malgré tout utilisables. Les calcaires fissurés à poches de "terra rossa", des bancs marno-calcaires des zones très caillouteuses, des sommets de collines ou des rebords de crêtes sont à choisir en priorité. Dans toutes ces zones, un arbre "fruitier" est en tous cas à envisager : le caroubier. Il devrait assurer dans l'avenir une excellente protection et des revenus non négligeables. Sur des sols en pente, ou dans des situations difficiles (zones de pâturage) son association avec le cactus épineux (plantation des caroubiers à l'abri d'une haie de cactus) devrait assurer son démarrage, et aussi améliorer la productivité de sols actuellement dénudés. On rappelle que le cactus épineux, après brûlage superficiel des épines, peut parfaitement servir de nourriture d'appoint pour le bétail et que son fruit est très apprécié et actuellement bien valorisé.

Par ailleurs le pin brutia et les cyprès sont certainement les essences les mieux adaptées. On peut essayer prudemment certains eucalyptus, sans oublier qu'ils peuvent coloniser une zone de 60 m de large (30 m dans chaque sens) quand ils sont privés d'eau ! Des acacias peuvent aussi être utiles, grâce à leur grandes possibilités colonisatrices.

322 - Les zones non irrigables de la Bekaa

On peut distinguer deux cas :

a) Zone à pluies moyennes supérieures à 500/600 mm. - On est en gros au sud de Kayak. Dans les vallées des piémonts du Liban et de l'Anti-Liban, sur les premières pentes et dans la cluse de Qaraoun on rencontre des zones qui, dans l'état actuel, ne sont pas irrigables.

Des bandes boisées (pins, cyprès, éventuellement eucalyptus) sont à recommander en travers de ces zones (bandes orientées E - W grosso-modo).

Il n'est pas possible de proposer de vrais brise-vent, mais des rideaux espacés de 400 à 600 m auraient certainement un effet très important, car ils modifieraient profondément la structure de la basse atmosphère et amélioreraient les conditions climatiques, au printemps surtout! Sur les flancs des collines, des bandes boisées complèteraient avantageusement le dispositif en filtrant les vents catabatiques.

b) Zone à pluie inférieure à 500 mm - Au nord de Rayak -

On ne peut guère effectuer de reboisements économiques dans cette zone marginale, et à fortiori on ne saurait recommander des brise-vent en culture sèche.

L'essentiel de l'action à entreprendre consisterait, dans un premier stade, à planter systématiquement les bords de route (arbres à 4 - 5 m d'intervalle) pour profiter de leur impluvium. Là encore pin et cyprès, mais aussi févier (*gleditschia triacanthos*) et acacia peuvent rendre de grands services. L'amandier non greffé (*A. communis*) pourrait apporter une note de variété dans les plantations.

Il serait nécessaire de planter tous les bords de route de la zone allant de Rayak à El Qaa, sauf quand un banc rocheux imperméable interdit de le faire. Des haies de cactus peuvent être envisagées jusqu'à 900 m en tous cas. Ces plantations ne pourront réussir qu'avec l'aide de la population locale, et en instaurant des sanctions contre les dégradations.

L'expropriation éventuelle d'une bande de 2 - 3 m de large le long des routes pourrait faciliter l'opération. Il semble bien difficile de faire plus dans l'état actuel des choses en Bekaa Nord.

323 - Quant aux pentes du Liban et de l'Anti-Liban de part et d'autre de la Bekaa, leur défense et leur mise en valeur relèvent du forestier et non des techniques de brise-vent. Leur dégradation est souvent si avancée qu'il semble difficile d'y effectuer actuellement des opérations

pouvant se justifier économiquement, mais il est certain (les noms de lieu le prouvent) qu'elles ont été boisées et que de nombreuses sources, aujourd'hui disparues, leur étaient dues. Leur reboisement est éminemment souhaitable, le jour où la pression animale sur leurs flancs aura pu être supprimée ou au moins modérée.

33 - Montagne - Liban sud en colline et bords de route -

Dans les vergers de montagne en terrasse, dans la mesure du possible, reboisement en lignes entre les zones de terrasses : 3 à 6 rangs de pins, cyprès ou cèdres (en zone élevée) plantés le long des pentes, et dans les zones caillouteuses ou maigres souvent présentes entre deux groupes de terrasses. On peut recommander un coefficient de reboisement de l'ordre de 3 à 5 % comme un optimum : bande boisée de 10 à 15 m de large tous les 200 à 300 m dans le sens de la pente, et tous les 50 à 60 de dénivellation (si possible) en plantation horizontale.

On parviendrait ainsi à modifier considérablement les coefficients du rugosité régionaux au voisinage du sol. Sans qu'on puisse parler de brise-vent, ces alignements auraient un effet très positif sur les vitesses au voisinage du sol.

Le long des routes de montagnes on ne saurait trop recommander la plantation de caroubiers (en sols calcaires), de pins pignon (sur grès) pin brutia (sur calcaire), cyprès du Liban (jusqu'à 1500 m) cèdres (de 1400 à 1800). Ces alignements auraient le double avantage d'utiliser au mieux les eaux de colature de la route et d'augmenter le coefficient de rugosité (sans parler de l'intérêt forestier ou agricole).

4 - ANALYSE DE QUELQUES ASPECTS TECHNIQUES PARTICULIERS

41 - Associations d'espèces dans un brise-vent

410 - La plantation d'un brise-vent est une opération coûteuse, car elle implique une préparation et une fumure du sol comparable à celle d'un verger.

D'autre part, un brise-vent une fois installé doit durer de longues années et jouer son rôle quelle que soit la culture installée derrière lui.

On doit donc prendre des précautions particulières lors de son installation, précautions qui relèvent plus des pratiques d'arboriculture fruitière que de la foresterie traditionnelle.

Pour permettre aux arbres de prendre leur plein développement et d'avoir un rôle constant pendant de longues années, quelques techniques relativement nouvelles peuvent être recommandées :

411 - Techniques de plantation - Un brise-vent, pour être efficace, doit être aussi homogène que possible, et avoir une croissance, en hauteur notamment, aussi grande que faire se peut.

On aura intérêt par conséquent à soigner tout spécialement les techniques de pépinière et effectuer un tri très sévère des plants à distribuer.

Dans le cas des cyprès, qui constituent certainement un genre à recommander vivement dans de nombreux cas, on aura intérêt à effectuer un premier tri, à un an, en sachets plastiques, puis à sevrer les plants et à les repiquer en ôtant complètement le sachet et en étalant (si possible) les racines dans ^{un} bidon (tanaké). On pourra ainsi éliminer, en deuxième année, les arbres à port fastigié, à proscrire en plantation de brise-vent.

Dans le cas du cyprès toujours vert, cette opération est fondamentale, mais elle est à recommander aussi pour les cyprès de Lambert et le cyprès de l'Arizona, dont on contrôlera ainsi beaucoup mieux l'homogénéité.

27.

Dans le cas du casuarina, on aura intérêt aussi à transplanter des pieds relativement grands, dont on aura favorisé l'enracinement profond par rempotage. Parmi les nombreuses espèces de casuarina (Filao) existantes, il semble d'après les expériences conduites dans des climats semblables, que casuarina glauca soit à recommander de préférence à C. equisetifolia et C. cunninghamiana actuellement répandus. Des introductions de graines provenant de forêts pures seraient indispensables, car les hybrides n'ont pas la valeur de l'espèce pure.

En ce qui concerne les eucalyptus, les plantations en brise-vent doivent être faites avec des tiges fortes, bien développées, possédant un système racinaire abondant; on prendra soin d'enlever complètement le sac plastique, pour éviter que les racines ne forment un "chignon" qui retarde la croissance et surtout défavorise l'enracinement.

412 - Association d'arbres dans les brise-vent

L'utilisation d'une seule espèce d'arbres comme brise-vent a été la technique la plus répandue pendant de nombreuses décennies, tant dans le bassin méditerranéen qu'en zone tempérée froide.

Des études en soufflerie et des mesures sur le terrain ont montré par ailleurs que, chaque fois que le problème à résoudre est la réduction maximale du vent, sans que les transports de neige interviennent, le brise-vent doit être mince, c'est à dire formé autant que possible d'un seul rang d'arbres. Cette technique permet en outre d'occuper le minimum de place avec les brise-vent.

Cette technique, appliquée avec une seule espèce, a cependant plusieurs inconvénients :

En altitude, l'olivier ne peut être utilisé, mais des arbres fruitiers peuvent parfaitement servir de base.

On plantera les arbres en alternance, en prenant garde d'avoir une dimension permettant à l'espèce dominante de fermer le brise-vent et à l'espèce dominée de se développer normalement.

Des expériences effectuées ont montré qu'en bonnes conditions de culture, (à l'irrigation avec des engrais minéraux apportés régulièrement) on peut recommander les distances suivantes :

- 1 cyprès tous les 1m50 en culture pure, tous les 2 m avec intercalaire (arbuste, olivier ou liane sur fil de fer).
- 1 casuarina tous les 2 m (pur)
tous les 3 m (associé à un arbuste)
- 1 peuplier (à port peu fastigié) tous les 2m50 en culture pure -
tous les 3 m associé.
- 1 eucalyptus tous les 3 à 4 m (culture pure)
tous les 4 à 5 m associé à un autre arbre.

413 - Conduite des eucalyptus en têtard (taillis fureté)

On a intérêt à maintenir l'eucalyptus en taillis de façon à assurer une protection sur l'ensemble du profil. Pour ce faire, on recèpera les arbres dès la 5ème année. Du pied on obtiendra plusieurs rejets, dont on gardera les 2 ou 3 plus vigoureux. Au second recèpage, on pourra en conserver 4 ou 5. Une fois les rejets bien développés, on pourra les couper en rotation, en conservant chaque fois un rejet nouveau pour assurer la pérennité de l'abri.

On peut ainsi créer un brise-vent semi perméable mince, feuillé du sol au sommet sur une quinzaine de mètres de haut

L'utilisation d'une série de tiges de rejet a plusieurs avantages :

- pour beaucoup d'espèces d'eucalyptus, ces rejets sont plus droits et plus réguliers que le tronc d'origine.

- leur croissance est extrêmement rapide, car ils profitent de l'enracinement du pied-mère.

- leur rapport surface feuillée/bois est favorable, car ils se développent en pleine lumière.

- le rendement en bois est très élevé, et la rotation permet de récolter chaque année quelque fûts de bonne venue, correspondant sensiblement au croît net annuel.

- enfin, la technique utilisée permet de limiter, sans trop de risques, le développement latéral de l'enracinement, en effectuant un passage de lame soussoleuse tous les 2 - 3 ans de part et d'autre du rideau, à 3 - 4 m de celui-ci.

42 - Utilisation et possibilité de développement des abris en grillage plastique en culture intensive.

On constate qu'au Liban, comme dans la plupart des pays où le maraîchage joue un rôle important, les cultures maraîchères sont le plus souvent protégées par des claies de roseaux coupés. Celles-ci sont le plus souvent faites de roseaux entiers, de 2 m à 2 m 50 de hauteur, maintenus à touche touche par des fils de fer. Leur fabrication est semi-artisanale, certains agriculteurs s'étant spécialisés dans celle-ci.

Ces abris sont indispensables en culture intensive, car la protection contre le vent doit atteindre un seuil très élevé de réduction :

dans la plupart des cas, on cherche à obtenir, au niveau de la culture, des vents inférieurs à $2 - 3 \text{ m s}^{-1}$, ce qui signifie souvent une réduction de 70 à 80 %.

La densité d'abris doit donc être considérable. On note fréquemment une claie tous les 10 à 15 m.

Ces abris ont une perméabilité à l'air beaucoup trop faible en général; ils sont irréguliers, et leur fabrication en roseau les rend évidemment opaques à la lumière.

C'est pourquoi on a vu se développer depuis quelques années, une technique de protection basée sur l'emploi de grillages calibrés en plastique armé.

Les modèles ne manquent pas, mais on a pu mettre en évidence que la protection optimale était réalisée en culture maraichère, avec des abris de 2 m à 2 m 50 de hauteur, perforés à 50 % (et laissant donc passer 50 % de la lumière) espacés de 7 fois leur hauteur (14 à 25 m).

La plupart des fabricants (en France) vendent leur produit, livré, de 4 à 6 FF le m² (taxes comprise) ce qui correspond, hors taxes à US \$ 0,60 à 1,00.

Il semble raisonnable de retenir ce dernier chiffre comme valeur possible au Liban.

Des brevets sont d'ailleurs disponibles si l'industrie Libanaise du plastique s'y intéresse.

On peut compter qu'à l'hectare 2 à 3 rideaux de 100 m sont nécessaires : pour une culture donnée, la protection maximale est généralement à obtenir dans une direction, quand le pourtour est correctement abrité par un réseau général de brise-vent. Dans la plupart des cas, 2 rideaux dans le sens du vent dominant et un 3ème perpendiculaire sont l'optimum.

Si la zone de maraîchage ne comporte pas de brise-vent en arbres, il est nécessaire :

- a) d'en planter
- b) de les protéger les premières années, eux aussi, avec un rideau artificiel. On doit alors compter 5 bandes de 100 m à l'hectare et parfois 6, si les vents sont très violents.

On doit donc estimer la protection à environ 500 \$ d'abris et 200 \$ de supports et tendeurs, dans le premier cas, et 1.000 - 1.200 \$ d'abris et 400 \$ de supports dans le second.

On peut admettre une durée de vie de 4 à 6 ans pour les rideaux quand ils ne sont pas maltraités. En conséquence, la charge annuelle sera de 150 \$ + intérêts (40 à 50 \$) dans le premier cas, de 350 + (80 à 100) \$ dans le second. Ce qui fait 700 à 1.200 LL/ha/an. Mais il faut souligner que cette protection est supérieure à celle qu'on peut attendre des abris en roseau, car la lumière traverse ces grillages et les rendements sont généralement supérieurs.

Le développement de ces haies est actuellement très rapide, tant en Europe qu'aux U.S.A., où on a noté leurs qualités de protection. Leur stockage et leur manipulation sont aisés, et permettent de les mettre en place et de les ôter rapidement. Ceci facilite grandement les travaux culturels en culture maraîchère.

En culture bananière, ils sont d'un emploi plus restreint, car les bananiers ont couramment plus de 2 m de haut. On pourra cependant les recommander dans les nombreuses plantations limitées par des murs : on peut les mettre sur le mur, ce qui augmente leur hauteur efficace, sans grever trop leur prix de revient.

En culture fruitière, l'emploi d'abris plastiques (comme de claies de roseaux) s'impose les premières années, si le brise-vent est installé en même temps que la culture. On aura ainsi une protection immédiate, sans occupation du terrain et sans concurrence pour la végétation.

En maraîchage extensif d'été, les claies (utilisées de manière extensive aussi, tous les 30 à 40 m) sont à recommander. Les abris plastiques, dans le cas de la Békaa, peuvent être particulièrement adaptés : 2 ou 300 m à l'hectare suffiront largement pour les oignons, les pommes de terre, les tomates de conserve...

43 - Protection des mares et réservoirs destinés à l'irrigation :
brise-vent vivants et rideaux artificiels

On prévoit un développement important des mares et réservoirs au Liban, non seulement en montagne et en colline, mais également en plaine dans certaines situations.

On aura toujours à se préoccuper de leur évaporation. Celle-ci est généralement supérieure à 1 m par an au Liban, ce qui correspond à 10.000 m³/ha, c'est à dire à 2 ha de culture irriguée.

On aura intérêt à réduire l'évaporation. On parviendra à ceci en épandant sur les mares et réservoirs des films monomoléculaires d'alcools à longues chaînes. Mais on a montré que celles-ci ne jouent efficacement leur rôle qu'en condition de vent modéré.

On pourra limiter celui-ci au moyen de brise-vent.

a) Brise-vent naturels. On aura intérêt souvent à boiser le pourtour de la mare ou du réservoir. On devra cependant se souvenir que ces arbres auront besoin d'être irrigués, et qu'en raison de leur disposition en rideau, leur consommation d'eau pourra atteindre ou dépasser 1400 mm par an (soit 1400 m³ pour un dounom). Compte tenu des pluies et des réserves, 500 à 700 m³/dounom seront souvent nécessaires.

le cactus inerme, la luzerne sur terrasses ou sur pentes modérées, en culture sèche, permettent d'envisager une intensification considérable de l'alimentation du bétail.

En ce qui concerne la plaine, il s'agit essentiellement de la Békaa au nord de Rayak et des vallées aux flancs de la Bekaa. Les vents prennent cette haute plaine en enfilade et provoquent (en été notamment) des dégâts assez considérables sur les sols dénudés.

On ne saurait trop recommander la plantation de bosquets de pins, brutia ou halepensis, avec un sous-bois qui pourrait être créé à l'aide d'amandiers, oliviers de Bohême et cactus épineux mis en pourtour qui protégeront les arbres de la dent des animaux. On peut utiliser aussi des acacias (*A. horrida*, *A. ferox*, etc...) qui ont le même effet.

Ces bosquets sont à installer sur les zones de sols dégradés, mais à sous sol fracturé (croûte calcaire fracturée peu épaisse, par exemple, ou calcaire fissurés, calcaires marneux...) de façon à ce que leur développement soit possible.

Sur les sols les plus pauvres, des haies basses d'acacia ou d'olivier de Bohême parviendront souvent à se maintenir. On notera que l'érosion éolienne est un phénomène de surface et que des haies même prostrées, de 1 à 2 m de haut, limitent efficacement la salation des poussières pour des écartements de 50 à 100 m.

Pour l'extrême nord du pays, la protection de ces zones et leur mise en défens permettrait seule la reprise de la végétation naturelle. Les conditions de pluviosité font déconseiller le reboisement des sols squelettiques (en dessous de 350 mm en tous cas).

5 - RAPPORT ET PRODUCTION POSSIBLE DES BRISE VENT VIVANTS EN BONNES
CONDITIONS DE CULTURE.

51 - On ne peut évaluer la productivité des brise-vent actuellement plantés dans les périmètres irrigués du Liban, car dans la plupart des cas, 2 ou 3 rangs d'arbres ont été plantés à moins de 1 m les uns des autres, et souvent leur irrigation n'est assurée que par les drains et les pertes des canaux d'irrigation. On constate que la quasi totalité des brise-vent sont trop denses, irréguliers, et souvent difficiles à réaménager.

Des mesures de cubage seraient nécessaires dans quelques propriétés où les arbres sont correctement implantés, dans les régions de Tyr et Abdé, et dans la Bekaa. Ces mesures (hauteur de rideau, circonférence des troncs et âge) permettraient d'établir des tarifs de cubage et de tirer des conclusions.

En l'absence de telles données, on peut noter que les valeurs suivantes ont été obtenues en bonnes conditions de culture (irrigation comme les arbres fruitiers, fumure chimique suffisante, binage et rognages des arbres, etc...)

Pour 100 m linéaires de brise-vent :

| | | | |
|--------------------|---|----------------------------|--------------|
| Cyprès horizontaux | : | 0,5 à 1 m ³ /an | en bois fort |
| Peupliers blancs | : | 1 à 3 m ³ /an | " |
| Casuarina | : | 1 à 2 m ³ /an | " |
| Eucalyptus | : | 1 à 4 m ³ /an | " |

On estime généralement que les petits bois, houppier et perches permettent de doubler ce volume, c'est à dire qu'on peut espérer 0,5 à 1 stère en cyprès, 1 à 4 stères en eucalyptus, de petits bois.

Ces valeurs s'entendent dans le cas de brise-vent plantés à une distance suffisante (4 à 6 m) de la culture à protéger (4 m en maraîchage, 6m en arboriculture fruitière).

Dans les conditions de culture du Liban, où on plante au pied même du brise-vent (ce qui est à prohiber absolument sur le plan de l'efficacité, mais est certainement difficile à appliquer dans les conditions actuelles de culture et de coût des terrains), on devra réduire cette productivité de 30 % au moins, en raison de la concurrence exacerbée entre brise-vent et culture. Il semble difficile d'espérer plus de 0,7 en cyprès, 2 m3 en peuplier, en casuarina ou en eucalyptus.

Le bois pouvant être estimé à 30 - 40 LL. par tonne sur pied, en moyenne (soit pour 1,3 m3) on peut certainement tabler sur un supplément annuel de récolte, du à un brise-vent efficace de 100 LL/ha, plus 30 à 40 LL/an de bois et environ 0,5 à 1 stère/ha de bois de chauffage (200 à 500 kg de charbon de bois).

52 - Le prix de revient de la plantation des brise-vent est à estimer comme suit :

Les frais de préparation du sol et de fumure de celui-ci sont identiques à ceux de préparation d'un verger.

100 ml de brise-vent occupent en fait environ 600 m2. Les frais de plantation comprennent le prix de plants forts de 2 à 3 ans, repiqués et sevrés (30 à 60 par 100 m selon espèce), les arrosages de reprise, puis les irrigations données comme pour des arbres fruitiers (mais de préférence avec des doses plus fortes et moins fréquentes, pour favoriser l'enracinement profond).

Binages (2 par an), rognages et éventuellement recèpage sont également à effectuer. Enfin, un passage de lame soussoleuse tous les 2 ou 3 ans alternativement de chaque côté (c.à.d. qu'on repasse d'un même côté tous les 4 à 6 ans).

Par contre, un brise-vent correct améliore de 30% au moins le rendement du terrain protégé, et dans le cas de bananiers, on devrait même doubler le rendement, exagérément bas trop souvent. On peut donc atteindre 4 à 6 t. d'oranges/ha, 8 à 10 t. de tomates de saison (2 à 3 en primeurs), etc.. en plus.

6 - RECOMMANDATIONS ET CONCLUSIONS61 - Etudes à entreprendre sur la réduction du vent par des brise-vent dans les diverses conditions anémologiques régnant au Liban.

La mission faisant l'objet du présent rapport a eu un rôle essentiellement exploratoire et n'a pas permis d'entreprendre des mesures de réduction du vent dans les conditions si diversifiées du Liban.

611 - Programme de travail souhaitable

Des études sur ces problèmes seraient souhaitables. Celles-ci ne pourraient être conduites avec fruit qu'au sein d'un organisme spécialisé. L'Institut National de Recherches Agronomiques du Liban est naturellement le lieu où devraient être conduites ces études sur la réduction du vent par des brise-vent.

Il semble malheureusement qu'actuellement un tel travail ne peut être entrepris que difficilement, car les chercheurs ont des programmes déjà chargés, ou sont en stage à l'étranger. M. SARRAF, de par sa formation et sa spécialisation en Bioclimatologie, serait particulièrement à même de mener cette étude pour laquelle il serait indispensable de fournir un matériel relativement coûteux, mais susceptible d'utilisations ultérieures intéressantes :

- 9 anémomètres enregistreurs, destinés à établir les profils de réduction du vent derrière le brise-vent (8) et un témoin - US \$ 3.000 hors taxe.
- 1 girouette enregistreuse à 16 directions - US \$ 1.000 hors taxe.

l'un et l'autre appareils avec déroulement mécanique de bande inscriptrice. Le matériel LAMBRECHT, GOTTINGEN - WESTERN GERMANY est seul valable.

République Libanaise

Bureau du Ministre d'Etat pour la Réforme Administrative
Centre des Projets et des Etudes sur le Secteur Public
(C.P.E.S.P)

- 2 pylones de télévision de 8 m, en éléments de 2 m, avec haubans et pied-support pour girouettes et températures - US \$ 400 environ.
 - 500 m de brise-vent plastique perforé pour 3 installations (en 2m50 de haut).
- 3 parcelles de 40 x 40 m pourront être équipées :
- Tell Amara (Bekaa et Hermel)
 - Abdé (Akkar et Côte nord)
 - Tyr (côte sud)
- + poteaux et tendeurs (1 poteau tous les 2 m pour installation expérimentale)
Environ US \$ 1.500.-
- 1 camionnette pour transporter les appareils.

Pour étudier la turbulence, des séries de psychromètres enregistreurs, ou des thermocouples placés de 0 à 8 m dans le brise-vent et en amont de celui-ci, sur les 2 mâts cités ci-dessus sont indispensables, ainsi qu'un enregistreur à 12 directions (type transistorisé) - US \$ 2.000 environ.

Soit un total de US \$ 8.000 environ + véhicule.

Le fonctionnement peut être assuré par un ingénieur plein-temps et un technicien (niveau baccalauréat) ou un ingénieur mi-temps et deux techniciens, pour effectuer et dépouiller les mesures aux différents points d'étude.

Ces mesures seraient à effectuer sur une période minimale de 1 an:

Dans la Bekaa, 5 ou 6 séries de mars à octobre + 1 série en hiver (Rayak); 2 ou 3 séries en été et 2 ou 3 séries en hiver à Hermel et El Qaa

seraient aussi nécessaires. Chaque série, pour être caractéristique, peut n'avoir que 2 ou 3 jours de durée.

Sur la côte, 3 séries par saison seraient nécessaires, pour connaître tous les cas possibles.

Ces mesures permettraient de fixer de façon certaine les dimensions à retenir pour les abris, les longueurs protégées pour chaque saison, et par conséquent, la géométrie exacte des réseaux.

612 - Parallèlement aux mesures de vent, une expérimentation portant sur l'introduction de clônes ou d'espèces ayant donné de bons résultats en climats analogues est à recommander :

- Collection d'eucalyptus, à installer, non seulement sur la côte, mais aussi dans la Bekaa et le Akkar.
- Collection de peupliers (sans oublier les carolins et deltoïdes)
- Collection d'oliviers de type brise-vent
- Collection d'autres arbres utilisés ici ou là en brise-vent : If, casuarina (glauca en particulier), acacia, divers cyprès, divers pins, libocédrus, pseudotsuga, araucaria, etc...

Ces collections seraient à installer et suivre à l'irrigation afin de déterminer éventuellement des essences de remplacement permettant d'envisager une rotation des espèces utilisées en brise-vent sur un sol donné.

62 - En l'absence de tels renseignements, il est néanmoins possible d'effectuer des implantations ou des améliorations rapides aux réseaux existants, sans crainte d'erreur grave.

621 - Brise-vent existants sur la côte - Sauf au bord immédiat de la mer, on devrait se fixer une densité maximale de 10 H pour les agrumes (c'est à dire, 1 rideau tous les 70 à 100 m pour les orangers protégés par des cyprès adultes, 1 rideau tous les 100 à 120 m avec casuarinas et orangers, 1 rideau tous les 70 à 100 m pour les bananiers, car ceux-ci demandent une très bonne protection, en hiver surtout, sous peine de perdre une grande partie de leur potentiel de production).

La surface occupée par les brise-vent, quand ceux-ci sont adultes (vers la 10ème année), ne devrait pas dépasser 10 à 12 % du terrain.

Actuellement (akkar, Tripoli, Saïda, Tyr) on note des occupations dépassant 20 %, ce qui incite les agriculteurs à planter les citrus contre le brise-vent. Cette pratique a pour conséquence d'affaiblir et concurrencer le brise-vent et les citrus à leur voisinage.

Dans les rideaux actuels qui sont à conserver, la densité de plantation est généralement beaucoup trop forte. Il serait nécessaire d'éliminer environ un arbre sur 2 ou 3, en supprimant systématiquement l'arbre le moins bien développé et, dans le cas des cyprès, ceux à port le plus fastigié quand ils avoisinent des cyprès horizontaux.

Ce depressage permettrait aux subsistants d'avoir un développement beaucoup plus important, notamment en hauteur, ce qui est la finalité du brise-vent. Les arbres auraient aussi une meilleure croissance. L'optimum d'écartement pour le cyprès horizontal (étudié en Tunisie) est d'au moins 1 m 40. Le cubage de bois fort produit double au moins (toutes conditions égales par ailleurs) quand on passe de 0m60 à 1m40 sur la ligne (0,1 m³/100 ml/an à 0,25 m³/100 ml/an en sec. Pour le casuarina, l'écartement optimal est supérieur à 2 m et pour l'eucalyptus supérieur à 3 m (en têtard).

622 - Nouvelles plantations - Les 3 à 5 premières années, deux à trois rideaux vivants (eux même protégés par un rideau artificiel pour

favoriser leur croissance). Cette technique permet de planter simultanément et dans de bonnes conditions les cultures à protéger et les arbres abris et d'obtenir ainsi des récoltes aussi hâtives que possible.

623 - Dans la Bekaa les rideaux abris sont encore rares et souvent mal développés. Les mêmes remarques valent, mais les peupliers sont souvent utilisés.

Dans les plantations existantes, ceux-ci sont le plus souvent des "Roumi" à port très fastigié, ce qui oblige à planter très serré sur la ligne. On peut, soit planter en ligne double en quinconce, soit, et de préférence, choisir des clones à port peu fastigié qui permettraient de ne planter qu'un arbre tous les 2 m 50 à 3 m.

Le petit nombre de rideaux actuels rend la question de leur amélioration un peu académique. Pour les nouvelles plantations, les techniques d'association du peuplier à un autre arbre indiquées dans les pages qui précèdent sont à promouvoir.

624 - Protection des cultures maraîchères et des bananiers

Actuellement la protection est assurée, dans de très nombreux cas, sur la côte, par des claies de roseaux. Celles-ci sont généralement faites de façon artisanale et sont très irrégulières, ce qui se traduit pour la culture, par une protection variable. D'autre part, et à la différence des brise-vent en arbres, leur densité est généralement trop faible. Une claie tous les 20 m est généralement indispensable même en hiver pour les cultures maraîchères, car celles-ci doivent se situer dans la zone de protection maximale.

Quant aux bananiers, de grandes surfaces plantées en plein sur toute la côte sont pratiquement sans aucune protection.

Des études systématiques ont montré dans le climat de la Palestine que la simple dilacération des feuilles réduisait la production de 30 % en poids, et que la disparition des feuilles 3 à 10

conduisait à des pertes dépassant 50 %. Il se trouve que ces conditions se rencontrent presque chaque hiver au Liban, où le bananier est généralement peu protégé en culture pure. En association avec l'oranger, la situation est meilleure, mais on doit noter la faiblesse des brise-vent dans les jeunes plantations.

Les claies et autres abris doivent dépasser de 2 à 3 m au moins les bananiers pour leur offrir une protection suffisante sur 30 à 40 m en hiver, 20 à 30 m en été. C'est rarement le cas, les claies ne dépassant qu'exceptionnellement 3 m de hauteur totale.

C'est pourquoi nous recommandons vivement l'emploi d'abris en plastique perforé extrudés sur grillage pour ces cultures à haut rendement, 300 m d'abris à l'hectare en 2 m 50 de haut pour le maraîchage.

Dans le cas des bananiers, des rideaux d'arbres seraient en outre absolument nécessaires. La protection du bananier demande autant, sinon plus de soin que celle de l'oranger ou du nêflier.

625 - Cultures maraîchères de saison dans la Bekaa

On constate que le plus souvent aucun abri efficace n'existe. Les recommandations précédentes valent, mais les distances protégées sont fonction de la fragilité de la culture. Des rideaux secs, tous les 25 à 30 m (en 2 m 50 de haut) suffiront dans la plupart des cas; cette protection améliorera notablement la productivité de l'eau d'irrigation en modifiant l'évapotranspiration maximale instantanée des plantes et en améliorant leur potentiel photosynthétique. D'une façon générale, avec des vents semblables à ceux qu'on note en Bekaa, les rendements sont améliorés de 30 % en moyenne et la concurrence pour l'eau réduite de 10 à 20 % à rendement comparable : on a une relation linéaire entre vitesse du vent et transpiration des plantes.

626 - Grandes cultures irriguées - On a vu dans les pages qui précèdent, qu'un maillage général (en peuplier, eucalyptus ou éventuellement cyprès, casuarina ...) de 200 x 200 m peut être recommandé. Il n'est pas question alors d'une protection maximale, mais d'une modification à grande échelle des conditions d'évapotranspiration et photosynthèse. Les résultats déjà obtenus par ailleurs permettent de penser que des améliorations considérables des conditions de production sont ainsi possibles (30 % d'amélioration ont souvent été obtenus).

627 - En montagne. Les brise-vent vivants de type classique sont rarement à envisager, car le prix de revient des terrasses et la configuration du terrain interdisent de telles méthodes. Par contre, on peut protéger assez efficacement les cultures en effectuant des plantations d'arbres dans les zones de terrain qui ne sont pas mises en terrasses. Un taux de boisement de 3 à 5 % serait souhaitable.

Dans certains cas, des rideaux en plastique peuvent cependant avoir de l'intérêt, pour protéger les arbres au moment de la floraison notamment.

En haute montagne, la protection contre les chasse-neige peut être effectuée selon la méthode russe en plantant une bande d'arbres (50 à 100 m) en amont du verger. Ceux-ci retiendront la neige et l'empêcheront de s'accumuler dans le verger.

Dans certains cas particuliers, on peut utiliser des haies antineige de type suisse ou autrichien: pieux métalliques supportant des plaques perforées du type de celle utilisées sur les aérodromes.

Ces haies, fort coûteuses, servent à détourner les congères et les avalanches. Elles ont généralement 2 m de haut et sont inclinées à 45 °.

628 - Protection en culture sèche - On a vu qu'en général les brise-vent de type classique ne sont pas à conseiller en culture sèche en région méditerranéenne.

En ce qui concerne les vignes de table sur treille, il est cependant nécessaire de fermer les couloirs formés, afin de protéger le raisin de l'action brutale des vents, souvent tourbillonnants, créés dans ces tourmels. Un rang de cyprès en amont du vent dominant estival suffira généralement. On pourra répéter cette haie tous les 100 à 150 m si un grand ensemble de vignobles existe.

629 - En zone sèche semi-aride (zone de Baalbek) on aura intérêt à créer des bosquets d'arbres sur des sols de moindre valeur, plutôt que des lignes continues. Les croûtes compactes sont cependant peu indiquées en général, et des terrains fissurés naturellement auront certainement une meilleure productivité (cf. Plantation à Jabboulé du service des forêts).

6210 - En colline, l'utilisation du caroubier devrait être développée ainsi que le figuier de barbarie (*Opuntia ficus indica*).

63 - En conclusion, les perspectives d'extension des brise-vent au Liban sont considérables, en plaine essentiellement.

Le "plan vert" devrait pouvoir intervenir dans le financement de ces installations et dans les conseils techniques pour leur implantation : fournitures d'arbres sélectionnés, réguliers et vigoureux pour planter les brise-vent, conseils pour les dimensions et les méthodes à utiliser les premières années et les années suivantes, exécution de réseaux de drainage et d'irrigation dans les régions où un plan d'ensemble ne prend pas en charge ces travaux, etc...

L'augmentation des surfaces irriguées, qui doivent dépasser rapidement 100.000 ha dont 70.000 au moins en Bekaa, incite à recommander l'implantation d'un réseau systematique et coordonné. Une organisation de

type coopératif, dans les zones de très petites propriétés, serait à encourager, car la multiplication inutile des brise-vent prive chaque agriculteur d'une fraction importante de son sol.

On ne devrait jamais trouver de maille inférieure à 0,5 ha (70 x 70 m) et les dimensions optimales vont de 1 à 4 ha selon les cultures.

Des rideaux secondaires, protégeant des mailles de 5 à 15 ares sont cependant recommandables en culture maraichère très fragile. Ces réseaux devraient être constitués de claies de roseaux ou de haies plastiques faciles à déplacer à l'époque des labours et des travaux.

Les brise-vent correctement conduits peuvent fournir un revenu non négligeable. On a vu dans les pages qui précèdent que 1 m³/100 ml/an en peuplier et casuarina devait constituer un minimum. A ce m³ s'ajoute un stère de petits bois, perches et bois de feu. En cyprès 0,5 m³ sont aisés à atteindre, et en eucalyptus 2 m³ devraient constituer une norme en bonnes conditions de culture.

Ces produits permettent normalement de payer les frais engagés dans la plantation du brise-vent.

Un remplacement doit toujours être envisagé, et il faut obtenir une protection suffisante pendant qu'une ligne est supprimée. C'est pourquoi, nous sous-estimons toujours volontairement la zone protégée réellement, et recommandons de favoriser au maximum la croissance en hauteur des arbres abris, et de limiter au mieux la hauteur des cultures protégées quand il s'agit d'arbres fruitiers, car la protection n'est à compter qu'au dessus des cimes des arbres.

