

LE MYRTILLIER (*Vaccinium Myrtillus* L.) dans le Massif Vosgien Ecophysiologie de l'espèce et possibilités de valorisation des peuplements spontanés

Robert MAROCCHE*

PLAN

- INTRODUCTION
- L'ESPECE et son MILIEU NATUREL (Ecologie)
 - typologie et cycle de l'espèce
 - exigences climatiques
 - conditions édaphiques
 - phytocénoses
- STRUCTURE et FONCTIONNEMENT des PEUPEMENTS
 - structure spatiale du peuplement
 - dynamique spatio-temporelle
 - rendements potentiels
 - éco-physiologie du rendement
 - élaboration du rendement
- VALORISATION DES PEUPEMENTS SPONTANES
 - interventions de régénération
 - apports fertilisants
 - interaction pâturage-productivité
 - implantation du myrtillier
 - mécanisation des récoltes
- CONCLUSIONS
- BIBLIOGRAPHIE

* Directeur de Recherches, INRA-Colmar.

INTRODUCTION

Les *végétaux spontanés* se définissent comme des espèces non-cultivées, présents dans un lieu géographique donné. En opposition aux espèces inféodées aux activités humaines (adventives, rudérales), les végétaux considérés se rencontrent dans les landes et les pelouses, les tourbières et les marais, les espaces délaissés, les forêts exploitées de manière extensive. Ceci revient à désigner en d'autres termes les espèces rencontrées dans les phytocénoses stabilisées ou semi-naturelles.

Vouloir entreprendre la *valorisation* d'espèces végétales spontanées revient à adapter une démarche qui prend en considération quatre aspects fondamentaux du fonctionnement de l'écosystème :

- la connaissance de l'espèce
- la détermination des exigences physiologiques
- la caractérisation des états et propriétés du milieu
- la définition et la hiérarchisation des lois d'action.

L'exploitation des données et des informations recueillies à partir d'une telle analyse de situation, rend possible le passage à l'acte pratique de valorisation, le testage des modalités d'intervention et la mesure de leur efficacité.

Une telle *méthodologie* est valable pour toutes les espèces végétales spontanées, seul le choix des techniques destinées à saisir les différents aspects et mécanismes de l'écosystème pourra différer.

Des études entreprises au niveau du myrtillier européen (*Vaccinium Myrtillus L.*) sont motivées par des considérations *socio-économiques*, l'objectif à atteindre étant l'intégration de ressources naturelles renouvelables dans des systèmes ou structures de production.

Les *objectifs* poursuivis sont fondés sur deux directions principales de recherches :

- examen de l'influence du milieu et de ses variations dans le temps et l'espace sur la productivité, la qualité et la dynamique des écosystèmes spontanés

- valorisation des peuplements in situ par des interventions agronomiques qui respectent les équilibres naturels en accroissant leur rentabilité et leur pérennité.

En raison du peu de données disponibles, la démarche adoptée a du être confortée par une mise au point méthodologique, notamment dans le domaine de l'analyse structurale des peuplements et des techniques d'échantillonnage, outils nécessaires à une évaluation correcte des potentialités naturelles.

Les recherches entreprises, qui s'appliquent à des plantes pérennes sont de ce fait, soumises à des contraintes de temps inhérentes à la biologie des espèces : périodes d'installation, croissance et évolution lentes...

Dans un souci de *protection* des espèces et de sauvegarde des milieux naturels, une attention particulière a été apportée par un choix de techniques et d'interventions peu contraignantes.

L'ESPECE ET SON MILIEU NATUREL (Ecologie)

La *famille des Ericacées* compte environ 2000 espèces réparties en 70 genres ; cosmopolites des zones circumboréales et tempérées on les trouve également en zones tropicales en situation d'altitude.

Ce sont des plantes sociales à endomycorrhizes, se présentant sous forme d'arbrisseaux à port caractéristique (éricicoïde) dont le fruit est une baie.

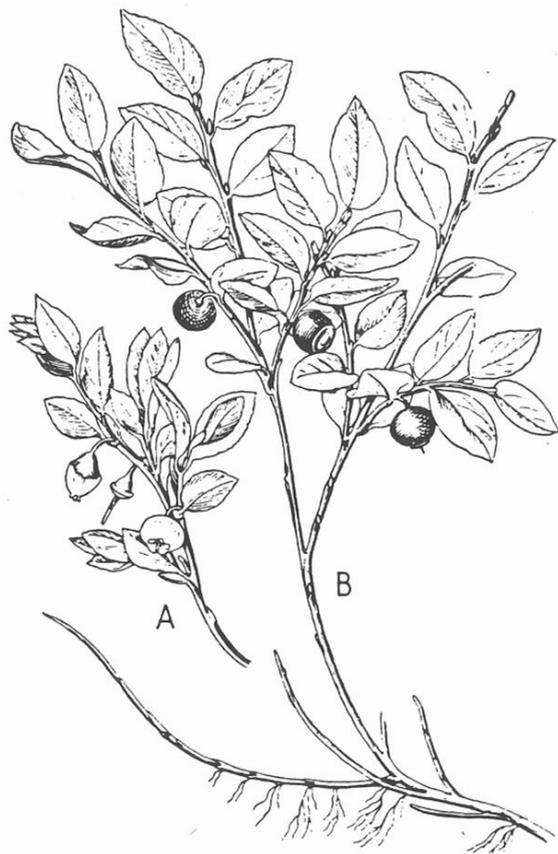


Figure 1 - *Vaccinium myrtillus* L. (d'après Masclet, in Emberger, 1960)

A : partie de rameau fleuri

B : plante entière avec fruits

En France, les Ericacées comprennent 10 genres avec 25 espèces.

La *sous-famille des Vaccinoïdées* est représentée par deux genres avec quatre espèces vivaces à fruits comestibles de valeur inégale. Leur aire de répartition est boréale, montagnarde dans le sud de leur aire. Les espèces présentes dans les Vosges sont :

- VACCINIUM MYRTILLUS L. (myrtille, airelle noire, brimbelle, Heidelbeere, billberry)
- VACCINIUM VITIS-IDAEA L. (airelle rouge, myrtille rouge, Preisselbeere, cowberry)
- VACCINIUM ULIGINOSUM L. (airelle des marais, grande brimbelle des marais, Rauschbeere, black whorthberry.)
- OXYCOCCUS PALUSTRIS PERS. : O. quadripetalus Gilib. ; Vaccinium oxycoccus L. (canneberge, myrtille des marais, Moosbeere, cranberry).

Parmi ces quatre espèces, le *Vaccinium myrtillus* est la plus répandue et la mieux exploitée dans notre région. Contrairement à certains *Vaccinium* américains (angustifolium, corybosum...), le myrtillier européen ne fait pas l'objet de culture, les fruits sont récoltés dans les peuplements spontanés qui recouvrent des surfaces importantes et dont les fruits trouvent des utilisations variées (fruit de table, agro-alimentaire, industrie pharmaceutique).

• Typologie de l'espèce (cf. figure 1)

Le myrtillier est un *sous-arbrisseau* (Chaméphyte)* doté d'un *appareil souterrain* important sous forme d'un rhizome ramifié, portant de nombreuses racines adventives grêles qui forment un lacis très dense, localisé dans les horizons superficiels des sols (couche de 5 à 20 cm). La croissance du rhizome est sympodiale, elle dépasse rarement 40 cm par an. La souche robuste et vivace contribue à la propagation de l'espèce par colonisation de l'espace.

Les bourgeons souterrains dormants sont à l'origine des *pousses aériennes* dont la taille diffère sensiblement selon les habitats (entre 10 et 60 cm, exceptionnellement jusqu'à 120 à 140 cm). Suivant les micro-conditions locales (situations venteuses, importance et durée de l'enneigement...) le *port* de la plante sera rampant ou érigé.

Les parties aériennes sont très ramifiées, donnant un aspect buissonnant à la plante. Les rameaux sont glabres, anguleux et presque ailés longitudinalement. Jeunes, ils sont de couleur verte, mais deviennent bruns après la subéification des tissus. Leur allongement reste limité entre 2 à 10 cm par an. A la mort du bourgeon apical (stade du point noir), l'accroissement annuel se trouve interrompu (cf. figure 2). A partir des bourgeons latéraux situés vers l'extrémité du rameau de l'année repartira la pousse de la nouvelle saison.

Les *feuilles* sont simples, alternes, sans stipules et à pétiole très court. La morphologie du limbe varie en fonction du milieu, de l'âge du rameau porteur et du niveau d'insertion de la feuille sur le rameau. La forme générale reste cependant ovale aigue à bords dentés. Le feuillage, dont la coloration est plus foncée en période de végétation active, est caduc ; il apparaît soit simultanément avec les ébauches florales, soit plus tardivement, sa chute se situe à la fin de l'été ou en automne.

Selon l'altitude, la floraison (cf. figure 3) a lieu d'avril à juillet, une apparition précoce peut exposer *les fleurs* aux gelées tardives, entraînant une perte de récolte. Les fleurs apparaissent à l'aisselle des feuilles à partir des bourgeons situés vers l'extrémité des rameaux de l'année précédente. De couleur blanc-verdâtre à rosée, les fleurs

* Chaméphyte (ex myrtille, thym...) : plante basse dont les organes végétatifs persistent



Figure 2 - Stade de fin d'élongation du segment de rameau de l'année ("point noir")



Figure 3 - Myrtillier en fleurs

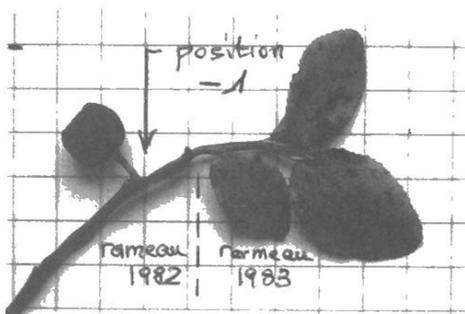


Figure 4 - Position de la baie sur le segment de l'année précédente

sont portées par de courts pédoncules. Elles sont le plus souvent solitaires, plus rarement géminées (cf. figure 4). La corolle en grelot subglobuleux et à ouverture rétrécie, comporte quatre à cinq lobes courts et renversés. Les anthères sont au nombre de huit à dix, l'ovaire infère est à 4 ou 5 lobes.

L'autofécondation est rarement observée, la pollinisation croisée qui est essentiellement entomophile est assurée par les insectes (hyménoptères : bourdons, abeilles...). La maturation du fruit a lieu en fonction des conditions climatiques et de l'altitude, de fin juin à octobre.

Le fruit globuleux, bacciforme, variable, est déprimé à son sommet (cf. figure 5). Le pulpe est rouge violacée et renferme de nombreuses semences. Le péricarpe plus ou moins épais est couvert d'une pruine de couleur noir-bleuâtre due à la présence d'une anthocyane (myrtilloside) qui est un monogalactoside du myrtillole. Avant maturité complète, le fruit est légèrement acidulé, puis se distingue par sa saveur plus ou moins sucrée, un peu astringente. La composition chimique moyenne du fruit frais figure au tableau 1.

Selon le climat et le matériel végétal, les fruits chutent en premier, suivi, après coloration anthocyanique par les feuilles.

Les fruits sont consommés par de nombreux animaux (renards, cervidés, caprins, ovins...) et les oiseaux (coqs de bruyère, rouges-gorges, merles, geais...) qui contribuent à la dissémination des graines.

L'espèce *Vaccinium myrtillus* présente un *polymorphisme* prononcé qui peut se manifester au niveau des différents organes de la plante : vigueur générale des plants, formes et dimensions des feuilles, évolution des pigments anthocyaniques du feuillage, morphologie et grosseur des fruits...

Diverses *formes botaniques* ont été décrites dont les plus importantes sont :

- anomalum Rouy, à fruits piriformes de couleur blanche (signalé dans la région d'Orbey)
- eprunosum Aschers et Magnus, à fruits de couleur noir dépourvus de pruine
- erythocarpum (Dum.) Koch, à fruits rouges (très rare)
- leucocarpum (Dum.) Koch, à fruits ronds de couleur blanche à blanc verdâtre ou à punctuations rouges (assez rare, Vallée de Kaysersberg).

A côté du *caryotype* normal ($2n=24$), il semble exister des variétés polyploïdes, notamment des triploïdes d'aspects plus vigoureux.

- Le myrtillier forme des associations qui impliquent un champignon infectieux à mycélium souterrain des racines de la plante-hôte ; cette symbiose (*mycorrhization*) est un phénomène de coexistence intime équilibrée et durable entre ces deux organismes. Ces mycorrhizes sont présentes chez toutes les espèces d'Ericacées membres de communautés végétales calcifuges qui prédominent sur les sols pauvres en éléments minéraux (sols à humus brut des landes à callune). Il s'agit de champignons de la classe des Ascomycètes, dont PEZIZELLA ERICAE Read est une des espèces identifiées.

La formation de l'association est annuelle avec le développement des racines fines de la plante-hôte ; les hyphes endophytiques présents à l'origine dans le sol pénètrent les racines pour former un complexe mycélien intracellulaire. L'infection mycorrhizienne est très variable, le maximum observé est de 70 p. cent du système racinaire total. Cette endomycorrhization présente un double intérêt pour la nutrition de la plante-hôte : d'une part, accroissement de l'absorption en éléments minéraux solubles, d'autre part, accès à l'utilisation de composés organiques (N, P₂O₅...) peu utilisables direc-

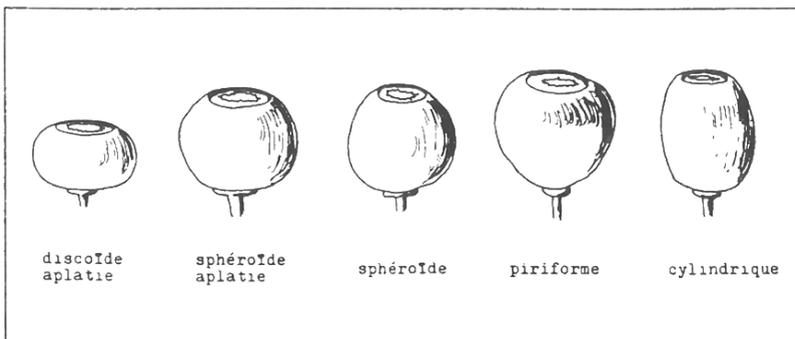


Figure 5 - Morphologie des baies de myrtillier

Tableau 1 - Caractéristiques qualitatives moyennes des baies de *Vaccinium Myrtillus* L.
Résultats exprimés en p. cent du fruit frais.

Eau	83-88 p. cent
Cendres	0,3-0,4
Cellulose	1,3-3,4
Sucre inverti (glucose ..)	4,6-6,9
Saccharose	0,1-0,6
Pentosanes	0,6-0,8
Acides organiques (exprimés en acide maliqu	0,8-1,2
Substances azotées	0,6-1,4
Protides	0,5-0,8
Tanins	0,2-0,3
Vitamine C	6,5-50 mg
Teneurs élevées en pectines	
Présence de vitamines A, B1 (thiamine), B2 (riboflavine), niacine (acide nicotinique)	
pH du jus	3,0
Anthocyanosides (sous forme de chlorure de delphinidol)	0,38-0,44 p. cent
dont en p. cent . delphinidol 34, cyanidol 44, malvidol 22.	
Substances aromatiques (environ 90 composants) :	
transhexène 2-ol et hexène 3-ol (fortes teneurs), et lactones de l'alcool phénéthyl-ique et esters pour l'arome spécifique (très faibles teneurs).	

tement par la plante. Une infection éricoïde artificielle permet d'augmenter les rendements.

- Le myrtillier peut être attaqué par un nombre limité de *pathogènes* et de *parasites* dont les effets sur la productivité (pertes de récolte) sont très variables :
 - maladies fongiques : Botrytis (pourriture grise), Godronia, Exobasidium...
 - parasites : surtout des cochenilles (Chionaspis salicis...) pouvant occasionner la disparition complète de peuplements.

L'ingestion de fruits parasités par un ver de la classe des Cestodes (ECHINOCUS MULTILOCULARIS) peut conduire à une affection particulièrement grave, l'*echinococose alvéolaire*, maladie humaine mortelle. Les vecteurs sont des animaux, plus particulièrement le renard qui, par ses déjections peut contaminer les fruits. Souvent, sans signes chimiques extérieurs, cette parasitose à évolution lente présente le caractère du cancer primitif du foie ; mais les larves peuvent aussi proliférer dans les poumons et le cerveau. Le diagnostic est difficile, fréquemment tardif et aucun traitement ne semble efficace. C'est en Lorraine qu'on a recensé le plus grand nombre de cas.

Le cycle de développement du myrtillier comporte une succession de stades qui ont été caractérisés afin de servir de calendrier phénologique. La figure 6 donne un aperçu des phénophases retenues.

L'espèce *Vaccinium myrtillus* est étroitement liée à des phytocénoses caractérisées par des conditions de climax stationnel climatique et édaphique spécifiques.

Le facteur altitude ne semble pas présenter une exigence absolue. Dans les Vosges méridionales et centrales, il est rare de trouver le myrtillier à moins de 500 m ; dès que les conditions d'éco-climax deviennent favorables, il est présent dans les situations plus basse, notamment dans les Vosges du Nord ou en Plaine d'Alsace (forêt de Haguenau).

• Exigences climatiques

La plupart des besoins climatiques du myrtillier sont plus ou moins bien établis.

Du point de vue des *températures*, l'espèce n'est pas très exigeante. La phénophase du débourrement (stade B) des bourgeons démarre à 7 °C, une somme thermique moyenne de 35 °C par jour suffit pour la croissance des tiges.

Des températures trop basses qui entraînent des gelées tardives ou précoces sont préjudiciables par les dommages causés aux bourgeons mixtes ; elles entraînent, selon l'époque, une réduction de la mise à fleur au printemps, la chute prématurée des baies en automne. Ces accidents sont surtout sensibles au voisinage des Crêtes où le nombre annuel de jours de gel avoisine 150, dont 75 jours correspondent à un gel total. Le manteau neigeux par le rôle protecteur qu'il assure en période critique permet au myrtillier d'être présent en des endroits caractérisés par des froids rigoureux. Le meilleur développement de l'espèce est observé en situations à enneigement important avec dégageant tardif de la couverture nivale. C'est le cas des cirques, combes, versants Est, lisières forestières suralimentées en neige.

L'*alimentation hydrique* apparaît comme correcte dans les diverses zones qui jouissent de précipitations annuelles comprises entre 1000 et 2500 mm. Par contre, l'espèce se montre assez sensible à des taux hygrométriques insuffisants, les pertes en eau par transpiration se trouvant accrues. Cependant une convection liée au vent n'inter-

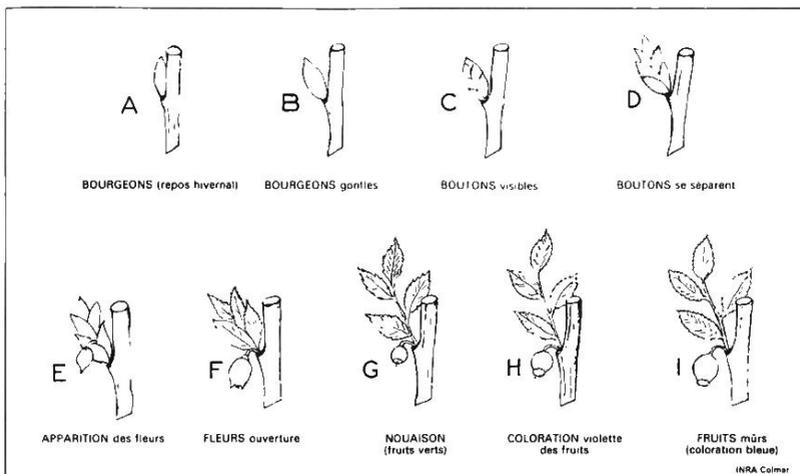


Figure 6 - Phénophases du développement des myrtilliers

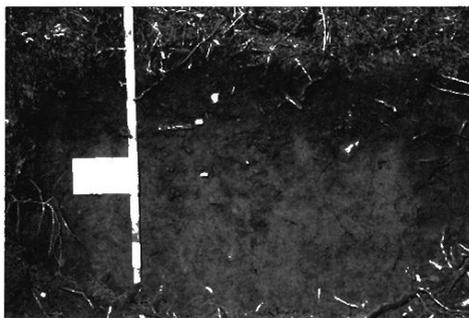


Figure 7 - Profil de sol : l'horizon superficiel humifère (0-20 cm) correspond à la zone d'enracinement Au-delà horizon B d'un sol brun ocreux.

vient que peu à ce niveau. Le maintien d'une certaine activité photosynthétique des axes demeurant chlorophylliens en hiver confirme la nécessité d'une couverture nivale pour éviter le dessèchement du plant.

Sciaphile facultatif (gr. skia=ombre), le myrtillier reste tolérant jusqu'à 60 à 70 p. cent de perte de lumière sans que la production et la bonne maturation des fruits n'en soient affectées. Les jours courts favorisent l'initiation florale.

• Conditions édaphiques

Acidiphile et humicole, le myrtillier ne s'installe que sur des substrats très appauvris, fortement acides, présentant une accumulation de matières organiques peu évoluées (mull-moder à mor).

L'épaisseur du profil importe peu, car seuls les 10 à 20 cm des couches superficielles sont colonisés et exploités par le système racinaire (cf. figure 7).

Les pH relevés pour l'horizon d'enracinement sont en moyenne de 3,8 les valeurs-limites se situant entre 3,2 dans le cas des grès triasiques et 4,5 dans celui des schistes et grauwackes.

Les formations litho-pédologiques à myrtillier les plus fréquentes dans le massif vosgien sont les suivantes :

<u>TYPES PEDOLOGIQUES</u>	<u>ROCHES-MERES</u>
• sols peu évolués (rankers) AC	granites, schistes, grauwackes, quartzo-phyllades
• sols brunifiés (colluvial à colluvial acide) A(B)C	idem
• sols lessivés A(B)C ou ABC	granites, schistes, grauwackes
• sols podzoliques (brun-ocreux, ocre podzolique, podzolique) ABC	granites, grauwackes, grès triasique
• podsols humo-ferrugineux ABC	grès triasique
• sols hydromorphes organiques	tourbes oligotrophes.

Le degré d'évolution pédogénétique des roches-mères résulte des divers facteurs du milieu (topographie, climat, couverture végétale...). Les caractéristiques physico-chimiques principales de ces sols sont :

- une acidité très élevée (pH~3,8)
- un complexe organo-minéral pauvre en bases (taux de saturation compris entre 10 et 20 p. cent)
- des teneurs élevées en matières organiques peu évoluées (C/N de 15 à 30 et plus)
- une texture sableuse (grès...) à limoneuse (grauwackes...) plus ou moins graveleuse, organique pour les tourbes
- une structure meuble du profil minéral sous-jacent assurant un bon drainage
- une rétention élevée pour l'eau de la couche organo-minérale
- la pauvreté en éléments nutritifs (N, P, K, Ca, Mg...)

• Phytocénoses

Le *Vaccinium myrtillus*, de répartition arcto-boréale entre dans la composition de nombreuses communautés végétales dont il est très souvent un élément caractéristique. Ces associations liées aux conditions du climax stationnel jouissent d'une stabilité élevée.

Les principales communautés à myrtilliers se situent principalement en zone de montagne, mais également en région sundgauvienne ou en plaine si des substrats appropriés existent. En voici une description succincte :

- *en écosystèmes forestiers* le myrtillier se trouve associé à des formations telles que la rouvraie, la sapineraie, la hêtraie, la pessière et la pinède. Ces peuplements peuvent être naturels ou artificialisés.

- dans la *chênaie* à chêne sessile (LUZULO-QUERCETUM PETRAEA) située entre 400 et 700 m sur des sols de type ocre podzolique, le myrtillier accompagné par la canche flexueuse et la luzule blanche forme des plaques plus ou moins isolées.

- dans la *hêtraie à chêne sessile* et à charme, association de transition établie sur le grès triasique, le myrtillier est présent sous forme de taches éparses, les endroits les plus secs sont volontiers colonisés par la callune.

- dans la *hêtraie-sapinière* (750-1000 m) le myrtillier se trouve dans plusieurs faciès de l'ABIETI-FAGETUM où son abondance est étroitement liée à la nature de la roche-mère et des sols qui en sont issus :

- degré de recouvrement élevé sur sols podzoliques et podzols du grès

- dominance sur substrats granitiques évolués (sols podzoliques à accumulation d'humus brut ; sur sols moins évolués (ocre-podzols) la présence du myrtillier se limite à la présence de pieds et touffes isolés.

- répartition et abondance irrégulière sur grauwackes et schistes (sols bruns ocreux à humus de type moder), mais absence en présence d'un humus plus structuré (mull-moder) où la canche flexueuse est remplacée par la fétuque des bois.

- dans la *hêtraie sommitale* (950-1050 m) dans l'ACERO-FAGETUM la présence et l'abondance des myrtilliers reste liée au degré d'évolution du sol et au caractère de l'humus : sur sols brun-ocre et ocre-podzolique à moder, l'espèce se trouve en association avec la canche flexueuse et la luzule blanche (A.F. MYRTILLETOSUM), mais est absente dans les faciès à millet des bois situés sur un mull ou mull-moder.

- dans les *peuplements forestiers artificialisés* (pessières, pinèdes) la proportion des myrtilliers varie selon les conditions du milieu :

- plus fréquent et mélangé à l'airelle rouge, en association avec la canche flexueuse dans les pessières (PICETUM EXCELSAE MYRTILLOSUM) à sols de type ocre-podzol, absence sur substrats plus fertiles (cf. figure 8).

- plaques discontinues d'importance très inégale dans les pinèdes implantés sur sols sablonneux-tourbeux (sols podzoliques, podzols) du grès triasique.

En dehors du massif vosgien, le myrtillier se rencontre dans quelques associations forestières du *Sundgau* :

- rare dans la hêtraie-sapinière à fétuque des bois

- présent dans les plantations d'épicéas de la Forêt de Bisel (action anthropozoïque)

- dans le Jura alsacien, présence sur sols décalcifiés en surface et portant un horizon humifié brut (mor).

En *Forêt de Haguenau*, on trouve des peuplements de myrtilliers sur les sols les plus évolués (podzoliques, podzols) ; dans ces formations de plaine, les individus peuvent atteindre un développement maximum, leur port de sous-arbrisseau atteint facilement 100 à 120 cm de hauteur.

La présence en sous-bois des myrtilliers est généralement peu appréciée des forestiers, l'espèce étant considérée comme facteur de dégradation des sols. Son extirpation est réalisée le plus souvent par l'application d'une fertilisation phosphopotassique appropriée (scories, chlorure de potasse) complétée par des rapports azotés sous forme de nitrates.

- en *écosystème de landes et pelouses*, la présence du myrtillier varie selon la nature pédologique du substrat, mais également en fonction d'éventuelles interventions humaines (fertilisation, pâturage intensif ou extensif...). Au-dessus de 1100 m, la hêtraie d'altitude disparaît et cède la place à une lande à Ericacées, les Hautes-Chaumes, partie culminale des Vosges méridionales, qui est caractérisée par des conditions climatiques plus sévères, les températures diminuent, les précipitations s'amplifient, le relief est fortement éventé. Deux formations sont à distinguer :

- la *lande primaire* originelle, à rankers cryptopodzoliques, fortement humifères sur une grande épaisseur, à matière organique peu décomposée (mor). Dans le faciès PULSATILLO ALBAE-VACCINETUM ULIGINOSI, la myrtille est présente, associée au nord raide, la canche flexueuse, l'anémone des Alpes... Elle est mélangée, à des degrés divers à l'airelle rouge (situations bien drainées), au myrtillier des marais (faciès tourbeux) et à la callune (situations sèches). Des variantes spécialisées liées à la neige, au gel, ... sont connues (cf. figure 9).

- la *lande secondaire*, d'origine anthropique, résulte de déboisements et dont le substrat (sols brun-ocreux à ocre podzolique) correspond à des sols forestiers relictuels. L'association du VIOLO LUTAE-NARDETUM comporte le myrtillier, la pensée des Vosges, la luzule glabre, le leondent des Pyrénées..

Les *thurfurs*, buttes gazonnées, enrichies sur place en humus (mor), typiques des parties cuminales, correspondent à des localisations particulières du myrtillier ; dans la partie déprimée, plus humide, se développe le nard.

Les différents types de *landes et pelouses des versants* (entre 500 et 1000 m) qui sont utilisées comme pâtures plus ou moins aménagées et entretenues peuvent présenter des peuplements plus ou moins abondants en myrtilliers. Elles se caractérisent par leur composition floristique dominante : landes à sarothame, à fétuque rouge, à fougère-aigle, à génévrier... (cf. figure 10).

- les *écosystèmes hydromorphes* à myrtillier correspondent aux tourbières bombées de type infra-aquatique localisées dans les forêts et landes sommitales. Il s'agit de milieux oligotrophes, fortement acides, pauvres en espèces végétales mais typiques de ces écotopes. La canneberge est l'un des éléments sphagnophile de ces associations.

Dans les parties en voie d'assèchement on trouve sur des buttes plus sèches le myrtillier et l'airelle rouge, les zones les moins humides étant colonisées par la callune. L'installation d'espèces arboricoles favorise la présence des différentes Vacciniées donnant naissance à deux groupements riches en myrtilliers :

- les forêts à bouleaux et épicéas, à hêtres
- les landes à nard et à callune.



Figure 8 - Peuplement de myrtilliers sous épicéas.



Figure 9 - Peuplement de myrtilliers en lande sommitale



Figure 10 - Myrtilliers sur pelouses

STRUCTURE et FONCTIONNEMENT des PEUPEMENTS

L'étude des peuplements spontanés de myrtilliers dans le massif vosgien a pour objet la connaissance de leurs caractéristiques essentielles et d'analyser leurs rapports avec les facteurs du milieu.

Pour aborder une telle problématique on pouvait mettre en place des essais de plein champ permettant d'examiner, par le biais d'interventions extérieures, les relations en cause. Les résultats de tels essais sont étroitement liés aux conditions pédoclimatiques du lieu d'expérience, ce qui conduit à une multiplication du nombre des implantations en vue de disposer de résultats généralisables, d'où un problème de moyens à mettre en œuvre.

Du fait que les myrtilliers entrent dans des écosystèmes naturels, nous avons préféré réaliser dans un premier temps une enquête multistationnelle afin de dégager les relations plante-rendement et milieu-rendement.

Les différents points abordés portent sur trois aspects importants :

- la détermination des potentialités
- la définition des facteurs de productivité
- la dynamique spatio-temporelle de l'écosystème.

La méthodologie retenue consiste à relever les données propres aux rendements, au peuplement, au milieu, pour un grand nombre de parcelles (nappes de myrtilliers) réparties à travers le massif vosgien.

• Structure spatiale des peuplements

Dans cet ordre d'idée, il s'agit surtout de la caractérisation de la morphostructure horizontale des myrtillières. La description d'un peuplement spontané est plus difficile à réaliser que celle d'un peuplement cultivé de structure plus ordonné.

Le défaut d'un référentiel permettant d'apprécier d'une manière fiable le comportement d'une communauté spontanée de sous-arbrisseaux nous a conduit à mettre au point une méthode d'échantillonnage simplifiée mais fiable qui prenne en compte l'agencement spécifique des peuplements concernés.

L'échantillonnage aléatoire ne permettant pas d'apprécier l'hétérogénéité de l'espèce, l'accent a porté sur la possibilité statistique du phénomène et sa quantification grâce à un échantillonnage systématique sous forme de transects.

Deux aspects ont particulièrement guidé ce choix :

- l'analyse des échantillons en vue de vérifier leur conformité aux critères d'homogénéité et de représentabilité
- la comparaison des échantillons en vue de dégager des conclusions intéressantes la communauté dans son ensemble.

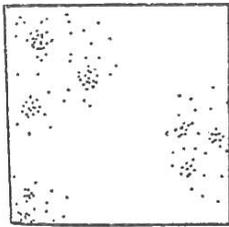
Parmi les outils statistiques utilisés nous ne mentionnerons que les trois principaux :

- l'indice de dispersion de COCHRAN qui rend possible une analyse de l'hétérogénéité globale.
- l'indice de contagion de CHESSEL qui permet de dégager les différentes échelles d'hétérogénéité.
- le demi variogramme de BACHACOU, instrument de base dans l'étude des variables régionalisées.

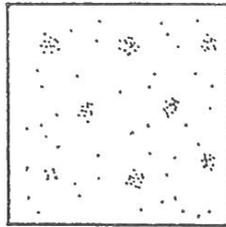
La technique mise en œuvre est fondée sur l'utilisation de transects à parcelles contiguës, la taille de l'échantillon étant représentée par un module de base de $0,5 \times 0,5$ m ($0,25$ m²). Le nombre de modules élémentaires est un nombre puissance 2 ce qui permet de disposer lors des traitements statistiques, de blocs de différentes échelles ; dans la pratique ce nombre était compris entre 32 et 128.

Pour la description de l'échantillon on s'est référé à une variable morphologique, le recouvrement par le myrtillier ; les mesures sont réalisées à l'aide d'une grille de $0,25$ m² carroyage de 5×5 cm (25 cm²), soit 100 divisions élémentaires par échantillon traité.

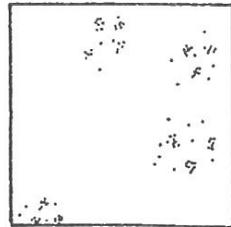
A partir de l'analyse d'un nombre élevé de stations naturelles représentatives (au nombre de 50) et malgré une hétérogénéité dans la distribution du myrtillier, les variables individuelles laissent apparaître une structuration horizontale des peuplements. Ceux-ci sont organisés dans



Plaques et agrégats



Dispersion régulière
d'agrégats



Plaques, agrégats et
paquets

Figure 11 - Exemples de structures spatiales les plus répandues chez les peuplements de myrtilliers.
(cas de dispersions complexes)

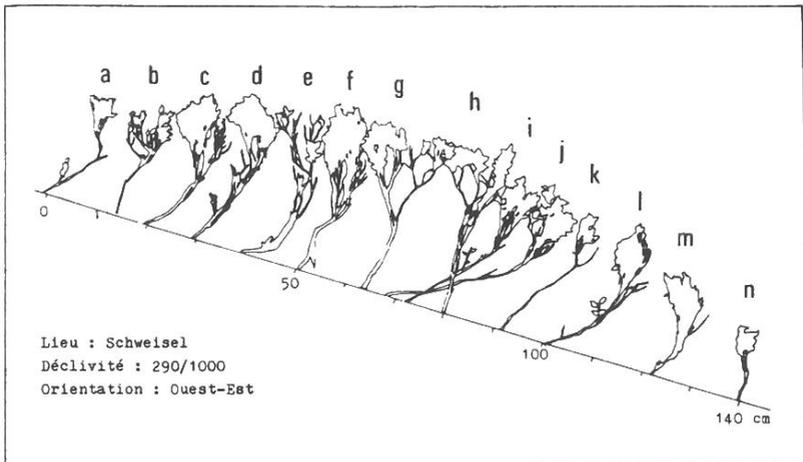


Figure 12 - Coupe transversale d'une plaque de myrtilliers.

l'espace et prennent une structure agrégative qui apparaît comme un mode de colonisation du milieu. C'est le cas des populations contagieuses qui sont la règle quasi exclusive en écologie végétale (cf. figure 11)

Le phénomène s'explique à la lumière d'observations biologiques : propagation surtout végétative des plantes, la propagation par semis naturel n'étant toutefois pas totalement exclue. Il faut également prendre en compte les notions de compétition dont les effets sont loins d'être négligeables dans le fonctionnement des écosystèmes.

Les résultats de l'analyse statistique montrent que l'hétérogénéité constitue aux différents échelons un fait permanent, elle s'avère significative chez les peuplements de myrtilliers pour les blocs constitués de 8 placettes (soit 4 m). L'existence d'agrégats de taille définie permet donc de se référer à un plan d'échantillonnage systématique donnant une image objective des peuplements ; il a été reconnu que l'espacement des modules à une distance voisine ou supérieure à la taille élémentaire des agrégats, soit une grille de placettes espacées de 5 m apparaît comme satisfaisante en raison de l'indépendance des points séparés par cette distance.

Cette technique d'échantillonnage possède une bonne fiabilité pour la mesure de la productivité, l'analyse de la dynamique spatio-temporelle entre autres.

• Dynamique spatio-temporelle

Elle a été étudiée de manière pluriannuelle dans des stations-observatoires (modules parcellaires fixes) dans des peuplements d'âge et de développement différenciés, ayant dépassés le plus souvent leur stade optimal. La dynamique des myrtilliers est très lente, les modifications intervenues sont difficilement perceptibles et quantifiables sur une courte période : le recouvrement d'un peuplement varie très peu, l'accroissement de la biomasse (organes ligneux et foliaires) reste limité, le développement (élongation) est faible.

Les différences de développement à l'intérieur d'un peuplement tiennent surtout à la microtopographie du milieu qui semble jouer un rôle prépondérant. Entre stations, ce sont surtout des facteurs comme l'altitude et l'exposition qui interviennent en relation avec des facteurs trophiques. L'ensemble de ces éléments conditionne dans une large mesure l'aspect des peuplements : faciès de port des plantes (érigé, couché, rampant), la silhouette des rameaux (variabilité élevée de leur physionomie) et la morphostructure verticale des ramifications (cf. figure 12). En conditions sévères (enneigements de courte durée) la hauteur des peuplements reste faible (15-20 cm), en conditions plus abritées (forêts, dépressions, ruptures de pentes...), elles peuvent atteindre une quarantaine de cm, dans certaines forêts de plaine, présenter un port arbusatif (100 à 140 cm).

Les difficultés rencontrées dans le cadre des études de la dynamique d'écosystèmes stables nous ont amené à pratiquer des interventions permettant d'analyser in situ certains aspects de l'évolution des peuplements :

- interventions physiques et mécaniques (brûlage, fauchage, abroutements intensifs...) en vue de suivre les effets sur la croissance et le développement, la production de biomasse et les rendements en fruits.

- l'implantation en landes de jeunes plants obtenus à partir de semis en vue d'étudier la dynamique d'installation et de colonisation de l'espèce (liens chorologiques) en milieu semi-contrôlé.

A partir de l'ensemble des données recueillies in situ ou en phase expérimentale on peut dire que l'espèce *Vaccinium myrtillus* entre dans des écosystèmes de stabilité élevée qui sont l'expression d'un équilibre climax-pédoclimax. En l'absence de profondes modifications du milieu ou d'interventions anthropozoïques, le myrtilleur une fois installé, ne subit que peu de concurrence de la part des autres espèces de l'association.

• Potentialités des peuplements

Sous le terme de potentialité nous comprenons le rendement potentiel (par opposition ou rendement réel) en fruits pour une récolte. Les estimations de productivité sont effectuées à partir d'un choix de stations correspondant à un ensemble de cas de figures caractéristiques (altitude,

substrat, végétation. .) La technique utilisée est celle de l'échantillonnage par grilles de placettes. Cette enquête ayant été réalisée deux années de suite, nous donnons ci-après les résultats pour 1978, année de productivité élevée en raison de conditions climatiques particulièrement favorables (résultats pour 50 sites).

RENDEMENTS en kg/ha			
minima	maxima	moyenne (\bar{X})	coefficient de variation
2	2760	516	119 p. cent
POURCENTAGE de STATIONS par TRANCHE de RENDEMENT			
< 500	> 500	> 1000	> 2000 kg/ha
64	22	10	4

Les valeurs limites trouvées à cette occasion montrent l'existence entre sites, d'une forte variabilité, les facteurs en cause étant multiples. Elle est la résultante d'un ensemble de circonstances :

- édaphiques : exposition, éclaircissement, propriétés des substrats
- biotiques : recouvrement, compétition intra- et interspécifique, parasitaire
- physiologiques : âge, croissance et développement, niveau nutritionnel.

A ces éléments s'ajoutent l'hétérogénéité génétique des peuplements et bien sûr, l'influence des conditions climatiques de l'année considérée.

Les analyses de corrélation font apparaître un lien significatif entre rendements et densité de recouvrement qui constitue un excellent indicateur de la biomasse, du poids moyen des baies et du nombre de fruits par gramme de matière sèche (g/ms).

Si l'on compare le recouvrement avec l'altitude, on note une relation négative ($-0,37$) ce qui voudrait dire que les zones altitudinales plus froides et à pluviométrie plus élevée, présentent un moindre couvert en myrtilles ; il s'agit en fait d'un phénomène particulier, lié à la structure des plaques, plus dispersées, et d'effets relevant du microrelief (cf. figure 13). Ainsi, sur les terrains en pente, le recouvrement qui prend l'aspect de plaques plus importantes, devient meilleur.

Les corrélations négatives des pH très bas sur la productivité semblent liés à la toxicité exercée par les taux de manganèse et d'aluminium échangeables contenues dans ces sols.

La tendance à une corrélation négative entre le nombre de fruits et l'azote minéral du sol, est contradictoire, les résultats obtenus dans des essais de fertilisation montrent que l'engrais azoté favorise l'augmentation des rendements ; dans ce dernier cas, la forme et la disponibilité de l'azote pourrait être en cause. La relation positive d'un accroissement de la productivité par l'acide phosphorique trouve également sa confirmation au niveau des essais de fumure.

Une analyse factorielle des correspondances a permis de compléter les résultats des analyses de régression par la prise en compte des variables qualitatives, mais on touche ici à une limite de la méthode statistique choisie, du fait des interactions nombreuses entre les différentes variables.

On peut dire que les liaisons dégagées sont des liaisons statistiques, c'est-à-dire qu'on ne peut affirmer qu'il s'agit de liaisons de causalité. Ainsi les résultats obtenus ne sont généralisables qu'avec circonspection, dans des conditions comparables à l'année et à la région de l'étude.

En vue de préciser la variabilité annuelle des potentialités due aux conditions climatiques, un suivi pluriannuel (1979-83) a été réalisé dans des observatoires permanents installés dans six myrtilières représentatives (cf. tableau 2).

Le coefficient de variations (CV%) rend compte de l'importance des fluctuations auxquelles sont soumis les rendements au cours de la période considérée. Trois sites (42,50,60) pré-

sentent une amplitude faible ($CV \leq 40$ p cent), fait explicable par les conditions de gîte (couvert forestier ou couverture nivale prolongée). Ces trois situations sont des plus intéressantes pour leur productivité élevée répétée dans le temps. Les trois autres stations (5, 11, 53) correspondent soit à des coupes forestières, soit à des landes à déneigement précoce qui sont particulièrement exposées aux dégâts d'un gel tardif.

Dans le cas de la station de la Bresse (11), la chute du rendement observé découle de dégâts parasitaires (cochenille diaspine = *CHINOASPIS SALICIS*) qui ont conduit au cours de cinq années, à une régression d'environ 60 p. cent (passage de 66 à 26 p cent) du taux de recouvrement.

• Eco-physiologie du rendement

La description du comportement stationnel du myrtillier est fondée sur le déroulement des différentes phénophases qui caractérisent les stades de développement. Une analyse détaillée de la durée du cycle végétatif de l'espèce en fonction de l'altitude a été réalisée en mesurant le nombre de jours nécessaires pour passer du stade gonflement des bourgeons (A) aux stades floraison (F) et maturité des fruits (J) (cf. figure 14).

En haute altitude (1220 m), malgré des conditions climatiques plus sévères, la durée totale du cycle végétatif (A → J) se trouve écourté d'environ 23 jours par rapport à la durée notée pour la station située à 800 m d'altitude. Pour la première période du développement allant du gonflement des bourgeons (A) à la floraison (F) le temps nécessaire est nettement plus important à basse altitude (+24 jours) qu'en lande sommitale mais, dans les deux cas, la durée de la seconde période de développement (F à J) est pratiquement identique.

L'intervalle de temps entre les stades floraison et maturité des fruits apparaît comme une valeur constante, confirmée par des observations pluriannuelles et multistationnelles.

Parmi les caractéristiques structurales, celles d'une succession dans le temps des phases de développement du myrtillier en rapport avec l'environnement climatique présente un intérêt particulier. Dresser une carte des isophanes, c'est-à-dire de la précocité des différents peuplements apparaît comme une motivation pratique d'une exploitation plus rationnelle des gîtes naturels. L'hypothèse implicite se fonde sur la prédominance de l'action de la température sur la vitesse de développement des fruits. Dans cet ordre d'idée il s'agit de définir et de représenter des zones ayant une forte probabilité de contenir des peuplements à un même stade phénologique à une date donnée.

Les résultats obtenus, montrent un effet net de l'altitude, un accroissement impliquant un retard dans l'apparition des stades, mais également une grande variabilité de stades pour une époque donnée. Le passage altitudinal de zone à zone montre une transition très progressive, mais des discordances, liées à la microtopographie ou à l'environnement végétal immédiat (couverts. .) peuvent apparaître.

La superposition dans la carte des isophanes établie à partir des observations phénologiques avec la carte de l'ensoleillement théorique (I.G.N.) calculée pour trois époques de l'année et qui fournit un indice de rayonnement direct proportionnel à l'énergie solaire reçue par unité de surface, n'est pas satisfaisante. En effet, l'ensoleillement et l'exposition ne jouent qu'un rôle restreint, beaucoup moins significatif. L'ensoleillement doit être pondéré par la fréquence et l'intensité de la nébulosité qui caractérisent les situations de montagne.

• L'élaboration du rendement

La définition des conditions optimales qui contribuent à la formation des rendements, constitue un élément important pour toute action visant à améliorer les potentialités latentes de l'espèce ou du peuplement.

Parmi les nombreux aspects examinées, les phénomènes relatifs à la mise à fleurs et à fruits apparaissent comme primordiaux.

Le processus de la floraison pose des difficultés à différents niveaux : ceux liés à l'importance de l'initiation florale, ceux liés aux accidents pré- et postfloraux.



Figure 13 - Aspect fréquent de peuplements de myrtilliers : agrégats et plaques.

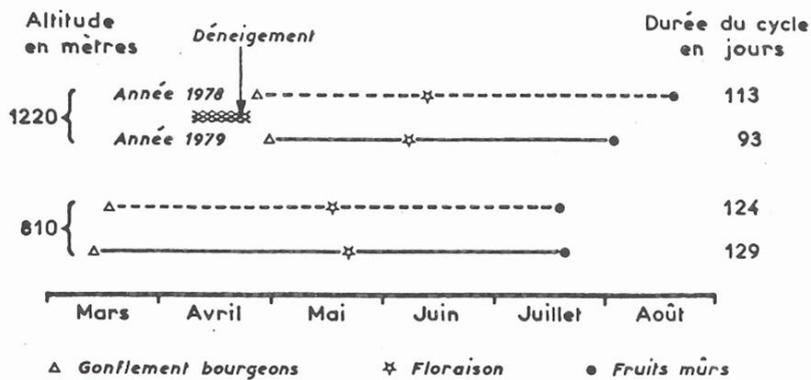


Figure 14 - Cycle de développement du *Vaccinium myrtillus* en fonction de l'altitude.

- Le défaut ou la faiblesse de l'initiation florale peuvent avoir des causes diverses :
- la variabilité individuelle du génome (populations)
 - la contexte climatique et ses fluctuations annuelles
 - l'influence de l'environnement (substrat, couvert...)

L'une des principales influences d'ordre éco-physiologique relève étroitement de la qualité du climat lumineux dont le rôle est capital dans le processus de l'initiation florale. Ainsi, les effets résultant du couvert végétal interviennent d'une manière nette sur le phénomène. Sous forêts à éclaircissement réduit le myrtillier peut être présent, mais son développement se limite au stade végétatif. Une amélioration des conditions de luminosité (futaies éclaircies) induit la floraison qui peut se développer dans des conditions proches de la normale.

Dans les peuplements associant myrtilliers et fougères par exemple, la floraison n'est pas entravée : la période précoce de mise à fleur des premiers et le développement plus tardif des seconds exclut tout effet d'ombrage préjudiciable au déroulement du phénomène.

Pour déterminer l'importance du climat lumineux au niveau des plaques de myrtilliers sous forêt, il a été procédé à une appréciation de la perméabilité relative du rayonnement d'origine solaire des différents couverts forestiers. Les mesures sont réalisées dans des conditions standardisées à l'aide de la technique de la photographie hémisphérique utilisant un objectif "fish-eye" de 180° d'angle de visée. Les clichés obtenus sont évalués par analyseur d'images permettant ainsi d'évaluer le pourcentage de trouées dans la voûte céleste. D'après les résultats, la mise à fleurs des myrtilliers sous ombrage semble possible à partir de 30 à 40 p. cent de passage lumineux.

Le défaut d'initiation florale chez les plantes jeunes, âgées de moins de 4 à 5 ans, trouve sa cause dans des inhibitions dont la nature n'a pu être précisée ; il est permis d'imaginer des moyens appropriés susceptibles de provoquer une éventuelle précocité dans l'acquisition de l'aptitude à la floraison de la plante juvénile.

Le processus de la mise à fruits pose également de multiples questions. De nombreux accidents jalonnent le passage du stade floraison à celui de fruits mûrs ; le phénomène se traduit pas une forte réduction du rendement potentiel.

100 FLEURS → 40-50 FRUITS VERTS → 20-30 FRUITS MÛRS

L'ampleur des pertes reste constante d'une année sur l'autre et ceci quelle que soit la station examinée. La chute de rendement est particulièrement importante entre les stades floraison et nouaison des fruits ; elle tire son origine d'un complexe de facteurs, sans que pour autant on ait pu évaluer l'importance qui revient à chacun d'entre eux. Il est possible de distinguer deux niveaux :

- défauts dans la pollinisation
 - autofécondation problématique
 - nature et abondance des pollinisateurs
 - qualité intrinsèque du pollen.
- causes physiologiques
 - couleurs dues aux facteurs climatiques, trophiques ou pathologiques
 - phénomènes d'autorégulation de type hormonal.

Le tableau 3 donne un aperçu de l'évolution du rendement chez le myrtillier à partir de la floraison jusqu'au stade fruits mûrs (année 1980).

Parmi les solutions susceptibles d'apporter une amélioration de la productivité, une intervention au niveau de la pollinisation peut être envisagée par l'installation de ruches dans les myrtillières. Toutefois, la précocité de la floraison peut poser problèmes quant à l'efficacité des pollinisations à une période où les fluctuations météorologiques sont particulièrement prononcées. Les quelques essais entrepris ont donné lieu à des résultats contradictoires.

Le phénomène de remontance (bien connu chez le framboisier) a été mis en évidence dans une station de myrtilliers (800 m). Ce comportement conduit en arrière-saison à une seconde production de fruits. En cycle normal, la mise en fleur a lieu en début de printemps

Tableau 2 - Rendements pluriannuels (1979-1983) de six peuplements
(récoltes exprimées en kg/ha)

STATIONS	Altitude (m)	Recouvrement (en p. cent)	RENDEMENTS kg/ha					\bar{X}	C.V. %
			1979	1980	1981	1982	1983		
LUTTENBACH (42)	480	47,2	429	952	439	426	407	531	39,8
BELMONT (53)	810	53,2	1106	170	2	1222	536	607	80,3
LA BRESSE (11)	910	48,6	1725	1997	64	566	91	889	92,1
KUHBERG (5)	905	38,4	524	826	0	41	174	313	100,9
SCHWEISEL (50)	1110	33,3	747	1322	237	965	337	722	55,5
SCHWEISEL (50)	1220	78,4	841	1146	484	1465	807	949	35,1
\bar{X}			895	1069	204	781	592	669	
C.V. %			48,1	51,4	97,2	62,2	60,2	32,3	

Tableau 3 - Evolution du rendement de la floraison (f) à maturité des fruits (m) en passant par le stade nouaison (n). Les résultats (1980) sont exprimés en indices prenant en compte le nombre de fleurs (If), de fruits noués (In) et mûrs (Im) par g de matière sèche.

N° STATION	42	53	61	11	50	60
ALTITUDE (m)	480	800	900	910	1110	1220
If	9,50	9,05	0,56 (2)	8,72	8,53	3,20 (3)
In	6,40	3,15	0,02	4,39	3,28	2,20
Im	2,38	0,20 (1)	0,01	2,02	2,15	1,19

(1) perte de fruits à la suite dessèchement pédoncule (champignons)

(2) station située sans couvert forestier à luminosité réduite

(3) dégâts dus à un gel tardif.

sur les ramifications de l'année précédente. Cette seconde floraison se produit (fin juillet à début août) par un départ anticipé de bourgeons appartenant aux nouvelles ramifications de l'année

Les rendements de cette seconde récolte sont nettement inférieurs à la production normale, mais le poids de 100 baies subit une augmentation d'environ 50 p cent. Ceci se traduit par un accroissement important du calibre des fruits. La causalité du phénomène reste encore hypothétique ; on peut supposer, qu'en dehors de l'influence des facteurs du milieu (température, climat lumineux ..) combinés à des influences trophiques et hormonales, le génome du matériel végétal soit directement impliqué.

VALORISATION DES PEUPELEMENTS SPONTANÉS

L'ensemble des résultats concernant le comportement de l'espèce et le fonctionnement des écosystèmes apporte des informations essentielles pour les démarches de valorisation à entreprendre.

En raison de leur comportement spécifique et des contraintes exogènes auxquels les peuplements sont soumis leur aménagement implique des modalités d'intervention appropriées. Du fait que les populations de myrtilliers se trouvent en équilibre avec le milieu, qu'elles présentent une évolution très lente dans le temps et dans l'espace, leur valorisation in situ apparaît comme la méthode la plus rationnelle du point de vue technique et économique.

Les divers essais entrepris se réfèrent en partie à des résultats acquis en Amérique du Nord avec l'espèce indigène *Vaccinium angustifolium* (bleuet nain) ; il s'est rapidement avéré que le myrtillier européen, *Vaccinium myrtillus*, se distinguait par des comportements différents de ceux propres à l'espèce américaine.

Les techniques de valorisation pratiquées comprennent surtout des interventions de régénération des peuplements (fauchage, brûlage) et l'emploi de fertilisants, accessoirement des essais d'implantation et de gestion pastorale des milieux. Dans le but de rentabiliser les opérations de cueillette, la mécanisation de la récolte a été envisagée.

• Interventions de régénération

Des essais ont été mis en place dans des peuplements de myrtilliers âgés, situés soit en lande sommitale, soit en pelouse montagnarde. Deux traitements, le fauchage (F) et le brûlage (B) sont comparés entre eux par rapport à un témoin non traité (T). Ces opérations sont effectuées en période de repos végétatif, en automne ou tôt au printemps en respectant les organes souterrains des plantes. Le tableau 4 donne les résultats moyens notés pour la 3^e et 4^e année après le début des essais.

Entre les deux traitements, on ne note que de faibles écarts dans la hauteur des plantes et la quantité de biomasse produite (M.S.). La première production de fruits à lieu à partir de la 3^e année mais elle reste faible, largement inférieure à celle du témoin non traité. Toutefois, les indices de floraison et de fructification par rapport à un gramme de matière sèche produite, indiquent une augmentation notable dans le cas des parcelles régénérées.

Les différences de valeur notées entre les deux stations sont imputables aux conditions climatiques (différence d'altitude).

Les effets les plus manifestes entre les deux techniques de régénération (fauchage,



Figure 16 - Brûlage du myrtillier - Départ de nombreux rameaux à partir des bourgeons situés sur le rhizome.

Tableau 4 - Résultats de quelques essais de régénération (fauchage, brûlage)

STATION (en m) RECOUVREMENT en p. 100 TRAITEMENT	800			1220		
	T	F	B	T	F	B
• hauteur des plantes (\bar{X} cm)	32,9	16,4	19,9	35,0	12,6	13,4
• biomasse aérienne (\bar{X} en kg M.S./m ²)	1,04	0,38	0,34	2,24	0,45	0,35
• rendements en fruits (\bar{X} en g/m ²)	103,2	14,5	6,8	36,1	6,2	1,9
• indice de floraison (nb fleurs/g M.S.)	9,9	16,3	11,4	1,3	3,5	5,8
• indice de fructification (nb fruits/g M.S.)	0,65	0,90	1,05	0,40	0,75	0,55
T=Témoin F=Fauchage B=Brûlage						

brûlage) touchent surtout la structure verticale du peuplement, la densité des rameaux et le port des plantes :

- le fauchage provoque un important départ des bourgeons situés à la base des rameaux ce qui confère à la plante un port buissonnant (phénomène de recèpage) ; c'est l'aspect habituel des plaques de myrtilliers.

- le brûlage supprime l'ensemble des organes aériens ainsi que les bourgeons situés à la base de chaque rameau, ce qui a pour conséquence le départ de bourgeons situés sur le rhizome, augmentant la densité et modifiant le port (moins ramifié) des plantes. (figure 16)

Ce dernier élément a une grande importance dans la réalisation d'un recouvrement et d'une structure permettant d'optimiser les potentialités des peuplements. Dans ce cas, l'utilisation de peignes plus larges devient possible, permettant de mieux rentabiliser le travail de cueillette ; il représente l'une des causes de la réussite du système quand on sait que le coût des petits fruits est fortement lié aux charges de la cueillette.

Les dépenses élevées en énergie qui résultent des opérations de brûlage (propane) appliquées à des peuplements fortement lignifiés nous ont incité à proposer une pratique moins onéreuse, mais tout aussi performante de régénération des landes à myrtilliers :

- fauchage avec tronçonnage des organes aériens par l'emploi de gyrobroyeurs, faucheuses, débroussaillieuses à broyeur...

- brûlage superficiel permettant d'éliminer les bourgeons à la base des rameaux et de réduire la compétition avec les graminées (agrostis, nard...)

La mise au point d'une rampe de brûleur large de 2 m de portée, à hauteur réglable, permet d'effectuer, dans les meilleures conditions la régénération des peuplements (cf. figure 17). Sous forêts et en conditions difficiles (forte déclivité, terrains rocheux...) seule l'utilisation de faucheuses portatives est possible.

Les espèces américaines (*Vaccinium angustifolium* et myrtilloïdes) présentent dès la seconde année après traitement, une production normale, l'espèce européenne par contre, n'entre que progressivement en production au bout d'un certain nombre d'années. Le cycle de régénération à instaurer couvre pour nos myrtillières une assez longue période ce qui peut s'avérer économique au niveau de la fréquence des interventions de valorisation à réaliser dans le temps.

• Fertilisation des peuplements

L'utilisation de fertilisants dans le but d'améliorer la productivité des myrtillières sauvages a été étudiée dans plusieurs pays. Les besoins avancés et les résultats qui en découlent sont divergents, voire contradictoires.

Dans les Vosges, un essai a été installé en lande sommitale (1220 m) sur un peuplement ancien, non régénéré, de productivité assez faible (250 kg/ha). Trois modalités de fumure minérale sont comparées à un témoin non fertilisé : N, NK et NPK. Les niveaux de fertilisants sont pour chacun des éléments de 80 unités à l'ha. Les paramètres du développement, de la productivité et de la qualité des fruits figurent au tableau 5.

Dans le cas d'une fertilisation complète (NPK), le rendement en fruits triple par rapport au témoin non fertilisé (714 contre 257 kg/ha). En plus de l'augmentation du nombre de fruits au m², on constate également, pour les parcelles fertilisées un accroissement important du poids moyen et de la grosseur des baies (calibre).

La concentration en éléments minéraux des organes foliaires (azote, potasse) des



Figure 17 - Brûlage d'un peuplement de myrtilliers. Appareil monté et tracté avec rampe de brûleurs.



Figure 18 - Myrtillier nain américain (*Vaccinium angustifolium*) - Fruits en grappes.

plantes traitées est majorée, mais reste inchangée au niveau des fruits ; la surface foliaire s'accroît dans une proportion voisine de 25 p. cent dans le cas des traitements NPK.

La qualité des fruits ne subit pas de modifications préjudiciables, la faible augmentation du taux d'acidité pouvant être considéré plutôt comme une caractéristique favorable.

De l'ensemble des essais se dégagent quelques conclusions générales :

- nécessité d'utiliser des engrais à propriétés acidifiantes
- apport annuel de l'azote à la dose de 40 à 80 unités/ha en fonction des degrés de recouvrement, sous forme de sulfate d'ammoniaque ou d'urée.
- l'acide phosphorique et la potasse sont à utiliser en fumure de fonds à la dose de 60 unités/ha.

Une fertilisation phospho-potassique annuelle est à proscrire, elle risquerait de provoquer dans ces milieux fragiles, des conditions de salinité défavorables aux myrtilliers ; ces apports pour être bénéfiques devront être espacés de 5 à 6 années.

Un essai associant les modalités régénération (fauchage et brûlage) et fertilisation a montré, dès la seconde année d'intervention, par rapport aux parcelles régénérées mais non fertilisées, une augmentation sensible du taux de recouvrement.

Taux de recouvrement	Traitements			
	T	NP	NK	NPK
en p. cent	56,4	70,4	87,9	79,6
en indice	100	125	156	141

L'influence de la fertilisation est nette, stimulant un départ plus important de nouveaux rameaux à partir des organes souterrains.

• Interaction pâturage-productivité

Une partie des landes et friches à myrtilliers font, actuellement, dans le contexte de la production animale (bovins, ovins, caprins), l'objet d'une récupération ce qui pose le problème de leur destination future. La question est de savoir si entre la spéculation élevage ou cueillette il n'existe pas de solution mixte associant les deux aspects, et ceci selon quels critères ?

Les peuplements de myrtilliers étant en compétition avec la végétation herbacée, l'animal sera l'un des facteurs-clés du contrôle de leur évolution. Les différentes dynamiques envisageables pour le myrtillier peuvent correspondre à trois cas de figures :

- modalités de régénération du peuplement si l'on souhaite favoriser le développement du myrtillier.
- maintien d'un équilibre entre le myrtillier et l'herbe dans le cadre d'une utilisation simultanée de la cueillette et de l'élevage.

- régression du recouvrement du myrtillier dans l'éventualité d'un pâturage-exclusif.

L'examen des résultats relatifs à divers essais menés dans ce sens, permet de dégager quelques considérations pratiques. Des chargements de gros bétail (bovins) de l'ordre de 100 jours de pâturage par ha et par an entraînent une diminution du recouvrement et de la hauteur moyenne du myrtillier. Dans des conditions analogues, les ovins occasionnent des dégâts plus importants aux peuplements. Ainsi a-t-on observé en l'espace de trois années une régression du recouvrement de l'ordre de 30 p. cent

Tableau 5 - Essai de fertilisation minérale : paramètres du développement, de la productivité et la quantité des fruits (1979)

TRAITEMENTS	TEMOIN	N	NPK
DÉVELOPPEMENT VÉGÉTATIF			
• Elongation (hauteur des plants) en cm	30,0	34,7	35,1
• Biomasse (parties aériennes) en g/m ²	1468	2008	1445
• Surface foliaire (100=1,27 cm ²) en indice	100	110	124
• Indice de floraison nb fleurs par g M.S.	0,29	1,31	1,92
• Indice de fructification nb fruits par g M.S.	0,03	0,45	0,66
• Pertes entre les 2 stades en p. cent	67	66	66
PRODUCTIVITÉ			
• Nombre de baies au m ²	116	135	239
• Poids des baies au m ² (en g)	25,7	39,6	71,4
• Poids moyen de 100 baies (en g)	22,1	29,2	29,9
• Calibre des baies (entre 9,5 - 12,5 mm) en p. cent	9,7	15,1	20,0
QUALITÉ			
• pH	3,05	3,00	3,00
• Acidité (g H ₂ SO ₄ / l)	6,5	7,2	7,2
• Sucres (g/l)	63,9	93,7	94,7
• Indice de FOLIN*	57	48	56
* Indice de FOLIN : teneur en tanins totaux			

pour une charge en bovins de 202 jours, en 116 jours seulement pour une charge en ovins.

Les dégâts dus aux bovins résultent principalement de piétinements, les abroûtements restant limités, le bétail ne montrant qu'en période printanière une certaine préférence pour les jeunes pousses ; les ovins par contre, consomment volontiers les rameaux mêmes lignifiés. L'exemple suivant illustre l'importance des régressions constatées entre une parcelle-témoin et une parcelle pâturée une fois dans la saison (mi-mai) :

Traitements	Partie témoin	Partie pâturée
Recouvrement (en p. cent)	81	69
Hauteur des plantes (en cm)	29	22
Rendements en fruits (kg/ha)	1880	235

On peut s'interroger si dans la pratique, l'éleveur acceptera que ses animaux perdent du poids pour "tondre" un peuplement de myrtilliers dans la perspective de la régénérer partiellement ?

Une étude des niveaux de chargement compatibles avec le maintien de la productivité en myrtilliers a souligné l'importance à accorder à des chargements faibles, inférieurs à 100 journées de pâturage par l'équivalent d'un UGB/ha/an. La régression du myrtillier étant accélérée avec les ovins, il sera préférable de choisir les bovins dans le cas où l'on désire maintenir conjointement les deux spéculations.

- Implantation du myrtillier

Une valorisation de landes ou de friches sommitales pourrait être réalisée par l'introduction de plants de myrtilliers en situations favorables (sols fortement acides, richesse en matières organiques...)

Dans une telle éventualité on peut recouvrir à un matériel végétal obtenu par des voies différentes :

- par semis, ce qui conduit à des populations très hétérogènes tant sur le plan de la morphologie et de ses corollaires, que de celui des potentialités (développement, rendements...).

- par bouturage en vert de fragments de rameaux de l'année, élevés en couches chauffées et maintenues sous brouillard artificiel.

Dans ce dernier cas, il est possible de partir de plants préalablement sélectionnés pour leurs performances et qualité.

Les jeunes plants enracinés sont transplantés en rangs dans un terrain préalablement préparé (labour, suppression du feutrage des graminées) et recouvert d'un mulch de sciures de bois ou d'écorces, créant ainsi un milieu organique propice au développement du système racinaire, maintenant une bonne humidité et s'opposant à l'installation d'adventices concurrentielles.

Des essais entrepris dans ce sens ont montré (en altitude) que le processus de colonisation du milieu reste relativement lent.

L'introduction de myrtilliers nains américains (*Vaccinium angustifolium* et myrtilloïdes) a été tentée à partir de plantes obtenues par semis. L'intérêt de ces espèces réside dans une mise à fruits plus rapide et à une meilleure productivité (grappes et

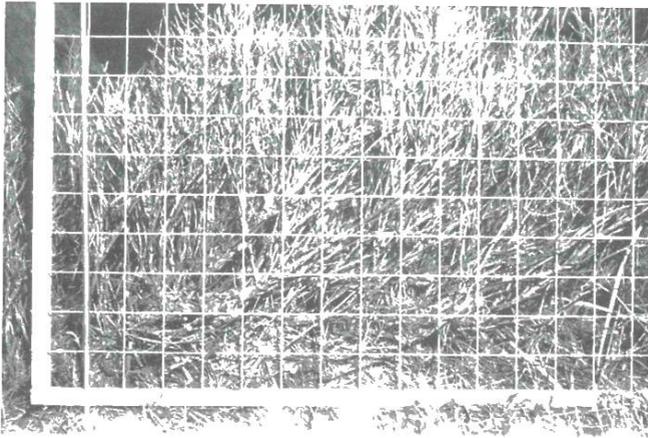


Figure 19 - Structure horizontale d'un peuplement adulte : enchevêtrement des rameaux.



Figure 20 - Prototype d'un appareil de cueillette mécanisée : système à peigne.

fruits). Par contre la qualité des fruits des espèces américaines est de beaucoup inférieure à celle du myrtillier européen (cf. figure 18).

Cependant, les mêmes problèmes d'hétérogénéité se posent, seule une sélection permettrait d'obtenir un matériel valable. En altitude, le développement des myrtilliers nains américains poserait des problèmes, les résultats étant nettement meilleurs à basse altitude (entre 200 et 400 m) ; ceci s'explique par le fait que ces espèces se rencontrent, en Amérique du Nord, dans des situations comprises entre 100 et 200 m soumises à des conditions climatiques maritimes.

• Mécanisation des récoltes

Les techniques traditionnelles de cueillette sont la récolte manuelle ou celle effectuée à l'aide d'un instrument, le peigne. D'après une enquête, auprès de cueilleurs de myrtilliers du massif vosgien, les meilleurs rendements obtenus, en année de productivité, peuvent atteindre avec un peigne à ouverture de 12 cm, un rendement maximum de 5 kg/heure. Des mesures répétées, effectuées dans les mêmes peuplements, ont montré que le rendement horaire était fonction des potentialités de l'année et de ce fait pouvait varier dans d'assez fortes proportions.

La recherche de techniques susceptibles d'améliorer le rendement horaire des cueillettes et de réduire par ce biais les coûts à la production, passe par une mise au point de moyens mécaniques de récolte. C'est dans cette perspective qu'une société d'engineering a cherché à développer une machine à cueillir.

Pour ce faire, il convenait de prendre en considération l'ensemble des aspects qui présentent un intérêt pour la conception et la réalisation d'un tel équipement. L'appareil doit répondre aux réalités biologiques de l'espèce et être adapté aux particularités des peuplements spontanés. Dans cet ordre d'idée, il a été procédé à un inventaire des différents critères à retenir :

- la réalité topographique des myrtillières impose dès le départ un choix dans la conception du dispositif de base (tracté, portatif...)
- les structures horizontale (densité du recouvrement) et verticale (port, enchevêtrement du réseau...) peuvent nécessiter au préalable une mise en conformité à travers un aménagement (cf. figure 19).
- pour des raisons économiques, l'importance des potentialités des peuplements doit décider de la validité d'un recours à une cueillette mécanisée.
- la fixation des limites acceptables au niveau des contraintes mécaniques (forces) à ne pas dépasser afin de préserver l'intégrité des fruits (résistance à l'arrachement, à l'écrasement et à la pénétration, poids et diamètre des baies...)

Parmi les aspects biologiques, c'est le choix de l'époque la plus favorable à la cueillette. Elle doit correspondre au stade de maturation maximale de l'ensemble des fruits (entre 70 à 80 p. cent), sinon les pertes seront trop élevées, la machine ne distinguant pas entre fruits mûrs et fruits verts.

Le positionnement des baies sur les rameaux exige que l'engagement de la partie "travaillante" de l'appareillage soit bien réglée et ne provoque pas l'arrachement d'autres organes de la plante, notamment les segments de rameaux de l'année qui assureront le rendement futur. Toute utilisation non appropriée (période, maniement...) de n'importe quel dispositif (peignes, appareils...) peut infliger à la plante des dommages qui diminueront, dans des proportions variables, ses potentialités.

Divers dispositifs ont été expérimentés :

- les systèmes à batteurs qui tapent sur le fruit pour le détacher sont à proscrire en raison des dégâts occasionnés aux plantes et aux fruits.

- le peigne vibrant s'est révélé inefficace sur le terrain, les vibrations transmises aux fruits par l'intermédiaire des rameaux sont trop filtrées pour provoquer leur arrachement
- le peigne rotatif s'est révélé plus intéressant, rapide et efficace, mais son utilisation reste limitée à des myrtilières très homogènes sur terrains préparés (semi-culture, régénération, domestication).
- le peigne aspirant améliore le peignage normal dans la mesure où il facilite la réparation des feuilles (par temps sec) par aspiration.

Il restera toutefois à tester, en diverses situations, la compétitivité et les performances des systèmes développés par rapport aux techniques actuellement utilisées (cf. figure 20).

CONCLUSION

L'étude multidisciplinaire menée dans le cadre d'une valorisation de peuplements de myrtilliers spontanés a conduit à des résultats inédits de portée aussi bien méthodologique que pratique.

La durée nécessaire pour mener de telles recherches est assez longue, elle découle des contraintes qui sont imposées par la biologie inhérente aux espèces.

Le bilan de l'opération menée dans le cadre de la gestion des ressources naturelles renouvelables peut être considéré comme positif sur différents plans :

- au niveau conceptuel par la dimension donnée à cette étude
- au niveau de la démarche par l'acquisition d'une méthodologie appropriée
- au niveau des résultats par le dégagement de nouvelles pistes.

Quoique cette étude ait été menée sur des espèces comme le myrtillier et dans des conditions propres à une région, les données acquises, tant du point de vue méthodologique que des interventions techniques sont transposables, après adaptation, à la valorisation ou à la domestication d'autres espèces spontanées

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CHAPOT J.Y. , (1982) - Valorisation des peuplements de petits fruits spontanés. Interaction pâturage-productivité des peuplements. C.R. Action concertée : Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables, 7 p
- COMMEAUX G., (1977) - Les productions spontanées : approche socio-économique (myrtillier, framboisier) dans le Massif Vosgien. Laboratoire d'Economie Rurale, ENSAIA-Nancy, 136 p.
- CONESA A. , et MAROCKE R. , (1982) - Valorisation des peuplements de petits fruits spontanés. Etude du fonctionnement des écosystèmes naturels et amélioration de leurs potentialités. C.R. Action concertée Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables, 38 p.
- CONESA A., MAROCKE R. , FRIQUET Y. , et WERREY A., (1980) - Etude multistationnelle des myrtilliers dans les Vosges in Les Colloques de l'INRA, Productions spontanées, Colmar, p. 131-142.
- FLOWER-ELLIS J.G.K., (1971) - Age structure and dynamics in stands of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.). Avdelinger für Skogsekologi, Stockholm, p 1-X et 1-108
- GROCHOWSKI W. , (1976) - Uboczne produkja lésna, Warszawa, Pantowowe Wydawnictwo Naukowe, 571 p
- GROS G., (1978) - Structure et échantillonnage des peuplements spontanés de framboisiers (*Rubus Idaeus* L.) dans les Vosges. Thèse, Université Claude Bernard, Lyon.
- LAREAU M.J., (1980) - La culture du bleuets au Québec. Bull. Techn. n° 14, Station de Recherches St Jean, Québec - Agriculture Canada.

- HALL I.V., (1978) - *Vaccinium* species of horticultural importance in Canada. Hort Abstr. 48, p. 41-45.
- MAROCKE R., CONESA A., et WERREY A., (1980) - Influence des interventions culturales sur les potentialités des myrtilliers spontanés (*Vaccinium myrtillus* L.). Conséquences sur le développement et la productivité des peuplements. In : les colloques de l'INRA, Productions spontanées, Colmar, p. 229-241.
- MAROCKE R., (1984) - Mécanisation de récoltes des myrtilliers. Etude de la biologie de l'espèce, de la morphostructuration des peuplements et de la mécanique des fruits. C.R. Ministère de l'Industrie et de la Recherche. Action concertée. Technologie alimentaire et agricole, 83 p.
- MAROCKE R., (1984) - Le Myrtillier. In Encyclopédie d'Alsace, T. 9, p. 5450-5459 Editions Publital, Strasbourg.
- MAROCKE R., (1984) - Itinéraire méthodologique en vue d'une valorisation d'espèces végétales spontanées. Cas de *Rubus Idaeus* L. et *Vaccinium myrtillus* L. / Acta Hort. 144 (Spice, medicinal, aromatics), p. 31-38.
- OBBERDORFER E., (1977) - Süddeutsches Pflanzengesellschaften. T. 1 : Fels- und Mauergesellschaften, alpine Fluren, Wasser-, Verlandungs- und Moorgesellschaften. T. 2 : Sand- und Trockenrasen, Heide- und Borstgrasgesellschaften, alpine Magerrasen, Saure Gesellschaften, Schlag- und Hochstauden Fluren. T. 4 : Wälder / Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- RUFFRAY P. de, (1982) - Notice des cartes phytécologiques de la Vallée de la Bruche et de la Vallée der Munster. Document non publié, 25 p.
- READ D.J., et STRIBLEY D.P., (1980) - The role of mycorrhiza in the nutrition of ericaceous plants with special references to the genus *Vaccinium*. In : Les Colloques de l'INRA, Productions Spontanées, Colmar, p. 191-203.
- RITCHIE J.C., (1956) - *Vaccinium myrtillus* L. - J. Ecol., n° 44, p. 291-299.
- WOOD G., (1980) - Management of native Lowbush Blueberry (*Vaccinium Angustifolium*) in Eastern Canada. In : les Colloques de l'INRA, Productions spontanées, Colmar, p. 225-228.
- ZDANOWSKI A., (1980) - Etudes phénologiques sur les myrtilliers en Pologne. In : les Colloques de l'INRA, Productions spontanées, Colmar p. 71-76