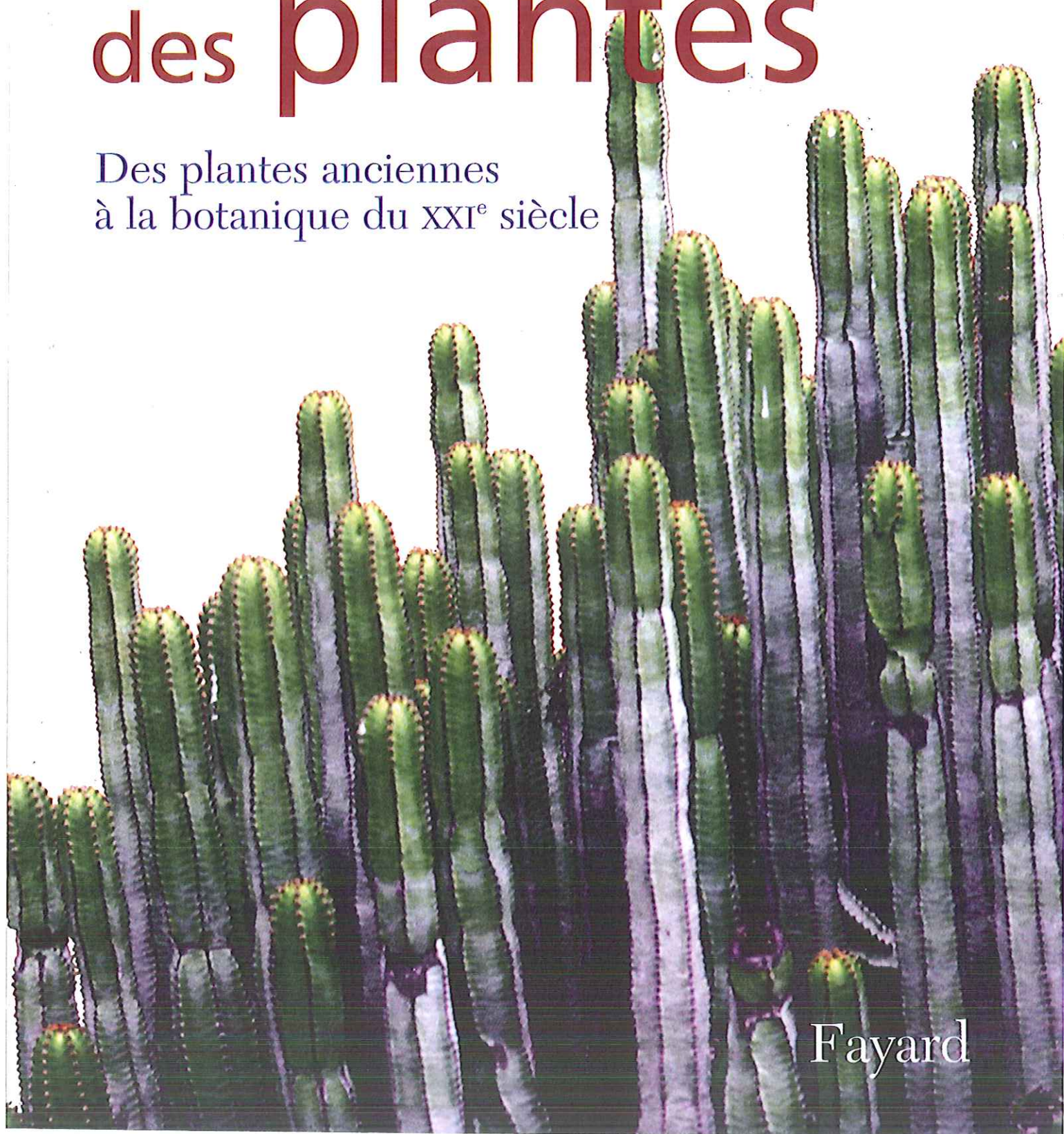


Aux Origines des plantes

Sous la direction de
Francis Hallé

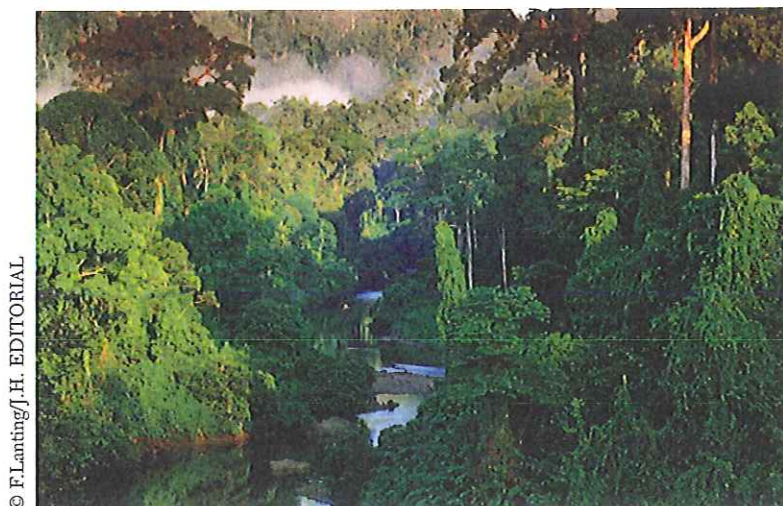
Des plantes anciennes
à la botanique du XXI^e siècle



Fayard

Aux Origines des plantes

Des plantes anciennes à la botanique du XXI^e siècle



© F.Lanting/J.H. EDITORIAL

Sous la direction scientifique de Francis Hallé, les meilleurs spécialistes mondiaux racontent les plantes, les arbres, les fleurs... Un véritable hymne à l'évolution et à la biodiversité.

Ce volume restitue toutes les grandes questions que soulève actuellement la connaissance des plantes ainsi que toutes les directions empruntées par les recherches contemporaines :

- leur histoire depuis l'origine : des plantes anciennes – arbres, fougères – aux plantes à fleurs ;
- leur sexualité si « inventive », l'évolution et les caractéristiques de leur génome ;
- leur architecture (et sa modélisation informatique) et les composantes de leur anatomie ;
- les plantes dans leur milieu, leurs relations avec les sols, les communications entre elles, les modifications qu'elles apportent à l'environnement ;
- les relations qu'elles entretiennent avec les organismes voisins : les champignons, les insectes (merveilleux exemple de coévolution) ;
- la mise au point de l'« arbre généalogique » utilisant aussi bien les fossiles que le séquençage du génome.

Il porte également un regard très nouveau sur leur extraordinaire capacité d'adaptation : beaucoup plus plastiques que les animaux, les plantes ont su s'adapter au froid, à la vie dans l'eau, à la sécheresse, à la situation épiphyte et même aux influences lunaires.

Cet ouvrage magnifiquement illustré s'adresse donc à tous ceux que les végétaux intéressent. Ils découvriront un univers d'une rare richesse, plus vaste, plus complexe, plus luxuriant que celui de l'être humain et des espèces animales.

ISBN 978-2-213-62836-3



35-3036-7 IX-2008
52 € prix TTC France

CHAPITRE 13

LES PLANTES ET LA LUNE : TRADITIONS ET PHÉNOMÈNES

Ernst Zürcher

Croissance des arbres et propriétés du bois: rythmes et traditions.....	390
Des pratiques encore bien vivantes.....	393
Défis pour la recherche	395
Les rythmes lunaires en biologie: une vue d'ensemble	396
Périodicités lunaires dans la germination, la croissance et la fructification de plantes annuelles.....	397
La germination et la croissance initiale de certains arbres	400
Un essai contradictoire revisité	401
Rythmes lunaires en cytologie, en physiologie et en morphologie	402
La danse cosmique des bourgeons	406
Dates d'abattage et propriétés du bois.....	407
Implications et perspectives	408

CHAPITRE 14

LA SEXUALITÉ INVENTIVE DES PLANTES

Pierre-Henri Gouyon

Du sexe des fleurs	416
Un, deux... ou trois sexes?.....	418
Les hermaphrodites... et les autres	422
Quand les plantes perdent leur sexe	426

CHAPITRE 15

DES SPORES AUX FRUITS: COMMENT LES PLANTES ASSURENT LEUR DESCENDANCE

Daniel Sabatier

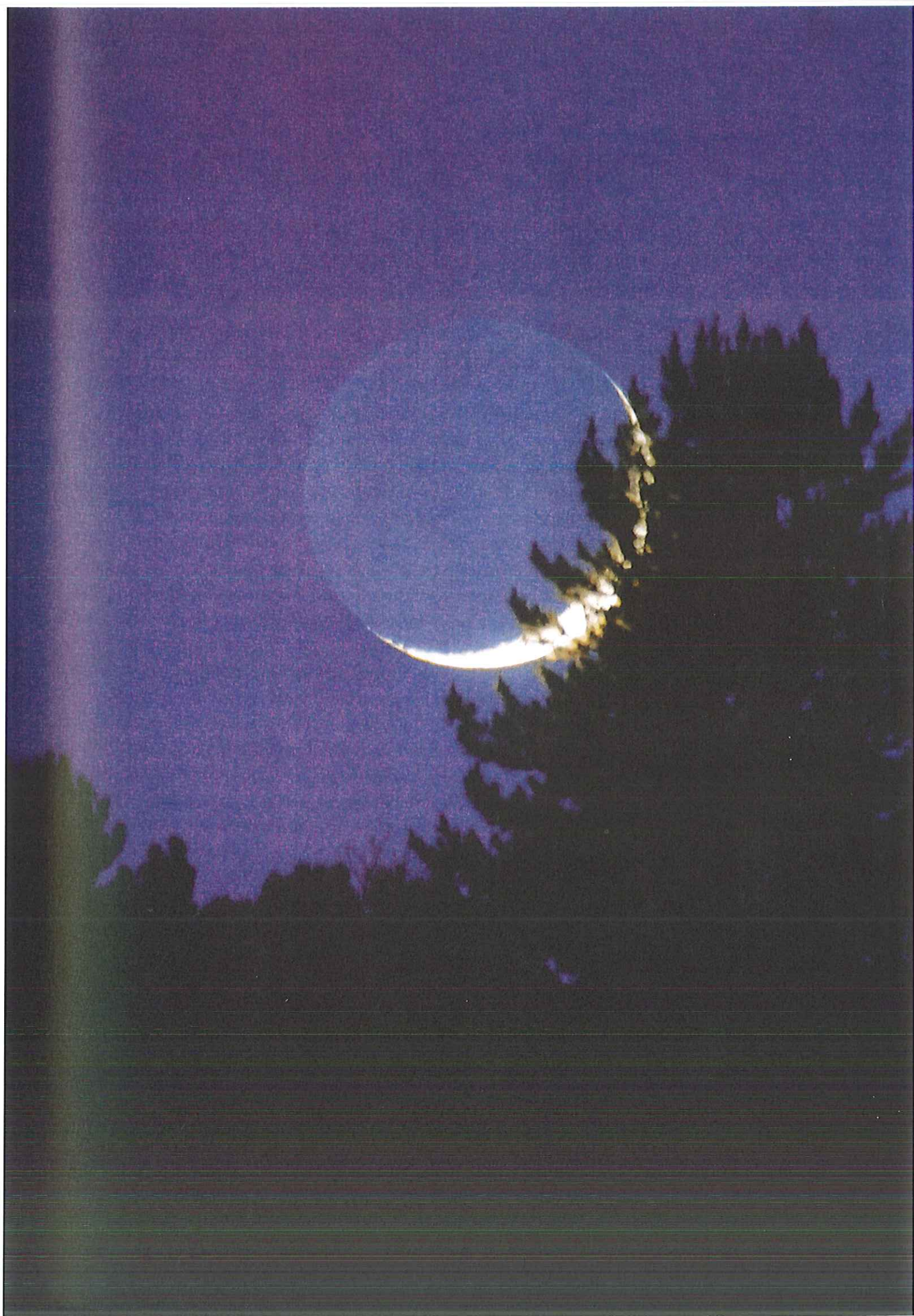
Repère dans l'évolution ou assemblage de fonctions sans cesse renouvelé?.....	430
Antécédence florale et organisation des fruits	432
Comment la plante fait-elle pour se propager et établir sa progéniture?.....	434
Nourrir la descendance pour lui permettre de s'établir	435
Protection des graines et des embryons	437
Dissémination et taille des graines.....	439
Samares, ailes et vol plané: la dispersion par le vent, ou anémochorie	441
Une rétribution pour service rendu: la dissémination par les animaux, ou zoochorie	442
D'une dissémination à l'autre: histoires d'endocarpes.....	447
Générer du mouvement ou simplement le capter?	451
La dissémination dans une optique évolutive.....	452

CHAPITRE 16

LA COHABITATION ENTRE PLANTES ET INSECTES

Yves Gillon

Stratégies de camouflage	454
Des spécialisations par type de production végétale.....	457
Que vont manger les insectes?	460
Plantes et insectes évoluent-ils ensemble?	461
Les contraintes écologiques	463



CHAPITRE

13

LES PLANTES ET LA LUNE : TRADITIONS ET PHÉNOMÈNES

Ernst Zürcher

« À l'occasion de la réunion annuelle de la Société suisse des sciences naturelles, tenue à Lucerne en 1834, le géologue [d'origine allemande] Jean de Charpentier – un défenseur de la théorie moderne des glaciations – put aller présenter les résultats de ses travaux. En route pour rejoindre cette société savante, il entra en conversation près du col du Brünig avec un bûcheron de Meiringen. Lorsque celui-ci vit l'étranger examiner un bloc de granit couché près du chemin, il lui dit : "Il y a beaucoup de pierres telles que celle-ci dans ces hauteurs, mais elles viennent de très loin, du massif du Grimsel ; car c'est du Geissberger [un type de roche], et les montagnes d'ici n'en sont pas." À la question sur la manière dont ces pierres auraient pu parvenir jusqu'en cet endroit, le montagnard répondit sans hésitation : "C'est le glacier du Grimsel qui les a amenées, car celui-ci s'étendait une fois jusqu'à la ville de Berne ; ce n'est pas l'eau qui aurait pu les déposer ici, aussi loin du fond de la vallée." Quelle rencontre ! Le célèbre professeur, avec sa conférence sur la théorie des glaciations dans sa sacoche, entend formuler par un bûcheron resté sans nom, avec la plus grande évidence,

Page de droite :

« *There are more things in heaven and earth, Horatio, than are dreamt in your philosophy* » (Il y a plus de choses sur la terre et dans le ciel, Horatio, qu'il n'en est rêvé dans votre philosophie).
William Shakespeare, Hamlet.

des faits au sujet desquels les érudits se disputeront encore pendant des années avant qu'ils ne deviennent un élément du patrimoine scientifique mondial. »

E. Gerber et K.L. Schmalz (1948).

CROISSANCE DES ARBRES ET PROPRIÉTÉS DU BOIS : RYTHMES ET TRADITIONS

La plupart des processus organiques – et des structures qui en résultent – présentent un caractère rythmique. Ainsi, les arbres sont caractérisés par une croissance rythmique faite de phases d'activité et de phases de repos. Cette forme de croissance ne s'exprime pas seulement lorsque le milieu est soumis à des variations saisonnières, mais également lorsqu'il offre des conditions pratiquement constantes, comme c'est le cas dans les zones équatoriales par exemple. Des variations rythmiques s'observent à presque tous les stades du développement, de la germination à la formation des graines. Cette alternance systématique entre des phases d'activité et d'autres de repos se manifeste aussi à travers la morphologie des pousses ou l'architecture de la couronne et, au niveau anatomique, dans la succession et la structure interne des cernes d'accroissement.

La question se pose de la cause et de la nature de ces rythmicités : s'agit-il simplement d'une interaction entre l'effet journalier et l'effet saisonnier du Soleil et des « mécanismes » endogènes propres à l'organisme ? Ne pourrait-il s'agir aussi d'autres formes de connexion des plantes avec des mouvements célestes, en particulier ceux de la Lune ?

Pour pouvoir survivre, l'homme, en tant qu'être hétérotrophe (utilisant la matière d'autres organismes comme nourriture), a toujours dû tenir compte de ce caractère rythmique des plantes. Lorsqu'on consulte des ouvrages se rapportant aux coutumes populaires et aux règles paysannes, qu'on lit des témoignages d'auteurs anciens (tel Hésiode, poète grec du VIII^e siècle av. J.-C., auteur de *Les Travaux et les Jours*), ou encore qu'on discute de leur expérience empirique avec des jardiniers, des paysans, des bûcherons ou des artisans travaillant le bois, deux constatations s'imposent :

- en plus du rythme des saisons, qui est de nature solaire du point de vue géocentrique, ces sources et ces personnes évoquent systématiquement les cycles lunaires comme facteur influençant la croissance, les structures, les propriétés et même certaines qualités des plantes ;
- les déclarations à ce sujet sont souvent concordantes malgré l'éloignement géographique de leurs auteurs.

Ce deuxième constat semble indiquer l'existence de faits objectifs. Ainsi, les règles générales concernant l'abattage d'arbres concordent puisqu'elles mentionnent le facteur Lune aussi bien dans la zone alpine qu'au Proche-Orient, en Inde, à Ceylan, au Brésil ou encore en Guyane, en Corée ou en Finlande. Toutes ces traditions paraissent reposer sur des observations similaires : par exemple, la période de la nouvelle Lune (ou de la Lune décroissante) est considérée comme la plus favorable pour l'abattage d'arbres donnant un bois de construction durable, résistant aux insectes et aux champignons. Une « phytopratique » allant dans ce sens concerne la période de plantation de boutures en Amérique centrale, considérée comme optimale en Lune décroissante.

À ce sujet, il faut aussi relever le fait qu'autrefois l'homme pouvait se consacrer plus longtemps et plus calmement à l'observation. Celle-ci devait même être pour lui, alors que l'existence était plus précaire qu'aujourd'hui, d'une importance vitale. Jusqu'à récemment, aucune machine, aucun processus d'automatisation ne s'interposait entre l'homme et l'objet de son travail, ce qui lui permettait probablement d'affiner à l'extrême sa perception qualitative.

Une part de superstition est vraisemblablement venue s'ajouter dès que l'observation précise et objective a été délaissée au profit de l'adoption aveugle de règles traditionnelles. Le passage de la transmission orale au texte écrit a peut-être aussi apporté quelques distorsions.

Trois types de règles forestières

Pour la détermination de la « bonne date d'abattage », on constate dans les relevés historiques ou dans les mentions orales actuelles trois types de règles :

- les règles selon les « phases de la Lune », soit le rythme lunaire synodique, dont la période est de 29,531 jours. Ce rythme mesure le passage d'une nouvelle Lune à la pleine Lune (phase « croissante ») pour parvenir à la nouvelle Lune suivante (phase « décroissante ») (figure 1). À l'échelle journalière, il s'observe dans le mouvement des marées, dont la période principale est de 24,8 heures – mais ce mouvement n'est que rarement mentionné dans les traditions. Le seul cas actuellement connu concerne la coupe du bambou *Phyllostachys aurea* (Carr.) M. Riv., en Équateur : afin de déterminer les heures de marée basse favorables à la conservation du bambou, les paysans de l'intérieur des terres coupent une « liane à eau » qui, à ces moments précis, ne montrerait aucune exsudation (Moran Ubidia, 2003) ;

- les règles selon le cycle de la « Lune montante » et de la « Lune descendante » par rapport à l'horizon terrestre, soit le rythme lunaire tropique.

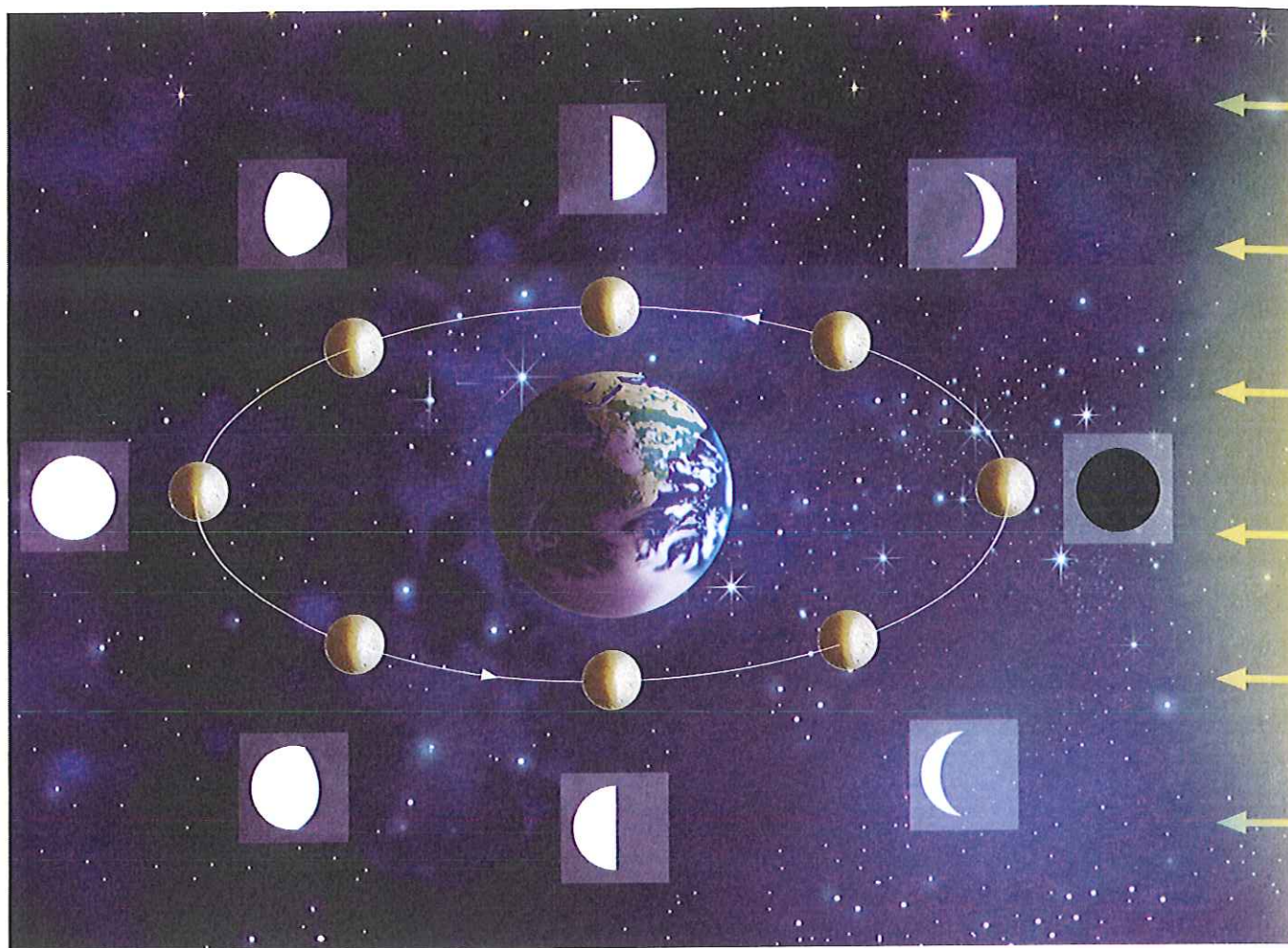


Figure 1. Les phases de la Lune (correspondant au rythme synodique, avec une révolution en 29,5 jours). Orbite lunaire autour de la terre, pour un observateur regardant le système Terre-Lune à partir d'un point situé au-dessus du pôle Nord terrestre, le Soleil éclairant depuis la droite. En regard de cette orbite, phases et formes d'éclairement de la Lune telles qu'observées depuis l'hémisphère Nord de la terre. Dans le sens inverse des aiguilles d'une montre: Nouvelle Lune (côté Soleil) / Premier croissant / Premier quartier / Gibbeuse croissante / Pleine Lune / Gibbeuse décroissante / Dernier quartier / Dernier croissant / Nouvelle Lune.

Ce rythme, moins visible pour l'observateur, concerne la hauteur de la trajectoire lunaire par rapport à l'horizon, variant de façon systématique. Chaque année, à treize ou quatorze reprises, la hauteur de cette trajectoire augmente, puis la tendance s'inverse pour la seconde moitié du mois tropique, dont la période est de 27,32158 jours. Une confusion est possible: l'expression « Lune montante/descendante » est parfois utilisée pour « Lune croissante/décroissante », alors que les périodes de ces deux cycles diffèrent de 2,21 jours. Ces deux rythmes coïncident toujours vers la fin décembre, la pleine Lune ou la nouvelle Lune ayant lieu respectivement au passage culminant ou au passage le plus bas de la trajectoire tropique;

- les règles selon les constellations, ou « signes » du zodiaque, dans lesquelles se trouve la Lune. C'est un troisième niveau d'influence, cité depuis toujours, certains documents, comme les écrits manichéens, remontant à l'époque perse (Schmidt, 1940). Ce rythme lunaire sidéral, dont la période est très proche de celle du rythme tropique, se rapporte aux constellations du zodiaque devant lesquelles la Lune passe durant sa révolution autour de la Terre. Le retour à une constellation donnée a

lieu après 27,32166 jours. Une source d'erreur dans le long terme provient du fait que les constellations astronomiques observées à une date donnée de l'année varient insensiblement en raison du lent mouvement giratoire (précession) de l'axe de la Terre.

DES PRATIQUES ENCORE BIEN VIVANTES

Aujourd'hui encore, des règles d'abattage liées à la Lune sont appliquées par certains artisans du bois. Notre objectif n'est pas de traiter des multiples « calendriers lunaires », actuellement très en vogue, couvrant de nombreux domaines de façon trop absolue, sans bases expérimentales. Les exemples qui suivent concernent des cas directement connus de l'auteur, ou issus de sources scientifiquement vérifiées ; ils visent à illustrer toute la variété des utilisations du bois dans lesquelles le facteur Lune est considéré comme important pour l'obtention de qualités ou de propriétés exceptionnelles. Il faut préciser que, dans la plupart des cas, ce facteur ne vient qu'en deuxième ou troisième position, après la période de l'année, avec une haute valeur attribuée au « bois d'hiver », et le site, c'est-à-dire les conditions de croissance, le bois de montagne issu de peuplements naturels à croissance lente étant particulièrement apprécié. Parfois, il est fait mention de vents (par exemple le foehn dans les Alpes) qui auraient un effet négatif sur certaines qualités du bois.

Bois de construction

Les qualités principales requises ici sont la résistance mécanique (en contrainte de pression, traction ou flexion) et la durabilité face aux champignons et aux insectes. Une règle française stipule : « Bois tendre en cours, bois dur en décours ».

Bardeaux et tavillons

Il s'agit de planchettes de différentes dimensions utilisées comme des tuiles pour couvrir des toits ou des façades, ce qui les expose particulièrement aux intempéries et donc à la pourriture. Le type de bois approprié ne peut être fourni que par des essences ayant fait leurs preuves, comme le chêne, le châtaignier ou le mélèze. Citons également l'épicéa et le sapin, que certains tavillonners abattent à des phases lunaires particulières afin d'obtenir un matériau séchant rapidement après chaque pluie.

Cheminées

Dans certaines régions d'Europe centrale, le bois a même longtemps été utilisé pour la construction de cheminées, qui servaient également à fumer la viande. Pour cet usage aussi il se trouve des règles d'abattage « lunaires » supposées fournir du bois difficilement inflammable.

Bois de feu

Encore couramment appliquée, dans le Jura par exemple, la règle mentionnée par Olivier de Serres (1600) conseille : « Le poinct de la lune est remarquable, pour en croissant tailler le bois de chauffage, et en décroissant, celui des bastimens. » On notera qu'il s'agit dans ce cas d'obtenir une bonne combustibilité plutôt qu'une grande dureté ou une forte résistance aux agents de destruction.

Bois de résonance

Jusque dans la plus prestigieuse forme d'utilisation comme « bois de résonance » pour la construction de violons, de guitares ou de pianos, la date d'abattage en fonction de la Lune constitue l'un des secrets de l'art de maint luthier.

Fûts et barriques

Selon les observations des artisans, les douves de chêne les plus étanches ne s'obtiennent pas à n'importe quelle saison de l'année ni à n'importe quelle phase de la Lune.

Bambous

Des traditions largement répandues en Amérique du Sud (Colombie, Équateur, Brésil) ainsi qu'en Inde font appel au calendrier lunaire pour couper des bambous (Graminées géantes) afin qu'ils soient capables de résister aux insectes ravageurs.

Flottage

Plusieurs sources traditionnelles indépendantes mentionnent le fait que non seulement les propriétés du bois, mais aussi la façon dont les grumes vont flotter sur les rivières varient selon les périodes de la Lune.

DÉFIS POUR LA RECHERCHE

Face à ces traditions et à ces pratiques issues du monde forestier – l'agriculture pourrait en livrer d'autres analogues –, surprenantes au premier abord vu l'état actuel de nos connaissances, le monde scientifique se sent interpellé. Le chercheur se voit placé devant le défi d'examiner de façon objective et critique s'il n'existe pas un noyau de vérité dans cet « ancien savoir », si des phénomènes et processus réels ne se cachent pas derrière les expériences des praticiens. Les faits réels doivent être différenciés des superstitions, puis quantifiés ; il faut être prêt à remettre en question et à élargir certaines de nos théories actuelles. En cas de confirmation, même partielle, de certains phénomènes, nous nous verrions enrichis de tout un trésor résultant du contact millénaire de l'homme avec la nature et nous offrant autant d'hypothèses de travail et de développements possibles. La situation est analogue à celle de la recherche pharmaceutique, guidée par les savoirs des praticiens traditionnels, d'une spécificité et d'une efficacité souvent étonnantes.

En fait, cette démarche a déjà été entreprise un certain nombre de fois dans le cadre de la méthodologie scientifique moderne pour ce qui est des plantes annuelles ; les chercheurs ont parfois été placés de façon inattendue devant des rythmicités lunaires. Le potentiel d'innovation reste néanmoins à communiquer à la communauté scientifique et aux utilisateurs spécifiques.

La discipline étudiant les structures temporelles des organismes se nomme la chronobiologie. Elle se penche sur toutes les manifestations rythmiques des processus vitaux, c'est-à-dire, en plus des rythmes lunaires, les rythmes journaliers et annuels, ceux de l'ordre de l'heure ou de la minute concernant par exemple notre système digestif, ou ceux, à plus haute fréquence encore (jusqu'au niveau de la milliseconde), prévalant dans notre système nerveux. La chronobiologie s'est considérablement développée au cours des cinquante dernières années, et elle s'est spécialisée dans différentes directions. La chronophysiologie décrit et analyse la configuration des processus rythmiques de différentes fonctions de l'organisme et l'action qu'exercent sur elle les facteurs environnementaux. La chronopharmacologie analyse les effets chronobiologiques des médicaments. On distingue par ailleurs dans la médecine moderne la chronopathologie, la chronotoxicologie, la chronothérapie et la chronohygiène.

Le cycle lunaire principal, synodique, se subdivise en sous-rythmes liés au phénomène des marées et dus à la rotation quotidienne de la Terre. On distingue :

Période	Rythme ou cycle lunaire	Unité
12,42 heures	tidal	marée semi-diurne
24,0 heures	journalier	jour : cycle solaire servant de référence
24,85 heures	bitidal, lunidien	jour lunaire
7,38 jours	circaseptan	semaine lunaire
14,76 jours	semi-lunaire	syzygie (conjonction ou opposition par rapport au Soleil)
29,53 jours	lunaire, synodique	lunaison, mois lunaire

LES RYTHMES LUNAIRES EN BIOLOGIE : UNE VUE D'ENSEMBLE

Endres et Schäd (1997) démontrent la réalité des périodicités lunaires dans le monde des plantes annuelles, en biologie animale et chez l'être humain. Une série de plus de 600 espèces, principalement animales, révélant ce type de rythme, vérifiée expérimentalement et publiée dans la littérature scientifique, illustre la complexité des phénomènes chronobiologiques impliqués et pose la question de la nature fondamentale du temps. Engelmann, dans *Rhythms of Life* (2004), cite les ouvrages de Pearse (1990) et de Palmer (1995) comme étant de bonnes références sur les rythmes liés aux marées, ceux de deux semaines et d'un mois.

Alors que chez les Cyanophyceae aucun rythme périodique lunaire n'est signalé, ce qui est probablement lié à leur cycle de vie trop court par rapport aux rythmes lunaires, 45 espèces de Thallophytes sont répertoriées jusqu'en 1996, ainsi que 40 espèces d'Angiospermes.

Toutes les cellules et tous les organismes eucaryotes oscillent en général entre facteurs exogènes et facteurs endogènes grâce à leur *horloge interne* fondée sur des interactions entre le noyau et le cytoplasme. En 1938, Bracher découvre que, dans les vases de la côte est de l'Angleterre, le protiste *Euglena limosa* procède à des migrations non seulement journalières ou circadiennes, mais aussi selon une rythmicité lunidienne de période 24,8 heures, ce qui lui permet d'apparaître en surface seulement de jour et en basses eaux. Cette espèce unicellulaire à noyau distinct dispose du mouvement – grâce à des flagelles –, de l'assimilation chlorophyllienne et d'un œil rudimentaire. Cela met en évidence le fait que le facteur rythmique lunaire, comme le facteur solaire (photopériodique), constitue un continuum englobant de nombreuses formes vivantes, tant végétales qu'animales.

PÉRIODICITÉS LUNAIRES DANS LA GERMINATION, LA CROISSANCE ET LA FRUCTIFICATION DE PLANTES ANNUELLES

L'une des premières recherches menées selon des critères scientifiques est due à Semmens (1923), et elle a été précisée en 1947 dans *Nature*. La chercheuse mentionne une germination des graines de moutarde *Sinapis* sp. fortement accélérée par l'effet de la lumière lunaire. Elle établit de façon expérimentale une relation entre ce phénomène et la nature polarisée de cette lumière du fait de sa réflexion, polarisation plus marquée lors de certains moments du cycle. Ce type de lumière accentue le processus de décomposition des grains d'amidon par la diastase, une enzyme mobilisant par hydrolyse cette substance de réserve.

Au moyen d'essais en laboratoire extrêmement complets s'étendant de 1927 à 1935, Kolisko mit en évidence des variations de la croissance des plantes en fonction du rythme synodique lunaire. Les graines d'espèces maraîchères et florales – laitue *Lactuca sativa*, chou blanc *Brassica oleracea*, poireau *Allium porrum*, tomate *Lycopersicon esculentum*, petit pois *Pisum sativum*, haricot *Phaseolus vulgaris*, livèche *Levisticum officinale*, achillée *Achillea millefolium*, mélisse *Melissa officinalis*, aconit *Aconitum napellus* – et de céréales – maïs *Zea mays*, blé *Triticum* sp., avoine *Avena sativa*, orge *Hordeum vulgare* – semées deux jours avant la pleine Lune eurent une meilleure germination, une croissance plus forte, formèrent des inflorescences plus nombreuses et fournirent une meilleure récolte que les graines semées deux jours avant la nouvelle Lune. Certaines séries expérimentales montrèrent un changement abrupt lorsqu'on passait de la période idéale, environ deux jours avant la pleine Lune, au jour exact de la pleine Lune, ce qui révèle une forme de déphasage entre le parcours visible de notre satellite et son effet sur la germination. Kolisko travaillait avec un matériel très homogène et avait suivi pour le choix des dates les suggestions de Rudolf Steiner, fondateur de la méthode d'agriculture biodynamique, pratiquée avec un succès grandissant depuis plus de quatre-vingts ans (Steiner, 1924).

Il était devenu évident que la phase lunaire exacte au moment du semis joue un rôle important pour l'ensemble du cycle végétal qui s'ensuit : germination, croissance, floraison et fructification. Ce rôle se superpose à celui de la saison, correspondant à la relation astronomique Terre-Soleil.

Ces périodicités furent confirmées, mais également différenciées à diverses reprises, par exemple par Voegele (1930) avec plusieurs céréales testées en extérieur, la différence maximale apparaissant entre les semis

de deux à cinq jours avant la pleine Lune et ceux de deux à trois jours après la pleine Lune.

La reprise d'essais de semis selon Kolisko fut l'œuvre de Popp (1933), avec différentes variétés de pommes de terre *Solanum tuberosum*, du haricot, du maïs et de l'échalote *Allium ascalonicum*. La pomme de terre montra des rendements supérieurs dans les séries plantées vers le dernier quartier et la nouvelle Lune, alors que les échalotes eurent leur production maximale dans les séries du premier et du dernier quartier. L'auteur déclara malgré tout que l'influence lunaire était extrêmement improbable (« *höchst unwahrscheinlich* »), tout en admettant des défauts méthodologiques, ce qui laisse entrevoir le rôle des *a priori* et des idées préconçues dans la recherche touchant à ce thème. Dans une expérimentation ultérieure, Popp (1936, 1937) constata à nouveau pour le maïs des différences marquées, mais opposées cette fois à celles obtenues par Kolisko.

En revanche, Opitz (1936) obtint des productions d'orge supérieures pour les semis en Lune croissante par rapport à ceux en Lune décroissante, les dates comparées n'étant espacées que d'un jour. Un résultat analogue est mentionné avec le seigle, *Secale cereale*, par Breda (1960), l'analyse par moyennes mobiles révélant des rendements plus élevés pour les semis de pleine Lune que pour ceux de nouvelle Lune.

Les essais systématiques de longue haleine entrepris par Maria Thun permettent, selon elle, de classer la stimulation ou le style de croissance des plantes en 4 types différents – racine, tige, feuille, fleur-fruit – en fonction de la position de la Lune dans le zodiaque (cycle sidéral) lors du semis. Les résultats, qui ne font malheureusement pas l'objet de publications selon les standards scientifiques actuels, mènent cette chercheuse à éditer annuellement un « Calendrier des semis ».

Abele (1973, 1975) atteste, avec la carotte, l'orge d'été, l'avoine et le radis, le bien-fondé des concepts de Maria Thun et confirme partiellement la différenciation mentionnée ci-dessus.

Spiess (1994), sur une durée expérimentale de terrain de cinq ans, partiellement six ans, confirme statistiquement des variations lunaires dans le cas de plantes annuelles cultivées – seigle d'hiver, radis, carotte, pomme de terre, haricot et moutarde. De plus, il met en lumière quatre spécificités intéressantes :

- un rythme de variation rarement mentionné dans les dictons traditionnels joue également un rôle, lié à la révolution *anomalistique* de période de 27,6 jours, due à la forme elliptique et décentrée de la trajectoire lunaire. Ainsi, la Lune passe alternativement et à des vitesses variables à proximité de la Terre – le périgée – puis à une distance maxi-

male – l'apogée. Pour toutes les espèces testées, les semis en période de périgée montrent une réaction significativement positive par comparaison avec les autres périodes de semis, une fois l'effet saison (*annual trend*) éliminé mathématiquement ;

- une influence du rythme synodique (phases lunaires) apparaît pour toutes les espèces étudiées, avec une différence marquée entre la phase croissante et la phase décroissante. Le sens de cette différence est néanmoins spécifique : alors que la carotte a les rendements maximaux pour les semis trois jours avant la pleine Lune, ceux-ci sont minimaux pour la pomme de terre plantée entre le premier quartier et la pleine Lune. Cela confirme les résultats de Kolisko sur la carotte, et ceux de Popp (1933) sur la pomme de terre ;

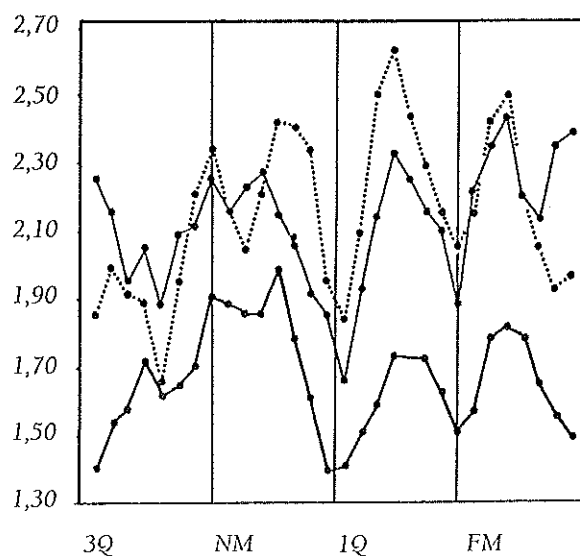
- le rythme tropique, celui qui fait alterner Lune montante et Lune descendante, n'influence que certaines espèces : le haricot y est le plus sensible (avec un nombre de gousses maximal pour les semis en culmination – Lune en constellation des Gémeaux), suivi du radis et de la carotte ;

- on observe des différences évidentes dans les récoltes en fonction du rythme sidéral, selon 12 positions de la Lune dans le zodiaque. Spiess relève néanmoins que ces différences pourraient aussi être expliquées par les trois premiers rythmes cités ; le regroupement opéré par Thun en 4 types de croissance selon le zodiaque ne peut être confirmé au moyen de cette méthode. Cette analyse sera faite par la suite avec un résultat positif par Kollerstrom et Staudenmaier (2001), dans une réinterprétation des données de Spiess.

De façon analogue, les essais de Fritz (1994) montrent une germination du radis plus rapide pour les semis de deux jours avant la pleine Lune (rythme synodique). Par l'emploi de plaques de verre transparentes ou opaques posées sur les semis, l'auteur met statistiquement en évidence l'effet de la lumière lunaire sur le développement de la surface foliaire ou sur le rapport entre tige et racine.

Milton (1974), dans une thèse passée pratiquement inaperçue, illustre pour le cas du maïs la complexité des variations synodiques lunaires par le biais de la mesure du développement de la jeune pousse (coléoptile) une semaine après le semis. Des séries de semis journaliers en laboratoire mettent en évidence une rythmicité hebdomadaire, par quartiers lunaires, dans laquelle le maximum situé avant la pleine Lune contraste d'une part avec le minimum, situé entre le troisième quartier et la nouvelle Lune, et d'autre part avec les minima du moment exact du premier quartier

Figure 2. Développement des coléoptiles de maïs (*Zea mays*) en centimètres, 7 jours après le semis, pour trois configurations expérimentales différentes. NM : nouvelle Lune ; FM : pleine Lune ; 1Q, 3Q : 1^{er} et 3^e quartier. Période d'essai : décembre 1972 à janvier 1974.



et de la pleine Lune (figure 2). Ces variations systématiques à courte période expliqueraient l'apparente divergence entre les résultats de Kolisko et ceux de Popp pour le maïs.

Quelques années auparavant, Millet (1970) avait mis en évidence la complexité des rythmes d'élongation de la tige de fève (*Vicia faba*), pour laquelle on peut déceler simultanément au moins 5 rythmes de périodes différentes.

Citons enfin pour les plantes annuelles des variations lunaires rythmiques à l'échelle mensuelle, décelées par Graviou (1977), dans la croissance en longueur des racines du cresson (*Lepidium sativum*) maintenu à température et obscurité constantes, au cours des premières soixante-douze heures après la germination.

LA GERMINATION ET LA CROISSANCE INITIALE DE CERTAINS ARBRES

Une pépinière forestière située en zone tropicale, au Rwanda, offre des conditions intéressantes pour des expériences sur la germination et la croissance initiale d'essences ligneuses en fonction du facteur lunaire, les températures et les durées du jour étant moins sujettes aux variations qu'à hautes latitudes et les saisons sèches pouvant être compensées par des arrosages. Les travaux eurent lieu sur une durée de trois ans : essai préliminaire, essai principal avec 12 semis à 4 répétitions de 50 graines, enfin essais de contrôle et complémentaire. Les semis de l'essai principal eurent lieu deux jours avant la pleine Lune, alternant avec des semis deux jours avant la nouvelle Lune, en référence aux travaux de Kolisko déjà mentionnés (Zürcher, 1992).

Pour le musizi, *Maesopsis eminii*, une Rhamnaceae africaine croissant du Liberia au Kenya, la vitesse et le taux de germination ainsi que les valeurs moyennes et maximales de la croissance dans les premiers mois varient de façon clairement rythmique, avec des valeurs comparative-ment supérieures pour les semis juste avant la pleine Lune.

Un essai indépendant effectué cinq ans plus tard en Afrique de l'Ouest selon la même méthode sur 4 essences de zones sèches – *Sclerocarya birrea*, *Adansonia digitata*, *Azvelia africana* et *Detarium microcarpum* – confirme cette rythmicité, mais essentiellement au stade de développement de deux mois après le semis (Bagnoud, 1995).

Il est important dans ce type d'essai de travailler avec beaucoup de précision en ce qui concerne le choix de la date : près des moments favorables entre le premier quartier et la pleine Lune, le moment exact de la

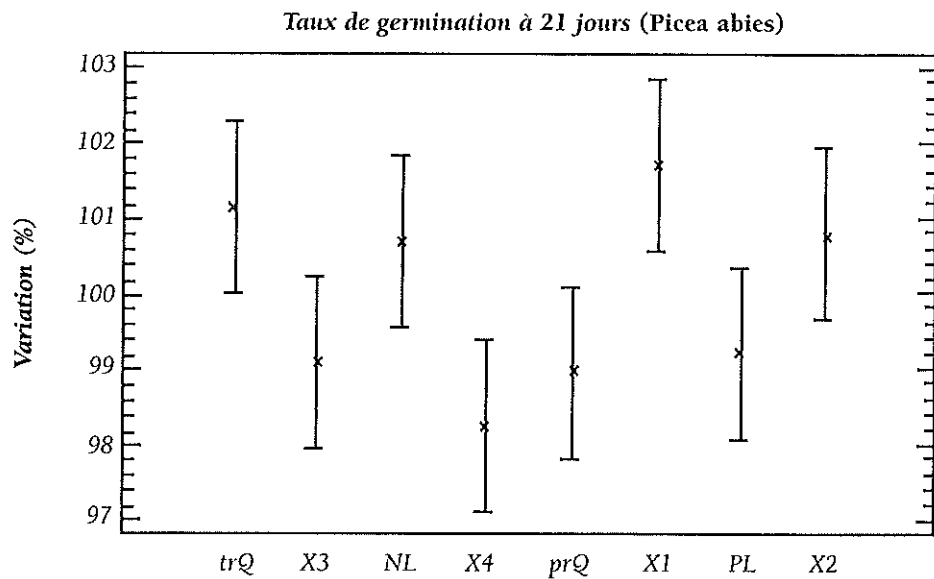
pleine Lune fournit dans un essai complémentaire avec *Maesopsis eminii* des résultats parfois inférieurs à ceux de deux jours avant la nouvelle Lune, ce qui rejoint les observations de Milton pour le maïs. Il convient pourtant d'éviter de se faire une image schématique de cette concordance entre rythmes végétaux et cycles lunaires. En effet, certaines essences peuvent montrer un comportement opposé et répondre positivement à un semis avant la nouvelle Lune (*Acacia melanoxylon* et *Sesbania sesban*), ce qui rappelle le comportement de la pomme de terre observé par Popp, et plus tard par Spiess. Ces premiers résultats positifs concernant des essences forestières démontrent néanmoins l'importance que peut avoir la « chronobiologie lunaire » pour la gestion de pépinières visant à la production d'arbres vigoureux.

UN ESSAI CONTRADICTOIRE REVISITÉ

Dans sa brève revue des recherches sur les rythmes lunaires dans le monde végétal, Beeson (1946) appuie son avis général plutôt sceptique sur les travaux de Rohmeder (1938), effectués avec un préjugé visiblement très critique. Ces travaux avaient pour but de tester les phénomènes récemment révélés par Kolisko. L'expérimentation eut lieu de façon très méticuleuse avec un stock de graines d'épicéa, *Picea abies*, à haut pouvoir germinatif et de qualité homogène, au cours des années 1936 (quatre mois) et 1937 (sept mois), sous la forme de 87 séries à 1 200 graines, soit en tout 104 400 graines, dont la vitesse et le taux de germination furent déterminés après sept, dix, quatorze et vingt et un jours. Par mois synodique lunaire, 8 dates furent retenues pour les semis : le premier quartier, la pleine Lune, le dernier quartier, la nouvelle Lune, ainsi que le premier croissant, la phase gibbeuse croissante, la phase gibbeuse décroissante et le dernier croissant (figure 1). Les variations ayant eu lieu chaque année dans une fourchette relativement étroite, l'effet du vieillissement des graines dans la longue série de 1937 ayant été plus fort que l'effet « Lune », et les courbes représentant le taux de germination en fonction des dates de semis « lunaires » ayant présenté des parcours parfois divergents, l'auteur est amené, sans aucune analyse statistique (pas encore d'usage à l'époque ?), à la conclusion définitive que ces essais « ne fournissent aucun argument indiquant que le changement des phases lunaires puisse influencer la germination des graines d'épicéa ».

Si nous appliquons aujourd'hui, soixante-neuf ans plus tard (Zürcher, 2008), une analyse statistique de variance pour les données regroupées

Figure 3. Variation autour de la moyenne générale du taux de germination de l'épicéa (*Picea abies*) à 21 jours, pour des semis selon les phases lunaires (1936, 1937), réanalysé d'après E. Rohmeder (1938). Le semis X1, de 3 jours avant la pleine Lune, est significativement supérieur au semis X3, de 3 jours avant la nouvelle Lune, ainsi qu'aux semis de pleine Lune (PL), du premier quartier (prQ) et de 3 jours avant ce premier quartier (X4).



des deux années d'essais, nous obtenons pour les taux de germination autour de la moyenne générale une fourchette de variation effectivement étroite, mais des différences clairement significatives (figure 3). Ces différences nous ramènent à la question initiale relative aux résultats de Kolisko, puisque, entre autres, les semis d'avant la pleine Lune apparaissent maintenant significativement supérieurs – de 2,8 % – à ceux d'avant la nouvelle Lune et, de plus, significativement supérieurs à ceux du jour exact de la pleine Lune, du premier croissant et du premier quartier.

Les résultats de Kolisko trouvent ici une confirmation tardive pour une essence forestière de premier ordre, de même que ceux qui concernent *Maesopsis eminii*, où une chute abrupte de la croissance initiale pour les semis du jour de la pleine Lune avait été constatée.

RYTHMES LUNAIRES EN CYTOLOGIE, EN PHYSIOLOGIE ET EN MORPHOLOGIE

Les variations dans la germination, la croissance et la fructification des plantes établies en lien avec les cycles lunaires ont à leur source – ou s'accompagnent de – divers phénomènes intéressants, énumérés ici tout d'abord pour les plantes herbacées comme autant de pistes de recherche prometteuses.

- Des analyses de l'ADN et de l'activité mitotique de tissus de pomme de terre cultivés en laboratoire (Rossignol *et al.*, 1990, 1998) révèlent des variations au cours du cycle synodique. Une structure de l'ADN liée à l'accumulation d'hydrates de carbone se développe à la nouvelle Lune,

une structure propre à la croissance et à la floraison étant plus marquée à la pleine Lune. L'activité mitotique est maximale au premier et au dernier quartier, en alternance avec des minima à la pleine et à la nouvelle Lune. Par rapport à ce rythme, les chercheurs observent certains types de cellules se reproduisant à contretemps.

- Diverses algues suivent dans leur reproduction des périodicités lunaires (Endres et Schad, 1997), qui s'exprime par exemple au niveau du taux d'acide alginique dans l'algue brune *Fucus virsoides* (Lausi et De Cristini, 1967). De façon analogue, les cytokinines, un groupe d'hormones végétales de croissance, fluctuent avec des maxima à différentes phases lunaires dans les algues *Ecklonia maxima* et *Sargassum heterophyllum* (Hofmann *et al.*, 1986).

- Sur des plantes testées de jour en jour, comme le haricot, *Phaseolus vulgaris*, *Philodendron sagittifolium* ou *Geranium* sp., Rounds (1982) décèle une périodicité semi-lunaire dans la synthèse de l'acétylcholine ou de la noradrénaline, qui se laissent mesurer par l'effet sur le rythme cardiaque de la grande blatte américaine *Periplaneta americana*. Ces observations illustrent le fait que le moment de la récolte des plantes médicinales joue un rôle sur leur effet pharmacologique. Cela suggère une fois de plus le bien-fondé de certaines pratiques traditionnelles relatives aux cycles lunaires ayant eu cours dans des monastères produisant ce type de plantes.

- Une réinterprétation d'anciens relevés systématiques du mouvement des feuilles du haricot sabre, *Canavalia ensiformis*, en milieu constant – dans la ligne des travaux du fondateur de la chronobiologie E. Bünning – permet à P. Barlow, par le calcul des marées gravimétriques correspondantes, de mettre en évidence un rythme tidal clairement marqué (Préface à Klein, 2007).

- Les variations des échanges gazeux constatées par Graviou (1978) sur des graines de tomate en dormance apparente, maintenues dans des conditions de lumière et de température constantes, avaient montré des maxima d'absorption d'oxygène à la pleine Lune et à la nouvelle Lune. Ce résultat se place dans la lignée de la découverte faite par Brown et ses collaborateurs (1954, 1955, 1962, 1965), selon laquelle la pomme de terre et la carotte suivent un rythme synodique lunaire dans leur respiration, la consommation d'oxygène pour la carotte étant maximale au troisième quartier et à la nouvelle Lune, minimale à la pleine Lune. À ce rythme mensuel se superpose chez la pomme de terre un rythme lunaire journalier lunidien : des relevés en laboratoire menés sur dix ans en conditions constantes d'obscurité montrent un maximum au lever de la Lune et à sa culmination, mais cela seulement de septembre à février, et

non le reste de l'année. Graviou (1978) a trouvé par la suite un tel rythme dans la respiration des graines de tournesol *Helianthus annuus*.

- Des essais en laboratoire avec le cresson *Lepidium sativum* L., portant sur une durée de trois ans, ont permis à Maw (1967) d'établir que la croissance était accélérée en hiver à la nouvelle Lune et ralentie à la pleine Lune pour des plantes soumises à une atmosphère ionisée négativement, alors que ces effets se montrent en été au premier et au dernier quartier. En revanche, une ionisation positive ne laisse observer aucune périodicité de cet ordre. L'air pollué des villes étant ionisé positivement comparé à l'air pur d'un milieu forestier, Plaisance (1985) avait ouvert de multiples perspectives sur les bienfaits de l'ionisation négative de l'atmosphère forestière pour le corps et l'esprit. Peut-être cela est-il dû à un effet plus marqué des rythmes lunaires ?

- Il est vraisemblable que les différences rythmiques dans la vitesse et le taux de germination soient liées à des variations cycliques dans l'absorption d'eau par les graines, comme l'ont démontré Brown et Chow (1973) sur la base d'un impressionnant matériel d'expérimentation (7 931 séries de 20 haricots). Les graines immergées jour après jour dans l'eau pendant quatre heures sont imbibées selon un cycle lunaire synodique circaseptan (période de 7,4 jours). Il est remarquable que les variations d'absorption observées au cours d'une demi-semaine lunaire soient si considérables, pouvant atteindre 20 % : cela suggère qu'il pourrait s'agir de variations des propriétés de l'eau, dont les fluctuations avaient déjà été découvertes expérimentalement. Par des séries de réactions chimiques standardisées (tests de précipitation du chlorure de bismuth), Piccardi et Cini (1960) avaient mis ce phénomène en évidence lors de travaux s'étendant sur plus de trente ans. Le phénomène avait déjà été vérifié par Burkard (1955), avec la mise en évidence du rôle des variations de la pression atmosphérique, dont on sait qu'elles sont rythmées par les cycles de la Lune, d'où l'expression « marées atmosphériques ». Il fut par la suite analysé statistiquement par De Meyer et Capel-Boute (1987) sur la base de longues séries complémentaires. Les variations d'absorption d'eau par des graines selon des rythmes synodiques, quant à elles, purent être confirmées par Innamorati et Signorini (1980), puis par Spruyt *et al.* (1987), s'ajoutant à une variation saisonnière. Curieusement, ces derniers auteurs, sur la base de 25 lunaisons (deux ans) avec tests d'immersions journalières en conditions de laboratoire constantes, obtiennent également une rythmicité lunaire « circaseptane », mais déphasée par rapport à celle de Brown et Chow (1973) (figure 4).

- Abrami (1972) montre un autre phénomène d'influence de la croissance des plantes à caractère périodique lunaire. Ses recherches, menées

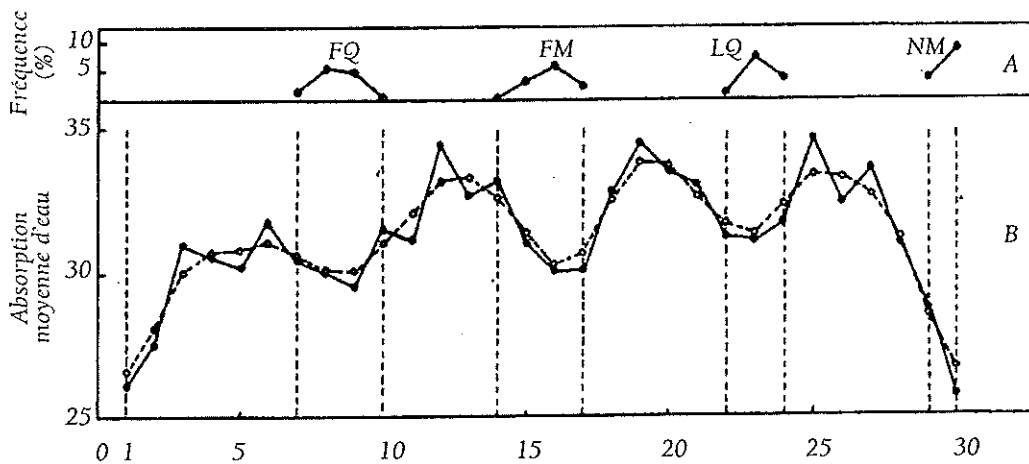


Figure 4. Variations dans l'absorption d'eau par des graines de haricot (*Phaseolus vulgaris*) après 4 heures d'imbibition en conditions de laboratoire constantes (25 °C, obscurité), en fonction des phases lunaires au cours de 25 lunaisons (de juin 1984 à juillet 1986). Valeurs en % du poids sec initial. NM: nouvelle Lune; FM: pleine Lune; FQ: premier quartier; LQ: dernier quartier. Trait pointillé: moyennes mobiles sur 3 jours. Haut du graphique (A): emplacement des 4 phases dans le cycle lunaire moyen.

en conditions extérieures, concernent le rôle du facteur température sur l'élongation de la tige de 7 espèces herbacées annuelles sauvages: perce-neige *Galanthus nivalis*, corydale *Corydalis cava*, anémone sylvie *Anemone nemorosa*, consoude *Symphytum tuberosum*, ail des ours *Allium ursinum*, égopode *Aegopodium podagraria*, campanule *Campanula rapunculoides*. Évidemment, la croissance est plus faible par temps froid et plus forte par temps chaud; il découle en revanche de ces travaux que la corrélation entre ces deux variables fluctue de façon périodique et différemment selon les espèces, selon des rythmes de 29,5, 14,7, 9,7 et 7,3 jours. Ainsi, la vitesse de croissance de la campanule dépend davantage de la température en phase de nouvelle Lune qu'en phase de pleine Lune en mars, avril et mai.

Concernant le facteur lumière, et contrairement aux observations de Semmens (1923), Kolisko et Kolisko (1939/1953) avaient constaté dans des essais de germination menés à différentes profondeurs du sol que les rythmicités synodiques lunaires se maintenaient. Cela signifierait qu'un facteur complémentaire à la lumière polarisée serait également à l'œuvre.

Les plantes ligneuses révèlent également dans leur physiologie des phénomènes à caractère rythmique en lien avec la Lune.

- Une étude de la chimie végétale secondaire visant à tester une phyto-pratique indigène d'Amérique centrale, selon laquelle la récolte des feuilles pour la confection de toits a lieu en fonction des phases lunaires, fut réalisée par Vogt *et al.* (2002). Des différences significatives dans la teneur en carbone, sous différentes formes, la teneur en calcium et la fraction hémicellulose pourraient, selon ces auteurs, expliquer les durabilités supérieures en phase de pleine Lune. Parmi les trois espèces de feuilles analysées – *Prestoea montana*, *Heliconia caribea* et *Palicourea riparia* –, on observe néanmoins des différences marquantes. Notons que les périodes intermédiaires qui se sont révélées intéressantes dans d'autres études, comme les jours entre le premier quartier et la pleine Lune, n'ont pas été prises en considération ici.

- La reprise par un groupe pluridisciplinaire de résultats de travaux déjà publiés sur les variations du diamètre d'arbres maintenus en conditions constantes permet de montrer l'existence d'un rythme synodique lunaire au niveau journalier, correspondant aux marées gravimétriques. Outre le cycle photo-thermopériodique de 24 heures connu pour la plupart des processus physiologiques sous l'influence du Soleil, il apparaît que le fût des arbres change de diamètre selon un cycle lunaire de période de 24,8 heures à caractère latent (Zürcher *et al.*, 1998). Cela soulève la question des processus menant à ces fluctuations réversibles du diamètre, en suggérant une alternance dans la teneur relative en eau de la paroi cellulaire par rapport au cytoplasme.

- Ce dernier phénomène à caractère lunaire vient de trouver une belle confirmation et de recevoir un éclairage complémentaire, dans la lignée des travaux de Burr (1944, 1945, 1947, 1972) : Holzknicht (2002) présente un dispositif de mesure des potentiels bioélectriques d'arbres sur pied extrêmement sensible, appliqué à l'épicéa, *Picea abies*, ainsi qu'à l'arole ou pin cembro, *Pinus cembra*, qui permet de mettre en évidence des rythmes en phase avec les marées gravimétriques journalières ainsi qu'avec le cycle synodique lunaire mensuel, lorsque les arbres sont en repos végétatif, en saison hivernale. En revanche, la période ordinaire de 24 heures liée au soleil prédomine lorsque les arbres sont en croissance (Holzknicht et Zürcher, 2006).

Contrairement à la pomme de terre (Rossignol *et al.*, 1990, 1998), chez l'épicéa l'activité mitotique de tissus polyembryonnaires maintenus en conditions constantes de laboratoire passe par des maxima à la pleine et à la nouvelle Lune et par des minima au premier et au dernier quartier (Vlasinova *et al.*, 2003-2004).

LA DANSE COSMIQUE DES BOURGEONS

Des rythmes lunaires au niveau de la forme, analogues à ceux liés aux diamètres des arbres décrits plus haut, avaient déjà été découverts par Edwards (1982, 1993) grâce à de méticuleuses séries d'observations, par photographie, de bourgeons d'arbre. À l'aide d'un facteur de forme développé en géométrie projective, chaque bourgeon, qu'il soit sphérique, elliptique ou ovoïde plus ou moins allongé, peut être caractérisé par un paramètre unique λ (λ). Cette forme, donc le paramètre correspondant, ne change pas seulement radicalement au moment du débourrement, mais varie subtilement autour de la valeur caractéristique tout au long de la période précédente, depuis la formation. Le

phénomène consiste en une élongation et une relaxation rythmiques des bourgeons tout au long de l'hiver, comme s'il s'agissait d'une respiration, ou d'un subtil battement de cœur, signalant déjà de légers mouvements d'ouverture et de fermeture. Edwards montre en outre que cette fluctuation de la forme a lieu pour certaines espèces de façon synchrone avec la position de la Lune par rapport au Soleil (rythme synodique), mais pour d'autres en fonction de l'alignement de la Lune avec certaines planètes, Saturne pour le hêtre *Fagus sylvatica*, Mars pour le chêne *Quercus* sp.

Pour le gui *Viscum album*, hémiparasite ligneux de certains feuillus et résineux, l'analyse avec le paramètre de forme selon Edwards fut appliquée aux baies translucides (Flückiger et Baumgartner, 2002 ; Baumgartner et Flückiger, 2004). Les mesures des baies récoltées au cours de six années, entre 1991 et 2001, révélèrent des fluctuations réversibles dans une amplitude allant de $l = 0,8$ à $l = 1,2$. Ces variations sont corrélées significativement avec la position de la Lune par rapport aux constellations fixes du zodiaque (rythme sidéral). Ces résultats concordent avec les limites entre les constellations mentionnées dès l'Antiquité, et avec leurs regroupements mentionnés au sujet des travaux de M. Thun.

DATES D'ABATTAGE ET PROPRIÉTÉS DU BOIS

Pour en revenir aux traditions forestières et aux règles concernant les dates d'abattage selon la saison et les cycles lunaires, nous abordons un domaine lié à une méthode particulière, puisque la recherche doit travailler ici avec des arbres entiers.

Le choix des échantillons à tester et à analyser doit avoir lieu à la fois dans l'aubier encore partiellement vivant et dans le bois de cœur, ou « bois parfait », beaucoup plus sec, ne possédant plus de cellules actives et constituant l'essentiel du volume du fût pour les arbres adultes.

Nous avons donc affaire à des phénomènes ou processus d'ordre en majeure partie physique, et partiellement biologique pour ce qui est des échantillons d'aubier.

À part les recherches sur le bambou *Dendrocalamus strictus* de Beeson et Bhatia (1937), indiquant une teneur en eau qui augmente de la pleine Lune à la nouvelle Lune et diminue de la nouvelle Lune à la pleine Lune, ce n'est que récemment que la question de l'influence sur les propriétés du bois de la date d'abattage en fonction de la Lune a été traitée scientifiquement (Triebel, 1998 ; Seeling et Herz, 1998 ; Seeling, 2000 ; Bariska et Rösch, 2000 ; Zürcher et Mandallaz, 2001).

Il s'agit de trois recherches ayant eu lieu chacune sur la base de 6 dates ponctuelles, supposées représenter 3 abattages « favorables » alternant avec 3 abattages « défavorables ». Le nombre d'épicéas était respectivement de 120, 60 et 30. Les points de vue des auteurs restèrent divergents quant au traitement statistique et à l'interprétation des résultats, bien que les variations de densité après séchage fussent concordantes (Zürcher et Mandallaz, 2001). Afin de traiter la question de façon plus fondamentale et sur une plus large base de données, un nouvel essai fut réalisé simultanément sur 4 sites de Suisse, avec 48 abattages successifs (chaque lundi et chaque jeudi) – non liés à une hypothèse expérimentale de départ – de 3 arbres par site sur une durée de 5,5 mois, ce qui représenta un total de 621 arbres abattus au cours de l'hiver 2003-2004. Les essences étaient l'épicéa, *Picea abies*, et le châtaignier, *Castanea sativa*. Chaque arbre fournit à différents niveaux du fût une série d'échantillons d'aubier et une série d'échantillons de bois parfait. Ce matériel fut suivi dans son comportement au séchage en conditions standardisées. Parmi les différentes rythmicités observées et statistiquement confirmées pour trois critères principaux, mentionnons la perte en eau, qui varia chez l'épicéa systématiquement entre les abattages précédant immédiatement la pleine Lune et ceux qui la suivaient (Zürcher *et al.*, en préparation). Ce type de variation est probablement dû non pas à des différences de teneur en eau initiale, mais au fait que les forces liant l'eau à la paroi cellulaire des tissus ligneux seraient sujettes à des fluctuations. Le rapport entre l'eau aisément extractible du bois, désignée comme « libre », et celle extraite en dessous du point de saturation des fibres, ou eau « liée », fluctue en fonction des cycles lunaires, et probablement aussi selon les saisons. Par ailleurs, les rythmicités apparaissent ici encore de manière différente selon les essences.

L'analyse statistique indique de façon inattendue non seulement différents rythmes d'ordre synodique, mais également une rythmicité sidérale marquée. La recherche est donc en mesure de supposer qu'à la base des phytopratiques « lunaires » des forestiers réside un noyau d'observations objectives.

IMPLICATIONS ET PERSPECTIVES

Cet aperçu sur les cycles lunaires décelés dans le monde végétal montre un phénomène réel, qui s'ajoute aux rythmes exogènes principaux d'origine solaire dont l'action est bien connue, au niveau tant jour-

nalier que saisonnier, et, au-delà, en liaison avec le cycle d'activité des taches solaires, variant autour d'une période de onze ans. La Lune module ce rythme exogène principal au niveau horaire, les marées gravimétriques ayant lieu avec deux flux et reflux par jour, ainsi qu'au niveau de la semaine et du mois lunaire, selon le cycle synodique, tropique, sidéral ou anomalistique avec périégée et apogée. Il semble que les rythmes lunaires deviennent apparents lorsque l'influence du Soleil passe en retrait, que ce soit de façon naturelle ou grâce à un dispositif expérimental.

La question se pose de la nature des forces entrant en jeu. En ce qui concerne les rythmes synodique et anomalistique, la force gravitationnelle provoquant les marées est trop faible pour expliquer ne serait-ce qu'une partie des phénomènes lunaires observés au niveau des plantes : elle ne dépasse pas 0,8 dix millionième de la force exercée par la pesanteur sur une masse située à la surface de la Terre (Baillaud, 2004).

Pour le plus grand arbre mesuré en Europe (Klein, 1908), un sapin pectiné *Abies alba* de la Forêt-Noire, de 68 m de hauteur, d'un diamètre de 380 cm, d'un volume de fût de 140 m³, d'un poids de 100 t, la force tidale lunaire représente une traction puis relaxation journalière de 8 g seulement – le poids de deux morceaux de sucre !

Les variations du champ géomagnétique, faibles mais distinctes, d'une période d'un demi-jour lunaire (12 heures 25 minutes), dues aux marées gravimétriques, présentent une situation analogue.

Baillaud (2004) note à juste titre : « En matière lunaire, le sympathisant [...] souhaitera qu'on lui montre quel est le support du lien entre la Lune et l'être vivant et qu'on lui décortique l'enchaînement des phénomènes, ou au moins qu'on lui propose une hypothèse. »

Il paraît évident, comme cela a été mentionné à plusieurs reprises, que ce support n'est autre que l'élément essentiel pour tout processus organique : l'eau. C'est dans ce sens qu'allaient les conclusions de Piccardi (1962), confirmées par Eichmeier et Büger (1969), et de Tromp (1972), comme l'avait souligné le célèbre philosophe et théoricien des sciences autrichien Paul Feyerabend dans *Science in a Free Society* (1978), jugeant aussi en fonction de ses compétences en mathématiques, physique et astronomie.

Déjà, dans les années 1920, des expériences avaient été faites sur les variations de la tension superficielle de l'eau au moyen de tubes capillaires en verre extrêmement fins (Maag, 1928). Elles avaient permis de montrer que des rythmicités lunaires (entre autres tidales journalières) apparaissent à partir d'un certain degré de finesse des capillaires. Entre-temps, il fut constaté que le fait pour l'eau de se trouver dans des systèmes

capillaires, en verre ou organiques comme les cellules végétales (avec leur cavité, mais aussi leur paroi finement poreuse), entraîne une importante modification de ses propriétés; elle peut ainsi rester liquide à des températures allant jusqu'à -15°C (Sparks *et al.*, 2000; voir aussi le chapitre 11, première partie). Il reste à analyser à nouveau l'effet du facteur temps sur ces propriétés essentielles de l'eau au moyen des technologies actuelles.

Une double publication récente en physique théorique due à Dorda (2004), coauteur avec von Klitzing de la découverte de l'effet Hall quantique, couronnée du prix Nobel de physique 1985, propose un nouveau modèle astrogéophysique du rôle de la gravitation pour les processus vivants. Ce modèle intègre les aspects statiques et dynamiques de la gravitation en fonction du mouvement orbital des corps célestes, mène à une « quantisation » de la gravitation et du temps, et démontre un effet réversible, lié d'une part au Soleil et d'autre part à la Lune, sur la structure supramoléculaire de l'eau. Ainsi aboutit-il à la détermination d'états d'agrégation ou de cohérence (*clusters*) réversibles de l'eau, dans un rapport quantitatif d'ampleur considérable, de 1 à 2 200, selon qu'il s'agit de l'interaction Soleil-Terre ou de l'interaction Lune-Terre, cette dernière étant modulée au niveau du jour lunaire, mais également selon la phase croissante/décroissante. Dorda considère que cette fluctuation rythmique de l'eau dans un système à 3 corps célestes constitue l'horloge recherchée jusqu'ici dans les structures organiques. Ce modèle fut validé de façon indépendante à l'aide des mesures expérimentales déjà publiées et interprétées dans ce sens par Cantiani *et al.* (1994), Zürcher *et al.* (1998).

Enfin, Vallée (2004) a mis au point une nouvelle méthode expérimentale permettant de prouver de façon reproductible que les champs électromagnétiques faibles et de basse fréquence ont un effet durable sur l'eau. Ce chercheur met l'accent sur l'importance des interfaces entre l'eau et ses inclusions solides ou gazeuses: un aspect essentiel, puisque l'eau interfaciale joue un rôle fondamental dans le monde organique.

Rossignol *et al.* (1998) soulignent le rôle des phénomènes électromagnétiques liés aux cycles lunaires (polarisation de la lumière, modulation de la longueur d'onde, ionisation de l'atmosphère, pression atmosphérique) et considèrent un lien possible avec l'induction de potentiels bioélectriques au niveau cellulaire.

Pourtant, toutes ces découvertes et interprétations de niveau purement physique n'expliquent pas les différences observées entre certaines espèces végétales vivantes, annuelles ou ligneuses.

Parallèlement à ces hypothèses relevant de la recherche fondamentale, la prise en compte de la chronobiologie lunaire dans le travail de terrain

avec les plantes ouvre des perspectives inattendues, quoique déjà suggérées par certaines pratiques traditionnelles :

- production et sélection végétale respectant la nature fondamentalement rythmique de chaque espèce, ce qui a déjà permis à Martin Schmidt de développer par exemple au cours des années 1944-1964 une nouvelle variété de seigle (Francke, 2001), aujourd'hui cultivée. La méthode tient compte, en plus des rythmicités, de l'emplacement des graines sur l'axe de l'épi, de façon analogue aux « phytopratiques » en régions tropicales (Aumeeruddy et Pinglo, 1989) ;

- reforestations de qualité supérieure, avec des plants robustes face aux maladies, issus de pépinières obtenant des taux élevés de germination, dans la perspective d'une « foresterie et agroforesterie du carbone » (Verchot *et al.*, 2005) ;

- technologie du bois écologique et biocompatible, utilisant des bois résistant à la dégradation grâce à des abattages chronobiologiquement corrects, en cas de confirmation par des recherches sur le long terme ;

- pharmacologie végétale tirant un profit maximum des cycles d'efficacité des principes actifs.

Le fait de considérer le facteur temps comme une composante environnementale essentielle permet de développer des biotechnologies dans le vrai sens du terme, amenant les organismes, ici les plantes et leurs constituants spécifiques, à la pleine expression de leurs potentiels.

- Thuiller W., Richardson D.M. et Midgley G.F. (2007), « Will climate change promote alien plant invasions? » in Nentwig W. (éd.), *Biological Invasions*, Ecol. Stud. 193, Berlin & Heidelberg, Springer-Verlag, p. 197-211.
- Weber E. (1997), « The alien flora of Europe - A taxonomic and biogeographic review », *Journal of Vegetation Science*, vol. 8, p. 565-572.
- Williamson M. et Brown K.C. (1986), « The analysis and modelling of British invasions », *Phil. Trans. of the Royal Soc.*, B314, p. 505-522.

CHAPITRE 13

Les plantes et la Lune : traditions et phénomènes

- Abele U. (1973), *Vergleichende Untersuchungen zum konventionellen und biologisch-dynamischen Pflanzenbau unter besonderer Berücksichtigung von Saatzeit und Entitäten*. Dissertation, Justus Liebig-Universität, Giessen, Inst. für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung.
- Abele U. (1975), « Saatzeitversuch mit Radies », *Lebendige Erde*, vol. 6, p. 223-225.
- Abrami G. (1972), « Correlations between lunar phases and rhythmicities in plant growth under field conditions », *Can. J. Bot.*, vol. 50, p. 2157-2166.
- Aumeeruddy Y., Pinglo F. (1989), *Phytopractices in tropical regions. A preliminary survey of traditional crop improvement techniques*, Unesco/Man and the Biosphere Programme MAB, Institut de Botanique/Laboratoire de Botanique Tropicale, Montpellier. Published by the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 7, Place de Fontenoy, 75700 Paris, 71 p.
- Bagnoud N. (1995), « Rythmicités dans la germination et la croissance initiale de 4 essences ligneuses de la zone soudano-sahélienne », *Essai lunaison*, Groupe de foresterie pour le développement, IER Sikasso, Mali/Intercoopération, Berne, 13 p.
- Baillaud L. (2004), « Chronobiologie lunaire controversée: de la nécessité de bonnes méthodologies », *Bulletin du Groupe d'étude des rythmes biologiques*, 3 (35), p. 3-16.
- Bariska M., Rösch P. (2000), « Fällzeit und Schwindverhalten von Fichtenholz », *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, n° 151 (11), p. 439-443.
- Baumgartner S., Flückiger H. (2004), « Mistelbeeren - Spiegel von Mond- und Sternbild-Konstellationen », *Mistilteinn*, vol. 5, p. 4-19.
- Beeson C.F.C. (1946), « The moon and plant growth », *Nature*, n° 158, p. 572-573.
- Beeson C.F.C., Bhatia B.M. (1937), « On the biology of the Bostrychidae (Coleoptera) », *Indian Forest Record*, n° 2, p. 223-320.
- Bracher R. (1938), « The light relations of *Euglena limosa* Gard. Part 1: The influence of intensity and quality of light on phototaxy », *Journal of the Linnean Society, Botany*, vol. 51, p. 23-42.
- Breda E. (1960), « Untersuchungen von Saatgut- und Nahrungsqualität in Abhängigkeit vom Jahresrhythmus », *Forschungsbericht, Inst. Biol.-dynam. Forsch., Darmstadt* (non publié).
- Brown F.A., Chow C.S. (1973), « Lunar-correlated Variations in Water Uptake by Bean Seeds », *Biol. Bull.*, n° 145, p. 265-278.
- Brown et al. (1954, 1955, 1962, 1965): voir Spiess, 1994.
- Burkard O. (1955), « Einige statistische Versuche zur Piccardischen Fällungsreaktion », *J. Theoretical and Applied Climatology*, vol. 6 (4), p. 506-510.
- Burr H.S. (1944), « Moon-Madness », *Yale Journal of biology and medicine*, n° 16, p. 249-256.
- Burr H.S. (1945), « Diurnal Potentials in the Maple Tree », *Yale J. Biol. and Med.*, n° 17 (6), p. 727-734.
- Burr H.S. (1947), « Tree Potentials », *Yale J. Biol. and Med.*, n° 19 (3), p. 311-318.
- Burr H.S. (1972), « Blueprint for Immortality: The Electric Patterns of Life », Saffron Waldon, Essex, C.W. Daniel Company Ltd.
- Cantiani M. (†), Cantiani M.-G., Sorbetti Guerri F. (1994), « Rythmes d'accroissement en diamètre des arbres forestiers », *Revue forestière française*, n° 46, p. 349-358.
- De Meyer F., Capel-Boute C. (1987), « Statistical analysis of Piccardi chemical tests », *International Journal of Biometeorology*, vol. 31 (4), p. 301-322.
- Dorda G. (2004), « Sun, Earth, Moon - The Influence of Gravity on the Development of Organic Structures. Part II: The Influence of the Moon », *Sudetendeutsche Akademie der Wissenschaften und Künste*, Munich, vol. 25, p. 29-44.
- Edwards L. (1982), *The Field of Form*, Édimbourg, Floris Books.
- Edwards L. (1993), *The Vortex of Life - Nature's patterns in space and time*, Édimbourg, Floris Books.
- Endres K.-P., Schad W. (1997), *Biology of the Moon. Moonperiodicities and Life Rhythms* (en allemand), Stuttgart/Leipzig, S. Hirzel Verlag.

- Eichmeier J., Büger P. (1969), «Über den Einfluss elektromagnetischer Strahlung auf die Wismutchlorid – Fällungsreaktion nach Piccardi», vol. 13 (3-4), p. 239-256.
- Engelmann W. (2004), *Rhythms of Life. An introduction using selected topics and examples*, University of Tübingen.
- Feyerabend P. (1978), *Science in a Free Society*, New York, Doubleday.
- Flückiger H., Baumgartner S. (2002), «Formveränderungen reifender Mistelbeeren», *Elemente der Naturwissenschaften*, n° 77 (2/2002), p. 2-15.
- Francke H. (2001), «Das ährenbeet von Martin Schmidt», *Lebendige Erde*, vol. 3/2001, p. 40-43.
- Fritz J. (1994), «Untersuchungen zum Einfluß des synodischen Mondrhythmus auf das Pflanzenwachstum von Rettich (*Raphanus sativus*) und Efeuaralie (*Fatschedera lizei*)», Witzenhausen (Dipl.-Arbeit), Universität Gesamthochschule Kassel.
- Gerber E., Schmalz K.L. (1948), *Findlinge*, Haupt, Berne, Berner Heimatbücher n° 34.
- Graviou E. (1977), «Variabilité non aléatoire d'un matériel végétal dans ses échanges gazeux et dans sa croissance», *Bulletin mensuel de la Société limnéenne de Lyon*, n° 46 (4), p. 108-112.
- Graviou E. (1978), «Analogies between rhythms in plant material, in atmospheric pressure, and solar lunar periodicities», *International Journal of Biometeorology*, vol. 22 (2), p. 103-111.
- Hofman P.J., Featonby-Smith C.B., Van Staden J. (1986), «The development of ELISA and IRA for cytokinin estimation and their application to a study of lunar periodicity in *Ecklonia maxima* (Osbeck) Papenf», *J. Pl. Physiol*, n° 122, p. 455-466.
- Holzknicht K. (2002), *Elektrische Potentiale im Splintholz von Fichte und Zirbe im Zusammenhang mit Klima und Mondphasen/Electrical potential in the sapwood of Norway spruce (Picea abies L.) and stone pine (Pinus cembra L.) and their relationship with climate and lunar phase*, Universitaet Innsbruck, Naturwissenschaftliche Fakultät, Institut fuer Botanik. PhD-Thesis G0443 Physiol.
- Holzknicht K., Zürcher E. (2006), «Tree stems and tides - A new approach and elements of reflexion», *Schweiz. Z. Forstwes*, n° 157 (2006-6), p. 185-190.
- Innamorati M., Signorini P. (1980), «Ritmi nei vegetali: rilevamento ed analisi», *G. Bot. Italiano*, n° 114 (3-4), p. 124.
- Klein G. (2007), *Farewell to the Internal Clock. A contribution in the field of chronobiology*, New York, Springer, 116 p.
- Klein L. (1908), in Mayer H., *Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage*, Stuttgart - Iéna - New York, G. Fischer, 1977, p. 51.
- Kollerstrom N., Staudenmaier G. (2001), «Evidence for Lunar-Sidereal Rhythms in Crop Yield: A Review», *Biological Agriculture and Horticulture*, vol. 19, p. 247-259.
- Kolisko L. (1927), «The moon and the plant growth» (en allemand), in Wachsmuth G. (éd.), *Gaa-Sophia*, Dornach, Suisse, *Jahrbuch der naturwissenschaftlichen Sektion am Goetheanum*, vol. II, p. 358-379.
- Kolisko L. (1929), «The moon and the plant growth» (en allemand), in Wachsmuth G. (éd.), *Gaa-Sophia*, Dornach, Switzerland, *Landwirtschaft*, vol. IV, p. 84-94.
- Kolisko L. (1934), «The moon and the plant growth» (en allemand), *Mitteilungen des Biologischen Institutes am Goetheanum*, Dornach, Switzerland, n° 1, p. 19-21 et n° 2, p. 17-24.
- Kolisko L. (1935), «The moon and the plant growth» (en allemand), *Mitteilungen des Biologischen Institutes am Goetheanum*, Dornach, Switzerland, n° 3, p. 17-19 et n° 4, p. 3-14.
- Kolisko E. et L. Kolisko (1939 / 1953), *Agriculture of Tomorrow*, Stroud, Gloucester, England, Kolisko Archive, original publication, 1939; Bournemouth 1947. Trad. allem.: *Landwirtschaft der Zukunft*, Meier & Cie, Schaffhausen, Switzerland, 1953.
- Lausi D., De Cristini P. (1967), «Osservazioni sulle variazioni periodiche del contenuto in acido alginico in *Fucus virsoides*», *Nova Thalassia* (Trieste), n° 3 (4), p. 1-16.
- Maag G.W. (1928), *Planeteneinflüsse*, Konstanz, West-Ost-Verlag, 215 p.
- Maw M.G. (1967), «Periodicities in the influences of air ions on the growth of garden cress, *Lepidium sativum* L.», *Canadian Journal of Plant Science*, n° 47, p. 499-507.
- Millet B. (1970), *Analyse des rythmes de croissance de la Fève. (Vicia faba L.)*, (Thèse Ph. D) Ann. Sci. Univ. Besançon, 3^e sér., Bot., n° 8, p. 1-132.
- Milton W.J. (1974), *Exogenous variations in plant (Zea mais) germination and growth in darkness and «constant» temperature, modified by uniform daily rotations*, Dissertation, Northwestern University, Evanston, Illinois.
- Moran Ubidia J. (2003), *Traditional Bamboo preservation methods in Latin America*, Faculty of Architecture and Urbanism, University of Guayaquil, Ecuador.
- Opitz K. (1936), «Über den Einfluss des Mondes auf das Pflanzenwachstum, Z. Pflanzenernährung, Düngung», *Bodenkunde*, n° 41, p. 357-359.
- Palmer J.-D. (1995), *The Biological Rhythms and Clocks of Intertidal Animal*, New York, Oxford University Press.

- Pearse J.S. (1990), «Lunar reproductive rhythms in marine invertebrates: maximizing fertilization?», in Hoshi M. et Yamashita O. (éd.), *Advances in Invertebrate Reproduction*, vol. 5., p. 311-316. New York, Elsevier Science.
- Piccardi G., Cini R. (1960), «Polymerization and the low-frequency electromagnetic field», *J. of Pol. Sci.*, n° 48, p. 393 (1960).
- Piccardi G. (1962), *The Clinical Basis of Medical Climatology*, Springfield, Ill. Charles. C. Thomas Publ.
- Plaisance (1985), *Forêt et Santé. Guide pratique de sylvothérapie*, Saint-Jean-de-Braye, Dangles.
- Popp M. (1933), «Hat der Mond einen Einfluss auf das Pflanzenwachstum? Z. Pflanzenernährung, Düngung», *Bodenkunde*, vol. 11 (4), p. 145-150.
- Popp M. (1936), «Hat der Mond einen Einfluss auf das Pflanzenwachstum? 2. Mitt. Z. Pflanzenernährung, Düngung», *Bodenkunde*, n° 41, p. 348-357.
- Popp M. (1937), «Hat der Mond einen Einfluss auf das Pflanzenwachstum? 3. Mitt. Z. Pflanzenernährung, Düngung», *Bodenkunde*, n° 48 (3/4), p. 133-138.
- Rohmeder E. (1938), «Der Einfluss der Mondphasen auf die Keimung und erste Jugendentwicklung der Fichte», *Forstwissenschaftliches Zentralblatt*, 60. Jhrg Heft, n° 19 (1938), p. 593-603; p. 634-646.
- Rounds H.D. (1982), «A semilunar periodicity of neurotransmitter-like substances from plants», *Physiol. Plantarum*, n° 54 (4), p. 495-499.
- Rossignol M., Benzine-Tizroutine S., Rossignol L. (1990), «Lunar cycle and nuclear DNA variations in potato callus or root meristem», in Tomassen G.J.M., de Graaff W., Knoop A.A. et Hengeveld R. (éd.), *Geo-cosmic relations; the earth and its macro-environment. Proceedings of the First International Congress on Geo-cosmic Relations, April 19-22, 1989, Amsterdam, Pudoc, Wageningen, Pays-Bas.*
- Rossignol M., Rossignol L., Oldeman R., Benzine-Tizroutine S. (1998), *The Struggle of Life - Or the Natural History of Stress and Adaptation*, Grafish Service Centrum Van Gils b.v., Wageningen, Pays-Bas.
- Schmidt C. (1940) (éd.), *Manichäische Handschriften. (95 Erste Kapitel)*, Stuttgart Verlag, Kohlhammer.
- Semmens E. (1923), «Effect of Moonlight on the germination of Seeds», *Nature* vol. 111, p. 49-50.
- Semmens E. (1947), «Chemical Effects of Moonlight», *Nature*, n° 4044, p. 613.
- Seeling U. (2000), «Ausgewählte Eigenschaften des Holzes der Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.), in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Fällung», *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, n° 151 (11), p. 451-458.
- Seeling U., Herz A. (1998), *Einfluss des Fällzeitpunktes auf das Schwindungsverhalten und die Feuchte des Holzes von Fichte (Picea abies) - Literaturübersicht und Pilotstudie*, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br., Institut Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft, document de travail 2-98, 66 p.
- Serres O. de (1600), *Le Théâtre d'agriculture et mesnage des champs*, Paris, Jamet-Métayer, 1400 p.
- Sparks J.P., Campbell G.S., Black R.A. (2000), «Liquid water content of wood tissue at temperatures below 0 °C», *Can. J. For. Res.*, n° 30, p. 624-630.
- Spiess H. (1987), «The question of the effect of cosmic rhythms and constellations» (en allemand), *Lebendige Erde*, Heft, n° 6 (87), p. 305-315.
- Spiess H. (1990), «Chronobiological Investigations of Crops Grown under Bio-Dynamic Management. I. Experiments with Seeding Dates to Ascertain the Effects of Lunar Rhythms on the Growth of Winter Rye (*Secale cereale*, cv. Nomaro), *Biological Agriculture and Horticulture*, vol. 7, p. 165-178.
- Spiess H. (1994), *Chronobiologische Untersuchungen mit besonderer Berücksichtigung lunarer Rhythmen im biologische-dynamischen Pflanzenbau*, Darmstadt, 2 vol.
- Spruyt E., Verbelen J.-P., De Greef J.A. (1987), «Expression of Circaseptan and Circannual Rhythmicity in the Imbibition of Dry Stored Bean Seeds», *Plant Physiol.*, n° 84, p. 707-710.
- Steiner R. (1924), *Agriculture, Fondements spirituels de la méthode biodynamique* (9 conférences), Traduction 1974, Genève, Éditions Anthroposophiques Romandes.
- Triebel J. (1998), *Mondphasenabhängiger Holzeinschlag - Literaturbetrachtung und Untersuchung ausgewählter Eigenschaften des Holzes von Fichten (Picea abies Karst.)*, Diplomarbeit, Institut für Forstbenutzung und Forsttechnik, TU Dresden, 108 p.
- Tromp S.W. (1972), «Possible effects of Extra-terrestrial stimuli on colloidal systems and living organisms», in W. Tromp, W.H. Weihe et Janneke J. Bouma S., *Biometeorology Volume 5 part II, Proceedings of the 6th International Biometeorological congress held at Noordwijk, The Netherlands 3-9 Sept 1972*, Supplément au vol. 16 1972 de l'*International Journal of Biometeorology*.
- Vallée Ph. (2004), *Étude de l'effet de champs électromagnétiques basse fréquence sur les propriétés physico-chimiques de l'eau*, Thèse de doctorat, Université Pierre-et-Marie-Curie (Paris-VI).