

Zeitschrift: Mémoires de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 7 (1941-1943)
Heft: 3

Artikel: Mécanisme et historique des migrations forestières de l'époque tertiaire à nos jours
Autor: Engel, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-287466>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 13.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Mécanisme et historique des migrations forestières de l'époque tertiaire à nos jours

PAR

A. ENGEL

(Mémoire posthume présenté à la séance du 3 mars 1943)

PREFACE

Quelques mois après la mort d'André Engel¹, sa famille nous confiait un manuscrit qu'il avait rédigé dans les dernières années de sa vie. Il consistait en fragments de texte déjà ordonné et en notes nombreuses. Quelques collègues, amis d'Engel, s'intéressèrent à cette étude et furent unanimes à souhaiter son impression dans la collection des *Mémoires de la Société vaudoise des Sciences naturelles*. Et c'est à nous qu'échut la tâche délicate de mettre au point la rédaction de ce manuscrit.

Tâche délicate, car les notes offraient souvent plusieurs rédactions concernant un même problème. Il convenait alors de choisir la meilleure interprétation des faits, de retrouver les sources de la documentation et réduire certains développements, tout en respectant le style de l'auteur.

L'ouvrage repose sur des observations et des données judicieusement choisies et il a été, surtout, longuement pensé.

Engel n'eut pas à sa disposition toute la littérature nécessaire bien qu'il ait cherché les renseignements qui pouvaient appuyer son argumentation. Les récentes acquisitions dues aux analyses polliniques, par exemple, lui eussent procuré d'utiles précisions.

C'est beaucoup dans ses propres observations, dans son expérience et ses connaissances qu'Engel a cherché des confirmations à une hypothèse qui est intéressante et qu'il faut considérer comme telle.

André Engel a publié peu de travaux. Ecrire n'était pas son but et c'est bien sur la demande de ses amis qu'il consentit

¹ Survenue le 2 mai 1942.

à rédiger quelques notes dans le *Journal forestier suisse*, une communication sur la question des exotiques et une Etude sur les méthodes radioscopiques de localisation et de recherche des projectiles de guerre, étude parue quelques mois après sa mort, avec une préface du professeur Dr Decker.

Dans le *Mémoire* que nous présentons ici, nous nous sommes efforcé de laisser à l'auteur l'originalité de ses idées. Pour faciliter la compréhension des hypothèses et la coordination des observations dont il est fait état, M. Elie Gagnebin, qui fut un ami d'Engel, a résumé les conditions géographiques et climatiques aux époques tertiaires et quaternaires et cette mise au point a été intercalée entre la première et la deuxième partie du *Mémoire*.

Dans tout essai de synthèse, un même fait observé peut conduire à diverses interprétations et les déductions d'Engel seront matière à discussion. Il en exprima lui-même le désir et eut sans doute remanié son texte et revu ses conclusions avant de les publier. La mort l'empêcha de nous livrer ses dernières pensées sur son travail.

Partagé entre le désir de rendre à ce naturaliste un hommage posthume et la crainte de lui attribuer des conclusions qui ne sont peut-être déjà plus conformes à ce que les récentes recherches ont établi depuis que ces notes ont été écrites, nous n'avons pas hésité et nous publions aujourd'hui le texte d'Engel en restant fidèle à ses intentions.

Ceux qui connurent ce savant y retrouveront sa tournure d'esprit et le charme de sa pensée scientifique.

Nous exprimons notre gratitude à M. Elie Gagnebin, à M. Necker, gendre d'André Engel, et à M. Jacques Barbey, inspecteur forestier, qui ont bien voulu relire le texte et nous aider de leurs conseils et de leurs encouragements.

Lausanne, mai 1943.

F. COSANDEY.

INTRODUCTION

Les avatars nombreux subis au cours des temps par notre monde ont été marqués, comme chacun le sait, par des modifications profondes de l'écorce terrestre, par des changements considérables dans son relief, dans la répartition de ses continents et de ses mers.

Parallèlement, le monde vivant, animal et végétal, qui peuplait le globe, subissait en tout premier lieu le contre-coup des cataclysmes qui se produisaient alors et se traduisaient principalement par des variations climatiques complètes.

Nous pouvons aujourd'hui, grâce aux découvertes modernes, suivre la chronologie de ces événements et nous représenter, dans certains cas, jusqu'à des âges très reculés, l'aspect d'une région terrestre à telle ou telle période de son histoire, car cette histoire est écrite, parfois avec une précision étonnante, dans les couches géologiques que le passé nous a léguées.

Nous savons ainsi qu'à chacune de ces périodes correspondaient une flore et une faune qui, parfois, semblaient n'avoir plus rien de commun ni dans leur état, ni dans leur répartition, avec celles de l'ère qui les avait précédées.

Il en est de même pour les temps plus rapprochés de nous et, bien que les mouvements provoqués par les différentes phases de l'ère glaciaire soient de moins grande envergure, ils n'en ont pas moins marqué d'une empreinte profonde la vie de nos contrées.

Nos forêts subirent, en particulier, le contre-coup des bouleversements terrestres et des fluctuations du climat de la fin du tertiaire à nos jours.

Tout, dans notre monde forestier, paraît être rentré dans l'ordre, en apparence immuable et serein, qui devait exister avant le fâcheux incident des glaciations. Nous n'en constatons pas moins les effets qu'eurent sur nos forêts les phénomènes glaciaires.

Dès la fin du Tertiaire, quand les premières vagues de froid venant du nord descendirent sur l'Europe et l'Amérique, jetant le désarroi parmi les animaux et les plantes, le sauve-qui-peut fut général. Dans la fuite vers des climats plus cléments, l'exode des forêts prit l'allure d'une véritable migration en masse.

De vastes peuplements se déplacèrent, en un temps « relativement » court, à des milliers de kilomètres de leurs berceaux ou, du moins, de ce que nous aimons considérer comme tels!

On peut retracer leurs routes de migration, parfois jalon-

nées par des témoins à peine fossilisés ou même encore vivants.

On voit nos essences, chassées de leur patrie, envahir des régions nouvelles, y lutter pour leur espace vital, succomber ou s'installer victorieusement... en attendant d'être de nouveau refoulées plus loin ou de reprendre, en sens inverse, la même route peut-être qu'elles avaient suivie quelques milliers d'années auparavant.

Ces déplacements se sont répétés autant de fois que les conditions climatiques se sont modifiées, c'est-à-dire quatre ou cinq fois pendant la période glaciaire proprement dite.

L'ampleur de ces phénomènes nous laisse rêveurs. Si les théories des géographes, des climatologues, des géologues et de tous ceux qui se sont occupés de l'histoire de la terre nous permettent, malgré leurs divergences plus ou moins grandes, de comprendre les origines de ces grands événements, nous sommes moins renseignés sur la manière dont ils se sont produits.

Quels sont, en effet, les agents de toute nature qui, isolément ou en combinant leur action, ont déclenché, activé ou freiné, et, surtout, dirigé ces grands mouvements ?

Quel fut, en un mot, *le mécanisme* des migrations des forêts ?

Cette question reste pour l'instant sans réponse, mais elle est sans nul doute liée aux phénomènes biologiques de notre flore et, particulièrement, à ceux de nos forêts.

Nous verrons par ailleurs qu'il n'existe guère de problèmes, même parmi ceux qui se posent journellement dans la pratique forestière, qui ne doivent être examinés en liaison avec nos connaissances en préhistoire et en paléogénéalogie des essences.

Malheureusement les travaux dans ce domaine extraordinairement complexe sont rares, fragmentaires et disséminés à l'état plus ou moins embryonnaire.

L'attention d'un certain nombre d'auteurs n'a pourtant pas manqué d'être attirée par ces problèmes. Des chercheurs d'élite, parmi lesquels il faut citer en premier lieu P. Guignier¹, le grand maître de la sylviculture française, auquel nous devons de très belles études sur les reliques glaciaires, en ont bien saisi l'importance.

Des allusions, certaines constatations éparses dans son texte,

¹ GUIGNIER : Le sapin en Normandie. *Bull. du Comité des Forêts*, XI, juin 1938.

GUIGNIER : Préface à l'étude de A. BARBEY : Une relique de la sapinière méditerranéenne.

esquissent implicitement la théorie et l'explication des grands mouvements des peuplements forestiers.

Il en est de même de Schenk, forestier allemand, qui, après avoir passé la plus grande partie de sa vie professionnelle aux Etats-Unis, a publié en 1939 un ouvrage très important, remarquable par sa documentation climatologique, où il passe en revue les possibilités d'acclimatation des essences exotiques ¹.

Dans son introduction, il consacre quelques lignes à l'aspect biologique de l'histoire des essences. Elles synthétisent admirablement la philosophie de toutes les questions d'adaptation ou d'acclimatation, spontanées ou non.

D'autres auteurs semblent avoir possédé, consciemment ou inconsciemment, ces notions qui apparaissent dans leur argumentation.

Mais, soit qu'ils n'aient voulu sortir du cadre de leur travail, soit, encore, qu'ils aient jugé que tout ce qu'on pouvait dire à ce sujet « allait de soi », et, de ce fait, ne valait pas d'être développé, ces auteurs « initiés » n'ont pas poussé leur étude dans le sens purement matériel et mécanique du problème.

Il en est de même, a fortiori, de la majorité des auteurs « non initiés » qui traitent des sujets théoriques ou pratiques les plus variés, sans se douter de l'importance et de la place qu'y tient l'influence de l'origine lointaine des essences.

Ils passent sous silence le côté historique de la formation de nos peuplements, les faits qui ont présidé à leur répartition et à leur prospérité et ceux qui ont pu provoquer leur déchéance et même la disparition des essences qui les composent.

C'est ainsi que dans le « Traité de Science forestière », sous la signature de A. Schwappach, chargé de la rédaction de la partie historique de cet important ouvrage ², nous trouvons en tout et pour tout *six lignes* consacrées à la préhistoire de la forêt allemande en général et une étude sommaire d'une page et demie sur la dispersion des essences, depuis la fin du Quaternaire jusqu'à nos jours.

Ses conclusions peuvent se traduire ainsi : « La forêt (allemande) a toujours été telle qu'elle est aujourd'hui; sa composition, sinon sa répartition, n'a, en aucune façon, changé depuis la fin du Tertiaire. »

La grande masse des auteurs s'en tient à ce leitmotiv qui glorifie la fixité, la continuité et l'immutabilité de la forêt,

¹ C.-A. SCHENK : *Fremdländische Wald- und Parkbäume*. Paul Parey, Berlin.

² WEBER : *Forstwissenschaft*. P. Parey, Berlin 1927, vol. IV, p. 1.

de l'essence et de la race, idées renforcées encore plus récemment, par les notions d'optimum, d'équilibre idéal et de climax, comme si, dans la nature où tout n'est que mouvement et perpétuel changement, il y avait place pour une telle immutabilité !

On admet bien qu'il s'est passé quelque chose appelé la période glaciaire, mais ne fut-ce pas là qu'un seul accident !

Les forêts furent refoulées par le froid et surtout par les glaciers en des lieux abrités en attendant le retour de la chaleur qui leur permit de regagner leur habitat antérieur dans le nord et sur les flancs des montagnes. Tout cela paraît simple !

Mais *comment* telle essence, originaire des régions arctiques, a-t-elle pu s'installer aux confins du Sahara ? Comment telle autre essence se trouve-t-elle aujourd'hui cantonnée (dans son optimum, s'il vous plaît !) sur les flancs ou les sommets de montagnes qui, si nous en croyons les géologues, n'existaient certainement pas à la fin du Tertiaire ?

Comment et pourquoi telle essence, autrefois abondamment représentée dans nos forêts, a-t-elle radicalement disparu, tandis que telle autre, exposée aux mêmes dangers, a pu se maintenir en vie ?

Il est curieux de constater l'indifférence des auteurs devant ces questions.

Il existe bien là une lacune qu'il serait utile de combler et c'est le but que je me suis efforcé d'atteindre dans cette étude.

J'ai réuni, à cet effet, tous les documents qu'il m'a été possible de trouver et dont certains m'avaient déjà frappé au cours de l'excursion dans le passé lointain de nos forêts que j'avais entreprise, il y a quelques années, pour la préparation d'un article paru dans le *J. F. S.*¹.

Ces documents, ajoutés aux observations et réflexions faites au long de ma carrière de naturaliste, permettent, me semble-t-il, de poser quelques jalons, d'émettre quelques hypothèses en vue de formuler une théorie sur le mécanisme de la migration des essences et même d'en tirer déjà quelques enseignements utiles au sylviculteur.

Ces hypothèses, cette théorie, n'ont la prétention d'être ni absolument originales, ni définitives. Un grand nombre de problèmes qui se trouvent posés demandent à être revus et approfondis. Je laisse ce travail aux jeunes naturalistes et, si ces lignes peuvent inciter quelqu'un d'entre eux à reprendre l'une ou l'autre des questions que j'ai soulevées, je considérerai que mon but aura été atteint.

¹ A. ENGEL : La question des Exotiques *Journal forest. suisse*, 1938, N° 3 et 4.

PREMIÈRE PARTIE

Le mécanisme de la migration.

Nous devons considérer tout d'abord le côté purement physique et mécanique des transformations du monde forestier.

Les données que nous pourrions tirer de cet examen nous permettraient de mieux dégager l'enchaînement des faits épars que nous connaissons et de tenter d'établir l'histoire des migrations, au moins en ce qui concerne quelques essences.

1. *Mode de migration des forêts.*

Une question se pose : Comment une forêt peut-elle émigrer ?

Qu'une forêt constitue un peuplement pur ou qu'elle soit un mélange de plusieurs essences, elle représente un tout éminemment stable, que seul un événement cataclysmique de très grande amplitude pourrait à la rigueur déplacer en bloc. Un tel phénomène est théoriquement possible et a dû même se produire (soulèvement ou dérive d'aires continentales, par exemple).

Mais ces déplacements ne peuvent être que solidaires de celui de l'entourage et n'ont rien à faire avec les *migrations* où nous voyons, au contraire, des peuplements entiers transportés hors des aires qu'ils occupaient.

Or, il est un principe que nous pouvons considérer comme à peu près absolu : *l'arbre meurt où il est né.*

En tant qu'individu ou tige, son déplacement naturel ne peut à la rigueur se produire que comme tout petit brin, drageon ou plantule, arraché accidentellement du sol et arrivant, par suite de circonstances particulièrement heureuses, à reprendre racine à une distance relativement modeste de son point de germination.

Une telle « transplantation » naturelle est donc chose possible. Elle ne peut guère, toutefois, se produire que dans des conditions exceptionnelles et pour un nombre d'essences très limité (Peuplier, Saule, par exemple).

Elle est en tout cas exclue pour la plupart de nos grandes essences forestières et, particulièrement, pour les résineux.

Pour ces raisons et pour d'autres encore sur lesquelles nous aurons l'occasion de revenir, nous pouvons éliminer ce mode de propagation qui ne peut avoir joué un rôle notable dans les phénomènes qui nous occupent.

Si l'arbre enraciné ne peut se déplacer, il n'en est plus de même de ses graines. Celles-ci peuvent être entraînées au loin par des véhicules les plus divers et donner naissance à de petits groupes ou massifs capables de vivre, de se développer et, une fois arrivés à maturité, de devenir, à leur tour, le point de départ d'une nouvelle progression.

Cette propagation par graines s'effectuant de proche en proche, par étapes¹ plus ou moins grandes, est la seule qui ait pu jouer un rôle réellement sérieux dans la migration des forêts. Il convient donc d'en examiner soigneusement les agents.

La pesanteur. a) *Agents physiques.*

La simple pesanteur tend à faire progresser la forêt, surtout lorsque ses effets sont renforcés par la pente du terrain. A elle seule, elle ne peut avoir qu'une influence très limitée et qui tendrait toujours à ramener les massifs vers des bas-fonds d'où ils ne pourraient plus sortir.

Le vent.

Chacun a pu voir des champs laissés en friche en bordure d'un bois se couvrir en peu d'années de jeunes semis, parmi lesquels on trouve bientôt les représentants de la plupart des essences formant le peuplement voisin. Ces semis, généralement très serrés aux abords immédiats de la forêt, s'éclaircissent rapidement et deviennent de plus en plus rares lorsqu'on s'en éloigne à plus de 40 à 50 mètres.

Nous verrons, cependant, que les vitesses de ce déplacement sont, d'une manière générale et en ce qui concerne les essences forestières, insuffisantes pour en assurer le sauvetage.

Les glands, les fâines, etc., sont trop lourds pour que le vent puisse les porter assez loin et que son action soit vraiment utile.

Tout au plus, ce facteur éolien peut-il jouer pour des semences très légères d'essences disséminées, telles les peupliers, les saules et, à la rigueur, pour les samares de frênes et les graines ailées de certains résineux.

Pour les massifs forestiers, il faut donc encore chercher autre chose.

Les glaciers et les moraines.

Certains géobotanistes ont assigné un rôle important aux glaciers et aux moraines dans le transport de la flore al-

¹ Terme que j'emprunte à GUINIER : « La Sapaie normande ».

pestre. Ce facteur ne peut avoir été que tout à fait insignifiant en ce qui concerne les arbres. Il n'a pu jouer qu'exceptionnellement et dans le même sens que la pesanteur (voir ci-dessus).

Les déplacements ont dépassé de beaucoup les limites des marges morainiques; ils ont porté sur des distances huit à dix fois plus grandes et cet argument suffit à éliminer les glaciers et moraines comme facteurs efficaces.

L'eau.

Ce facteur a pu jouer un rôle important qu'il ne faut cependant pas exagérer.

De tous les véhicules envisagés jusqu'ici, c'est certainement celui qui est le plus susceptible de faire subir à une graine le déplacement le plus considérable. Les ruisseaux et les torrents d'abord, les grandes rivières ensuite, transportent les semences à des centaines de kilomètres de leur lieu d'origine. Certaines de ces graines se déposent sur les berges hospitalières des fleuves et des lacs où elles pourront germer, s'enraciner et devenir des arbres. Ceux-ci, arrivés à maturité, seront le point de départ d'une nouvelle étape.

Il est permis de considérer comme possible le transport d'une graine fertile par les courants marins, d'une rive à une autre. Quant à apprécier à quelle distance ce transport peut se faire utilement, c'est une autre question au sujet de laquelle il serait intéressant de trouver des documents.

Il faut toutefois tenir compte de ce que l'action de l'eau ne peut être utile et ne peut contribuer réellement à la migration que si le sens général du courant se produit dans une direction favorable, c'est-à-dire s'il coïncide avec celle de la migration.

Celle-ci ne pourra se produire qu'à partir du moment où les avant-gardes d'une forêt auront pénétré dans un bassin hydrographique dont les cours d'eau seront aptes, par leur sens d'écoulement, à entraîner les graines *en avant*. Tant que ce point ne sera pas atteint, les graines seront, au contraire, ramenées constamment en arrière, dans des régions devenues ou tendant à devenir inhabitables.

Loin de favoriser la migration, les cours d'eau la retarderont alors et contribueront, pour un temps, tout au moins, à la destruction d'une ou de plusieurs espèces.

La migration des essences résultant des grands changements climatiques, a été marquée par des avances et des reculs assez nombreux. Si elle ne disposait que du seul véhicule hydrique, son mouvement aurait été affecté dans un sens ou

dans l'autre, accéléré ou retardé, autant de fois que le peuplement aurait eu à aborder un nouveau bassin fluvial.

L'eau n'a donc pu favoriser que temporairement les migrations des forêts qu'elle seule n'aurait jamais pu mener à bonne fin.

Il en est de même, probablement, de tous les facteurs d'ordre inorganique. C'est donc le domaine biologique qu'il faut explorer pour trouver l'explication de ce qui s'est passé et la manière dont a pu s'accomplir le sauvetage de nos forêts vouées à la destruction, autant par les vagues successives de froid et de glaces descendant du pôle, que par les reflux de chaleur qui les suivirent.

b) *Agents biotiques.*

Nombreux sont les animaux qui transportent, plus ou moins loin, des graines de toutes sortes. Parmi les Mammifères, nous n'en trouvons, cependant, aucun qui semble avoir pu jouer un rôle sérieux dans le processus des migrations. Si les écureuils, les loirs, les campagnols, etc., véhiculent une grande quantité de faines, glands et autres semences forestières, ils ne vont jamais à une distance considérable et se dirigent plutôt vers l'intérieur des massifs. Ils ne contribuent donc guère à l'agrandissement de ceux-ci.

Les oiseaux granivores offrent, par contre, des possibilités de transport considérables.

Il en est, cependant, très peu qui soient susceptibles de porter au loin une grande masse de graines. On en peut compter en tout et pour tout, une demi-douzaine d'espèces, au maximum, dont deux ou trois seulement ont dû accomplir presque toute la besogne, les autres n'ayant pris qu'une part insignifiante à cette aventure. Mais n'est-il pas merveilleux que ce soit à ces quelques oiseaux que revienne tout l'honneur d'avoir, en accomplissant un travail gigantesque, sauvé nos forêts menacées d'une destruction quasi-certaine.

Pour que des oiseaux puissent intervenir *utilement*, il est nécessaire qu'ils soient granivores (mais qu'il ne broient pas les semences sitôt après leur absorption), migrateurs, et que leur taille soit suffisante pour leur permettre d'absorber une certaine quantité de graines forestières, glands, faines, châtaignes, etc. La taille influencera également la puissance de vol en permettant à l'oiseau d'accomplir de plus grandes étapes en un temps moindre.

L'efficacité de transport sera naturellement proportionnelle au nombre des oiseaux migrateurs. Les étourneaux représenteraient, sous ce rapport, des auxiliaires excessivement précieux

si leur diète s'accordait à ces fonctions spéciales, ce qui n'est malheureusement pas le cas !

Nous pouvons considérer que les espèces jouant un rôle important dans les migrations se rattachent, à quelques exceptions près, aux groupes suivants :

Les Corvidés, qui sont, en général, friands de fruits et de graines forestières, noix et amandes de tout genre, qu'ils accumulent en grande quantité dans leur jabot, soit pour les consommer plus tard tranquillement, à l'abri de leurs ennemis, après les avoir dégorgés, cassés ou décortiqués, soit pour les entasser en quelque cachette, comme provision d'hiver. La corneille noire disperse ainsi beaucoup de noix. Le geai en fait autant et assure, en outre, le transport au loin de châtaignes et de glands. Le casse-noix, de son côté, fait dans les Alpes une grande consommation de noisettes et, surtout, d'amandes de Pin (*P. Cembra*) qu'il contribue ainsi à disperser au loin.

Les Turdidés, parmi lesquels les grives draines et litornes méritent seules d'être mentionnées, car elles ne propagent, heureusement, pas que le gui. Si elles ne semblent pas contribuer beaucoup à la dispersion des feuillus, elles jouent certainement un rôle dans celle des résineux et apportent ainsi une aide sérieuse au facteur éolien qui, à lui seul, n'aurait pas suffi à assurer le sauvetage de nos conifères.

Les Colombidés, enfin, dont les ramiers et, dans des proportions plus modestes, le pigeon Colombia et le Bizet, se nourrissent en automne de glands et de fâines et en font une consommation énorme.

Les ramiers deviennent, de ce fait, étant donné les vols immenses qu'ils constituent à l'arrière-saison, les principaux propagateurs du hêtre. On ne se représente pas, dans nos régions en marge des Alpes, où, pourtant, les ramiers ne sont pas rares, le nombre vraiment fantastique de ces oiseaux qui traversent au printemps ou en automne les régions de l'Europe occidentale.

Quand nous apercevons dans nos bois du Jura un vol que nous pouvons estimer à quelques centaines ou à quelques milliers d'individus, nous parlons d'un vol énorme. Quel qualificatif réserver alors à ceux qui s'abattent en automne sur les grandes forêts du centre et de l'ouest de la France ?

S'agit-il de 50, de 100, de 150 mille individus ? Tout ce qu'on peut dire, c'est que le ciel peut être réellement obscurci par leur passage et que leur envol, en forêt, produit un bruit comparable à un roulement de tonnerre. On peut se faire une idée de la masse de graines absorbées par ces oiseaux !

Le rôle du ramier (et des oiseaux, en général) est particulièrement intéressant en ce qu'il ne favorise la migration des graines que dans un seul sens, du nord vers le sud, *dans le sens de fuite des forêts*. Le ramier a donc dû aider à évacuer très rapidement les peuplements de hêtre vers les limites méridionales de ses isothermes. Par contre, il n'a plus été à même de rendre le même service pour le rapatriement de cette essence, parce qu'au moment où il effectue son voyage de retour, vers le nord, il ne trouve plus de fâines à terre. Ce petit fait suffit, peut-être, à expliquer le retard mis par le hêtre à reprendre parmi les peuplements de l'Europe centrale et septentrionale sa place initiale.

Fréquemment, en cas d'alerte, par exemple, un de ces oiseaux dégorge et laisse tomber au cours de son vol, quelques-unes des graines emmagasinées dans son jabot. Que ceci se passe loin de la forêt, dans un endroit propice, un coin de terre en friche, une haie ou des broussailles constituant quelque abri, voilà les graines en état de germer, de s'enraciner et de devenir bientôt des arbres capables de fructifier à leur tour.

Ces installations peuvent se faire très loin des arbres d'où les graines sont issues, surtout si l'oiseau transporteur est un ramier, dont le vol est soutenu et très rapide. Mais que l'oiseau se fasse prendre au cours de son déplacement par un vautour ou un faucon pèlerin, ce n'est plus une ou deux graines, mais tout le contenu de son jabot, avec peut-être plus de cent fâines, qui sera répandu sur le sol, dispersé et susceptible de former un bouquet d'arbres. Un seul pied suffira, d'ailleurs, à créer un relai.

C'est ainsi qu'on trouve aujourd'hui, à des kilomètres de la forêt, des semis dont l'avenir n'est menacé que par l'homme, mais qui, aux temps lointains où se produisirent les événements que nous étudions, n'étaient guère exposés à ce danger.

Il est difficile d'apprécier la distance maxima à laquelle des graines peuvent être « utilement » transportées. Elle est considérable pour le ramier dont les étapes sont longues, à raison de 80 à 100 km. à l'heure. Elle est bien moindre pour le geai dont le vol est plus lent et moins soutenu et qui voyage par petits groupes interrompant continuellement leur route pour se livrer à de longues jacasseries.

Pour les graines à coque épaisse, que l'oiseau doit dégorger et casser avant de procéder à leur déglutition définitive (véritable processus de ruminant), la distance de transport dépend de la puissance du vol et de la nécessité pour l'oiseau de s'arrêter et de se reposer.

Pour les graines qui sont digérées progressivement au cours du voyage, sans dégorgeement préalable (oiseaux à estomac musculaire et broyeur), la durée utile de leur transport est limitée au temps où leurs facultés germinatives sont détruites par le processus de la digestion. Celui-ci, cependant, n'attaque pas en même temps toutes les graines qui sont empilées de bas en haut dans le tube digestif. Les graines descendent progressivement comme les grains de café dans l'engrenage d'un moulin. Seules les plus avancées qui ont pénétré dans l'estomac proprement dit sont broyées ou altérées par les sucs gastriques, tandis que la provision qui se trouve dans les parties supérieures du tube digestif reste absolument intacte pendant plusieurs heures.

On peut estimer approximativement et sans grand risque d'exagération, la distance de transport aux chiffres suivants :

geai: maximum 15 à 25 km à l'heure, moyenne 5 à 15 km;
ramier: maximum 50 à 100 km à l'heure, moyenne 50 à 60 km.

Il serait fort utile de posséder des données plus précises à ce sujet et des recherches dans ce sens seraient certainement intéressantes. Malheureusement, vu la grande dissémination de toutes nos essences, le contrôle direct ne peut donner que rarement des résultats probants. Je n'ai, quant à moi, pu faire qu'une seule observation digne d'intérêt. Je la citerai, malgré les réserves que l'on doit opposer à un pareil témoignage, faussé peut-être par des causes diverses et quelquefois bien imprévues.

Séjournant à différentes reprises au cours de ces dernières années dans le petit massif du Dürren Schoeberl, en Styrie, à une altitude de 1600 à 1700 mètres, je fus étonné de voir, dans la zone supérieure de la forêt, un assez grand nombre de brins de semis de jeunes aroles (*P. Cembra*), alors que dans la région que j'avais pourtant parcourue en tous sens ne se trouve aucun arbre adulte, aucun porte-graine de cette essence. Le forestier chez lequel je logeais et que j'interrogeai à ce sujet, me répondit sans hésitation que les graines étaient apportées par les Casse-noix (*Nucifraga caryocatactes*) et provenaient du massif du Tauern dont nous pouvions voir les premiers contreforts à 25 km, tandis que les vraies stations d'aroles se trouvaient à quelque 50 km, à vol d'oiseau, du point où nous nous trouvions.

Voici donc une distance de transport de 25 km au moins pour un oiseau très voisin du geai et dont le vol n'est pas considéré comme particulièrement puissant. Je pense que nous n'exagérons pas en admettant des distances de transport va-

riant de 3 à 10 km pour le geai et pouvant atteindre 100 ou 150 km pour les espèces à vol rapide.

Cela ne représente encore qu'un premier jalon, la création d'un îlot, d'une étape.

Les arbres isolés ou par groupes vont grandir, fructifier et devenir le point de départ d'un nouveau bond en avant. Le mouvement, une fois amorcé, continuera automatiquement de génération en génération, tant que les conditions que nous examinerons plus loin se trouveront réalisées.

L'âge auquel les arbres donnent des graines fertiles est très variable, non seulement d'une espèce à l'autre, mais encore selon les conditions où ils vivent. En admettant une moyenne plutôt basse, de 50 ans pour nos grandes essences forestières, nous restons probablement au-dessous de la réalité.

En utilisant cette moyenne et les distances auxquelles les graines peuvent être emportées, nous pouvons établir un premier tableau des vitesses que la migration des forêts a pu atteindre.

Temps	Chute directe au sol	Transport lointain par le vent ou les oiseaux			
	A	B	C	D	E
Première étape	50 m	1 km	10 km	25 km	50 km
Après un siècle	100 m	2 km	20 km	50 km	100 km
Après 1000 ans	1000 m	20 km	200 km	500 km	1000 km
Après 10000 ans	10000 m	200 km	2000 km	5000 km	10000 km
Moyenne annuelle	1 m	20 m	200 m	500 m	1 km

Ces chiffres ne peuvent être, évidemment, que très approximatifs. Ils sont cependant intéressants.

Les distances portées en A et B sont notablement insuffisantes pour s'accorder, comme nous le verrons plus loin, aux conditions qui, seules, ont pu permettre la migration des essences.

On peut admettre que les chiffres indiqués en C et D sont d'un ordre de grandeur compatible avec les hypothèses émises quant à la durée des périodes glaciaires.

En E, nous avons des distances parfaitement possibles; il n'est pas nécessaire de les utiliser pour notre argumentation.

2. Action des changements de climat sur la migration des forêts.

Nous voici donc fixés sur la manière dont un massif forestier se déplace, non pas comme tel, mais sous forme de gé-

néralions nouvelles, issues de graines disséminées par divers véhicules.

Mais cela ne nous explique en aucune façon comment ce mouvement peut acquérir une direction déterminée et être canalisé vers un but paraissant parfaitement défini. En effet, une forêt abandonnée à elle-même tendrait simplement à s'accroître dans toutes les directions, indéfiniment, tant qu'elle se trouverait dans des conditions biologiques qui lui conviennent.

Comment cette extension, en tous sens et sans but apparent, a-t-elle pu prendre une direction? Quelles sont les causes qui, après l'avoir provoquée, lui ont imprimé un caractère qui peut paraître presque raisonné?

Est-ce simplement le hasard qui a poussé nos peuplements dans leurs allées et venues, dans ces avances et reculs qui rappellent étrangement dans certains cas, celles des peuples barbares se jetant à la recherche d'un « espace vital » ou les pérégrinations du peuple d'Israël?

Nous devons écarter, a priori, toute idée de force directrice comparable à un tropisme agissant d'une manière mystérieuse pour diriger les graines dans un sens favorable à l'existence de l'espèce.

Rien de tel ne peut exister. Pourtant nous sommes devant un fait dont nous devons chercher l'explication.

En serrant la question de très près, nous nous rendons compte que le hasard a dû jouer un rôle dans ces phénomènes, mais que ceux-ci, cependant, ont à leur base des *changements de climat*, causes initiales de tous les bouleversements survenus au cours des âges.

Pour bien comprendre les répercussions que peut avoir un changement de climat sur les peuplements forestiers d'une région, il faut toujours partir du fait que l'aire naturelle d'une essence est toujours nettement limitée par deux isothermes, dont l'une marque le maximum, l'autre le minimum de température compatible avec sa vie.

Ces lignes suivent approximativement les parallèles géographiques (degré de latitude), mais comportent naturellement de nombreux décrochements, poches, îlots ou enclaves s'avancant soit dans la direction du pôle, soit dans celle de l'équateur. Ces déviations sont dues à des causes très diverses: altitude, proximité de l'Océan, continentalité, etc., qu'il ne nous appartient pas de rechercher en détail; nous aurons d'ailleurs l'occasion de revenir sur l'une ou l'autre d'entre elles.

Théoriquement, l'aire d'une essence devrait donc se présenter sous forme d'un ruban sinueux et irrégulier, faisant tout le tour d'une des calottes hémisphériques. En fait, cela ne

peut se produire, ne serait-ce qu'à cause des interruptions intercontinentales. On peut néanmoins, en établissant les limites d'un genre, constater que cette notion est en partie confirmée par l'extension des aires, beaucoup plus grande dans le sens Est-Ouest, que dans le sens Nord-Sud.

Bien entendu, le climat comporte d'autres éléments que la température, mais celle-ci est et reste déterminante. Négligeons donc pour l'instant, et pour ne pas compliquer notre problème, les facteurs, pourtant très importants en biologie végétale, qui résultent de l'humidité de l'air et du sol, des propriétés physiques ou chimiques de ce dernier, de l'insolation, etc.

Pour concrétiser notre pensée, prenons, par exemple, dans une région déterminée assez étendue, l'aire d'une essence donnée. Cette aire peut être divisée, en gros, en trois zones, en allant, pour notre hémisphère, du nord au sud:

a) Zone froide, relativement à l'essence, où celle-ci est encore capable de végéter et de se maintenir, sa vitalité allant en s'atténuant vers la limite nord.

b) Zone tempérée, dans laquelle l'essence trouve ses conditions d'existence les plus favorables. C'est en général dans la partie médiane ou moyenne de cette zone que nous avons ce que nous appelons « l'optimum » de l'espèce, où ses représentants possèdent les plus belles proportions et forment les meilleurs peuplements.

c) Zone chaude, où les conditions biologiques deviennent de nouveau moins bonnes et où la prospérité des peuplements diminue rapidement à mesure qu'on s'approche de la limite sud.

Qu'une vague de froid descende du nord et progresse lentement, elle atteindra en premier lieu la zone froide où les conditions déjà difficiles pour l'existence de l'essence considérée deviendront de plus en plus précaires. Il en sera d'ailleurs de même pour les autres plantes formant la flore de cette région dont les exigences sont généralement très voisines. Petit à petit, toutes les essences et les plantes qui ne s'y trouvaient déjà pas à l'aise seront détruites.

La zone b), celle de l'optimum, sera atteinte presque simultanément par l'abaissement de la température. Les conditions de vie y deviendront moins bonnes et se rapprocheront bientôt de celles qui existaient au début dans la zone a). Les arbres qui s'y développaient normalement dépériront et le peuplement tout entier tendra à s'étioler et à prendre un aspect de mauvais augure.

En zone c), par contre, l'inverse se produira. La température s'y abaissera et les conditions de vie se rapprocheront

de celles de l'optimum. Le développement des arbres y sera favorisé et les peuplements entiers deviendront plus denses et plus vigoureux.

Mais l'évolution continuera. La zone *b*) connaîtra, à son tour, le sort de la zone *a*). La zone *c*), après une plus ou moins longue période de prospérité, passera graduellement à un état moins brillant et sa végétation dépérira comme auparavant celle du nord.

L'essence serait condamnée à disparaître, si le refroidissement progressif ne créait ailleurs pour elle des possibilités nouvelles.

Au moment où le froid envahissait la zone *a*) et y détruisait tout, ses effets se faisaient déjà sentir au delà de la limite sud de l'aire primitive. Une zone que nous pouvons appeler *d*) s'ouvrira à la suite de la zone *c*), vers le sud.

Le climat de cette nouvelle zone *d*) était jusqu'alors trop chaud pour que l'essence qui avait son optimum en *b*) puisse y vivre. Mais une fois qu'il s'y sera produit un abaissement de température proportionnel à celui qui a atteint les zones *a*), *b*), *c*), elle deviendra à son tour habitable. Les émigrants qui lui parvenaient précédemment sans chances de succès, pourront dès lors y prendre pied et coloniser.

Le mouvement continuera ainsi, tant que durera le changement de climat. Aux zones *b*), *c*), *d*), succéderont des zones nouvelles, *e*), *f*), *g*), etc., chacune assumant à son tour le rôle que sa voisine immédiate du nord tenait dans l'aire en déplacement.

Que la vague de froid s'arrête, tout se stabilisera. Les peuplements reprendront leur tendance normale à s'élargir en toutes directions, dans les limites de leurs isothermes.

Si, au contraire, après une période stationnaire, le climat se réchauffe, le mouvement reprendra, en sens inverse et selon les modalités identiques à celles qui ont présidé au déplacement nord-sud.

Tel est, en principe, le processus du « refoulement » dans le sens des vagues thermiques. A la destruction des peuplements correspond l'ouverture de nouveaux espaces vitaux.

Disons encore que pour une réalisation de la migration, il est indispensable que l'avance du froid (ou de la chaleur) soit moins rapide que l'allure à laquelle la forêt pourra se déplacer. Il est évident qu'un abaissement ou une élévation plus rapide de la température bouleverserait les conditions d'adaptation progressive des éléments forestiers que les essences auraient pu envoyer en avant en ne leur laissant pas le temps

de former des relais et de nouvelles générations. L'essence serait infailliblement détruite¹.

Nous devons admettre que les changements de température ont constitué la cause initiale des migrations. Ils ont déclenché le mouvement selon le mécanisme que nous venons de décrire et lui ont imprimé sa direction générale qui a été en principe pour nos régions, nord-sud et sud-nord.

3. *Obstacles à la migration des forêts.*

La migration ne s'est cependant pas produite suivant cette direction, en quelque sorte unique. Elle s'est accomplie par des méandres et des voies fort tortueuses. Nous avons donc cherché à établir les causes qui ont pu amener des déviations latérales et nous n'avons pu envisager qu'une explication, l'existence de *barrières*.

Comme nous allons le voir, celles-ci peuvent être de natures très diverses, avoir un effet plus ou moins marqué, allant du simple retard à l'arrêt complet des peuplements en marche, selon la hauteur, la largeur et la profondeur de l'obstacle qu'elles constituent.

Une cause de déviation et même d'arrêt des courants migratoires peut tenir au climat lui-même. Le front d'une vague de froid n'est en effet jamais tout à fait rectiligne. Il peut offrir des poches, des tourbillons agissant dans le sens latéral, capables de couper, parfois, la route d'une colonne d'arbres en marche.

La migration pourra rencontrer une région particulièrement aride ou désertique qu'elle sera incapable de franchir.

Une autre barrière peut résulter du fait d'un changement complet de la nature physique ou chimique du sol qu'une colonne rencontre sur son passage. Il est évident que l'extension d'un peuplement d'une espèce éminemment calcifuge ne pourra continuer si elle arrive aux confins d'une région dolomitique ou karstique.

¹ La question de la survivance ou de la disparition des essences qui ont peuplé l'Europe à la fin du Tertiaire, pose une série de problèmes dont l'intérêt pénètre quelquefois le domaine pratique. Il est à peine besoin de dire que la plupart de nos essences actuelles ont été sauvées grâce à la rapidité de leur fuite. Mais pourquoi d'autres espèces, jadis nombreuses et prospères en Europe et qui seraient parfaitement en état de peupler aujourd'hui les régions au moins les plus tempérées, ont-elles disparu du continent eurasiatique, alors qu'en Amérique, elles ont pu effectuer leur retraite dans de bonnes conditions?

Nous ne pensons pas aux essences tropicales ou subtropicales dont les exigences sont incompatibles avec nos conditions climatiques actuelles, mais aux séquoias, qui n'ont laissé chez nous que des souvenirs fossiles et aux nombreux cupressidés dont une seule espèce a survécu.

Nous aurons l'occasion de revenir sur ce sujet dans le chapitre suivant.

L'obstacle le plus important aux yeux de certains auteurs ayant examiné la question plus ou moins superficiellement est représenté par des chaînes de montagnes étendues et élevées. On doit admettre que le facteur orographique a joué un rôle de premier plan, mais il ne faut pas perdre de vue que tout massif montagneux peut être contourné et souvent survolé par les oiseaux migrateurs. Le rôle de la barrière alpine, souvent difficile à éclaircir, a été important et nous aurons à lui consacrer une place spéciale. Nous verrons que ses effets ont pu être surprenants et très différents de ceux qu'on lui attribue en général.

Il en est de même pour les grandes nappes d'eau, les bras de mer, les lacs et marais étendus qui ont pu couvrir une partie de l'Europe centrale ou occidentale pendant l'une ou l'autre période de la migration et créer des obstacles de première grandeur.

Enfin, citons encore, pour être aussi complet que possible, la préexistence de massifs forestiers importants pouvant arrêter ou tout au moins retarder considérablement l'avance d'une essence. Dans ce cas, il y aura lutte entre les envahisseurs et les premiers installés, lutte qui se terminera par la victoire de l'un ou de l'autre, ou par l'établissement d'une sorte d'équilibre permettant leur coexistence.

Quelle que soit la nature d'une barrière considérée, celle-ci peut constituer, suivant les cas, un obstacle absolu ou n'être qu'une cause de retard quelquefois sans conséquences graves, mais qui peut, dans d'autres cas, prendre des proportions désastreuses.

Un obstacle est absolu dès qu'il ne peut être survolé en une seule étape par les oiseaux migrateurs ou qu'il ne pourra être contourné assez rapidement par l'essence en migration.

Si celle-ci trouve, par exemple, la route du sud barrée, elle s'étalera automatiquement vers l'est ou vers l'ouest jusqu'à ce qu'elle trouve une brèche, un col ou un défilé, s'il s'agit de montagnes, un chaînon d'îles s'il s'agit d'une mer, qui lui permette de reprendre sa direction primitive. Mais tout détour représente une perte de temps. Que le retard soit assez grand pour permettre à la vague de froid d'atteindre ou, même, de dépasser le peuplement en fuite, il devient fatal.

Les risques de retard varieront d'essence à essence, étant donné les différences des âges auxquels elles arrivent à maturité. La longévité d'une essence a généralement comme corollaire un retard de sa fertilité, qui peut avoir ici des répercus-

sions désastreuses dans l'enchaînement des faits dont dépend son salut, en cas de nécessité de fuite.

Les essences montreront, en outre, une plus ou moins grande sensibilité au froid (ou au chaud) qui allonge ou abrège les « délais de grâce » accordés à un arbre.

4. *Conclusions.*

En conclusion de ce qui vient d'être dit, nous voyons que, pour bien comprendre le mécanisme de la migration, il faut tenir compte des principaux faits suivants :

- a) Tout massif forestier a tendance à s'étaler en tous sens, par un mouvement excentrique, jusqu'à ses limites thermiques. La stabilisation du climat arrête automatiquement la migration. L'essence reprend alors simplement sa tendance à s'étaler.
- b) Ce mouvement peut néanmoins être canalisé dans une direction générale nord-sud ou sud-nord par un changement de climat.
- c) Sous l'influence des changements de climat, les massifs périclissent par bande, de proche en proche, parallèlement aux nouvelles isothermes, et sont reconstitués dans le même ordre plus au sud ou plus au nord, selon qu'il s'agit d'un refroidissement (période glaciaire) ou d'un réchauffement (période interglaciaire) de la température. Théoriquement rien ne devrait arrêter l'extension des massifs forestiers dans les directions est et ouest et une essence devrait pouvoir s'installer entre les isothermes qui lui conviennent sur un anneau faisant le tour de l'hémisphère qu'elle occupe. Cette progression transversale est cependant généralement interrompue par des barrières.
S'il n'y a pas de barrière, la poussée uniforme en latitude et la liberté complète de s'étaler sur les ailes dans la direction est-ouest, crée une migration en éventail.
- d) Les changements dans la direction générale du mouvement de migration, notamment les déviations latérales ainsi que les arrêts, sont dus aux barrières formant un obstacle plus ou moins absolu.
- e) Tout changement climatique aura exactement les mêmes effets et agira selon le même mécanisme, soit que l'excès du froid ou de la chaleur représente l'élément destructeur, soit que le rafraîchissement ou l'adoucissement du climat ouvre de nouvelles zones de colonisation.

Note sur les conditions géographiques et climatiques aux époques tertiaires et quaternaires

par ELIE GAGNEBIN.

La suite du mémoire de M. André Engel fait souvent intervenir, comme facteurs dans les migrations forestières, les conditions géographiques et climatiques au cours des temps tertiaires et quaternaires, dans l'hémisphère nord et plus particulièrement en Europe. Il nous a donc semblé utile d'indiquer ici, très succinctement, ce que le géologue sait ou peut supposer à cet égard.

Rappelons d'abord que l'ère tertiaire se divise en quatre époques et représente, avec le Quaternaire, environ 60 millions d'années, soit: *Eocène* 25 millions d'années, *Oligocène* 15 millions, *Miocène* 12 millions, *Pliocène* 7 millions, ère quaternaire, un peu moins d'un million d'années. Ces chiffres, fort discutables, ne prétendent exprimer qu'un ordre de grandeur.

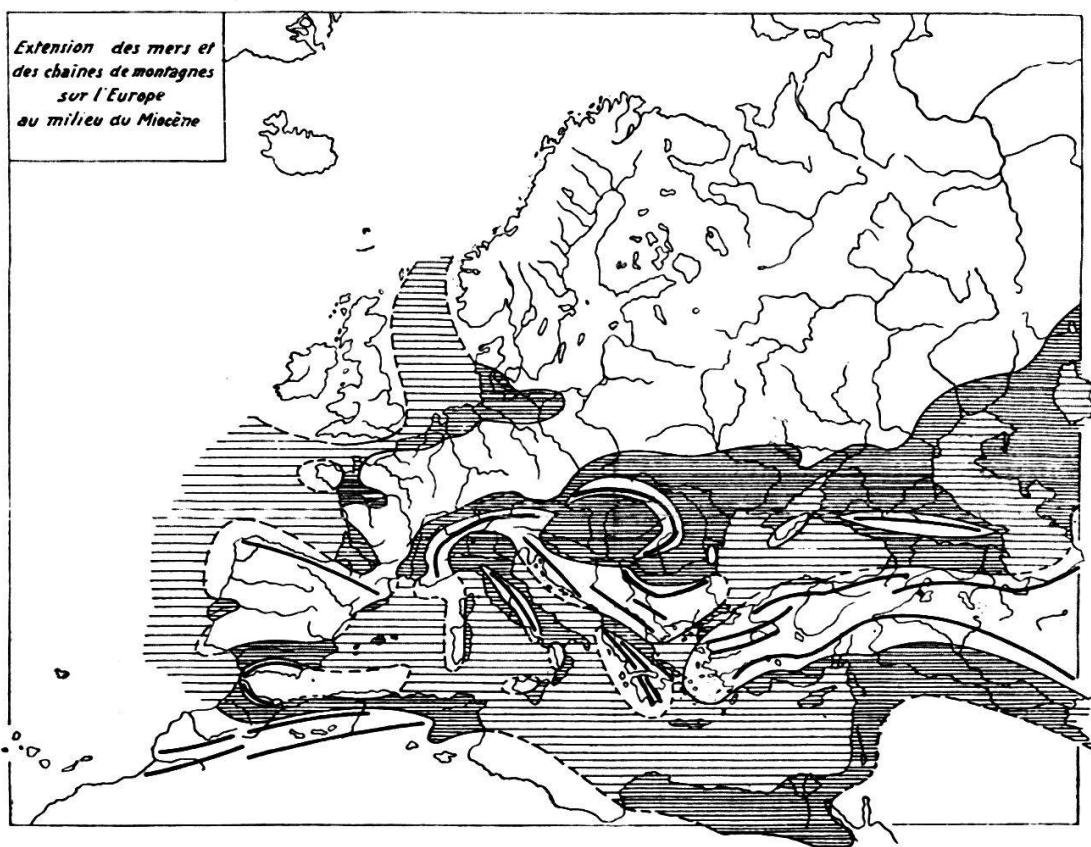
C'est à l'Eocène et à l'Oligocène qu'ont pris naissance les chaînes alpines : Pyrénées, Cordillère bétique, Atlas, Apennins, Alpes, Carpathes et Balkans, Dinarides, Asie mineure et Caucase, se prolongeant par les monts iraniens et l'Himalaya, les chaînes occidentales d'Amérique du Nord. Leur relief ne paraît pas avoir été très prononcé dès l'abord.

A l'Eocène, l'équateur courait probablement sur l'Amérique centrale, l'Algérie, le Caucase et le Thibet. L'Europe centrale se trouvait dans la zone désertique. On connaît, de cette époque, des flores septentrionales indiquant un climat assez chaud; au Groenland: *Pinus hyperborea*, *Taxodium distichum*, *Populus arctica*, *Quercus groenlandica*, *Acer arcticus*, *Tilia*. Au Spitzberg: *Taxodium distichum*, *Sequoia langsdorfi*, *Populus arctica*, *Quercus*, *Laurus*, *Magnolia*.

A l'Oligocène, l'équateur doit être sur le Sahara. La Mer du Nord, qui à l'époque précédente ne faisait qu'échancrer le rivage de l'Europe, du Cotentin à Königsberg, s'étend alors sur toute l'Allemagne septentrionale et la Pologne, rejoignant la mer qui couvrait le sud de la Russie et débouchait dans l'océan arctique par un large bras longeant le bord asiatique de l'Oural. Cette mer communique temporairement, en divers

points (Limagne, Alsace, Bavière, Crimée) avec la Méditerranée, que les poussées africaines créatrices des Alpes rétrécissent graduellement, jusqu'à sa suppression totale à la fin de la période. A la fin de l'Oligocène aussi, la mer se retire de l'Allemagne et de la Russie, et rentre dans la dépression de la Mer du Nord.

Dès le début du *Miocène*, la Méditerranée actuelle s'ouvre, et la plupart des chaînes alpines subissent d'importants soulèvements. Ces chaînes sont bordées par d'assez vastes dépres-

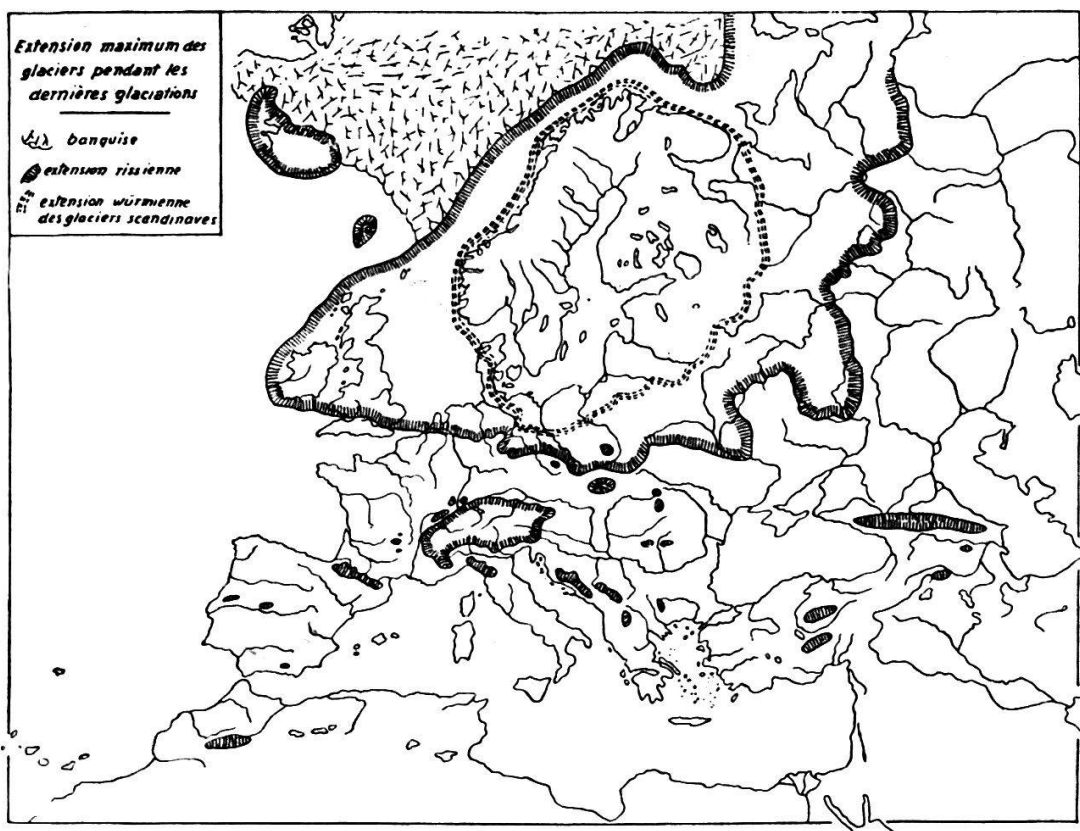


sions, occupées tantôt par des lacs, tantôt par des bras de mer. Au commencement de la période, la faune et la flore de la molasse de Lausanne, par exemple, témoignent d'un climat analogue à celui de la Louisiane et de la Virginie actuelles: climat humide à hivers très doux, avec une température moyenne de 20° à 21°. On y trouve des palmiers en abondance (*Sabal*, *Phoenicites*, *Flabellaria*), des cinnamomes, des lauriers, des figuiers, noyers, peupliers, platanes, érables, acacias, chênes, saules, aulnes et ormes. Mais graduellement les palmiers diminuent et dans la molasse d'Oeningen, près du lac de Constance, qui représente la partie supérieure du Miocène, ils sont devenus très rares, tandis que les érables et les peupliers se

multiplient: le climat est celui de Madère, de Malaga ou de la Sicile, avec une moyenne annuelle d'environ 18°.

A la fin de l'époque, les dépressions entourant les chaînes alpines sont comblées d'alluvions. Mais en Europe orientale, à partir de Vienne, de grands lacs saumâtres couvrent la Transylvanie, la plaine roumaine et la Bessarabie, le bassin de la Mer Noire, englobant la Caspienne et l'Aral.

Au *Pliocène*, ces grands lacs orientaux persistent. La mer ne mord plus que très localement sur l'Europe. Les Alpes,



après les soulèvements du Miocène, semblent fort usées par l'érosion. L'équateur continue à émigrer vers le sud — ou les continents vers le nord. A la fin de la période, le refroidissement du climat se fait sentir jusque dans la faune de la Méditerranée.

Le *Quaternaire* est marqué par de nouveaux soulèvements des chaînes alpines et par l'extension des glaciers. Un refroidissement, dont on ignore les causes, paraît avoir affecté l'ensemble de la terre d'une diminution de température d'environ 5° par rapport à aujourd'hui. A quatre reprises, probablement, les glaces polaires et montagneuses ont pris une ampleur considérable. Entre ces périodes glaciaires, qui doivent avoir duré

de 50 à 100 mille années, le climat redevenait peu à peu semblable à l'actuel, pendant les périodes interglaciaires qui semblent avoir été un peu plus longues. L'avant-dernier interglaciaire, entre la deuxième et la troisième glaciation, dura beaucoup plus que les autres, en Amérique du Nord aussi bien qu'en Europe, et peut-être le climat y fut-il plus chaud.

Ainsi les *barrières* qu'opposaient les chaînes alpines aux migrations forestières, en Europe, paraissent avoir été fortes pendant le Miocène, surtout lorsque la mer ceinturait les massifs montagneux, puis faibles au cours du Pliocène, pour renforcer leur obstacle dès le début du Quaternaire, principalement lors des quatre glaciations.

DEUXIÈME PARTIE

I. Les transformations du monde forestier.

Connaissant les règles qui ont pu présider aux migrations des peuplements, examinons comment elles cadrent avec ce que nous savons des grandes transformations du monde forestier et comment elles peuvent en éclairer l'enchaînement et la chronologie.

1. *Causes des transformations.*

La forêt est fort ancienne. Les gisements carbonifères, à eux seuls, en font foi. Les paléobotanistes nous apprennent que les premiers arbres connus sur le globe datent de la période silurienne, qui remonte à quelque 500 millions d'années.

Depuis cette lointaine époque, l'écorce terrestre n'a cessé d'être secouée d'une manière intermittente et à intervalles plus ou moins réguliers, par des bouleversements entraînant d'importants changements climatiques. Ceux-ci, à leur tour, n'ont pas manqué d'avoir une répercussion plus ou moins profonde sur la faune et la flore des régions les plus spécialement atteintes.

Entre les périodes de refroidissement (ou, « d'avitilissement du climat ») de très longue durée et celles où la température augmente (périodes qualifiées « d'amélioration », quoiqu'elles soient généralement tout aussi néfastes que les autres pour une flore régionale), se placent des périodes étales ou à changements de climat tellement lents qu'elles paraissent telles, qui permettent à la flore de se refaire, de se reconstituer et, jusqu'à un certain point, de se stabiliser.

La courbe sinueuse par laquelle on peut se représenter ces mouvements qui ont duré des millions d'années se complique d'oscillations de moindre importance, correspondant à des changements de durée plus courte, allant de quelques décades à un ou plusieurs siècles.

Certaines de ces fluctuations paraissent se répéter avec une régularité assez remarquable¹. Elles correspondent à des

¹ Les météorologistes, ceux des Etats-Unis surtout, qui s'occupent du problème de la périodicité des alternances de climat, en ont cherché des preuves dans l'étude de l'épaisseur des cernes des arbres. Ils possèdent un matériel unique dans la flore forestière américaine, avec ses essences d'une longévité exceptionnelle, ses séquoias, notamment, exploités à l'âge de 2500 ans ou encore vivants. Des arbres géants, conservés depuis des siècles, plus ou moins complètement fossilisés, permettent de remonter plus en arrière encore dans le temps et ont fourni des renseignements fort intéressants qui, toutefois, ne semblent pas absolument concluants, au point de vue général.

phénomènes d'un ordre différent, mais elles ont, dans le cadre régional, une répercussion intéressante.

Ces mouvements, ces oscillations climatiques, quelles qu'en soient la cause et l'amplitude, n'ont pas connu d'arrêt réel au cours de l'histoire du monde. Ils continuent et il en résulte aujourd'hui comme toujours des petites modifications de structure qui transforment insensiblement les êtres vivants.

La brièveté de notre vie terrestre ne nous permet pas de déceler directement sur la plante le moindre indice de ces transformations qui se produisent sans arrêt. L'observation, la recherche, par contre, éclairent, par certains indices, bien des points d'un passé relativement récent et mettent en relief certains faits susceptibles de constituer des symptômes de ces transformations dans le présent. Le simple raisonnement nous autorise aussi à émettre quelques hypothèses sur la manière dont les faits du passé s'enchaînent avec ceux de l'avenir.

Sous l'influence des changements climatiques, nous voyons le monde forestier disparaître ou survivre, réoccuper après une absence fort longue une région occupée précédemment et que nous pouvons considérer comme le berceau primitif de telle espèce et de telle essence. Il nous semble alors que la situation normale est rétablie. Notre goût de l'ordre et de la fixité, nos préférences innées et secrètes nous entraînent à croire ce que nous désirons, à savoir l'immutabilité des choses qui nous entourent et constituent notre patrimoine terrestre. Nous nous accrochons à l'idée que des événements tels que ceux des glaciations n'ont été que des incidents ou des accidents et, qu'une fois les causes de ces accidents écartées, tout doit revenir à l'état initial tel qu'il existait au moment où, la création étant parachevée, l'homme, son maître, fit son apparition sur la terre.

C'est ainsi qu'on peut entendre des auteurs modernes affirmer que la forêt est aujourd'hui exactement ce qu'elle était hier, à la fin du Tertiaire !

Or une telle chose n'est pas possible. Notre monde est un champ de perpétuels changements, où les déplacements topographiques de nos peuplements se complètent de transformations progressives physiologiques, d'abord, morphologiques, ensuite, des espèces végétales.

Ces transformations, qui peuvent être encore accélérées par les phénomènes de mutation et influencés par l'hybridation, sont utiles et dans certains cas indispensables à la prospérité et à la survie de l'espèce.

Dans ce monde où tout est mouvement et changement, l'immobilité et la fixité ne peuvent exister sinon comme symp-

tômes de régression et de mort prochaine. Nous pouvons d'ailleurs le constater très nettement dans tous les massifs voués, pour une cause ou une autre, à l'isolement et à la réclusion.

L'identité d'un peuplement actuel avec celui qui aurait pu exister à la même place dans une ère antérieure n'est qu'une apparence trompeuse à laquelle seule l'insuffisance de nos moyens d'investigation donne un semblant de vraisemblance. La réalité doit être toute différente. Parmi les essences qui peuplaient nos régions pendant la seconde moitié du Tertiaire, certaines ont purement et simplement disparu; celles qui ont réussi à se réinstaller dans les aires qu'elles occupaient peut-être 10 à 15 millions d'années auparavant ont dû retrouver des conditions climatiques analogues à celles qui régnaient avant qu'elles aient été refoulées de ces aires. Ces nouveaux peuplements n'ont toutefois qu'une identité relative avec les peuplements primitifs, car les plantes elles-mêmes ne sont plus exactement ce qu'elles étaient.

Soumises pendant de si longues périodes à des changements presque continuels, elles n'ont pu survivre qu'en s'adaptant constamment aux conditions biologiques qui se modifiaient à chaque nouvelle transplantation.

D'ailleurs, l'identité d'origine d'une essence n'est nullement et ne peut être prouvée. Rien ne dit qu'un épicéa du Hartz ou un chêne du Spessart soient les descendants d'épicéas ou de chênes ayant déjà occupé ces régions, après avoir été chassés, ne l'oublions pas, des régions arctiques par les vagues de froid du Pliocène.

Cet épicéa du Hartz peut avoir une origine tout autre que celle qu'on lui attribue un peu légèrement. Il peut très bien provenir d'une souche ayant des origines plus orientales, d'une souche scandinave ou balte, parvenue jusqu'en Europe méridionale par des itinéraires fort éloignés du Rhin. Ce ne sont là qu'hypothèses, bien entendu, aussi nous gardons-nous d'en tirer des conclusions quelconques dans un sens ou dans un autre.

Nous serons par contre mieux informés en examinant ce point spécial sous son angle pédologique.

Nous pouvons alors affirmer que les peuplements qui ont reconquis l'Europe moyenne et septentrionale après le retrait des glaces, y ont trouvé un sol complètement bouleversé aussi bien dans sa constitution physique que dans sa composition chimique. Les masses morainiques, les dépôts fluvio-glaciaires accumulés souvent en grande épaisseur étaient des matériaux nouveaux. Là où avaient existé des lacs ou des bras de mer, des plaines d'alluvion étaient nées. Le sol était ainsi complè-

tement modifié dans sa configuration et dans son système hydrologique.

Une réinstallation des essences n'a donc pu se faire sans une véritable réadaptation imposée par les transformations profondes du sol et par les nouvelles conditions climatiques. Et cet effort était demandé à des plantes modifiées elles-mêmes pendant des millénaires, dans leurs pérégrinations au cours desquelles elles durent se plier fatalement à des changements multiples et à des conditions nouvelles pour elles.

Les changements de structure qui en résultèrent furent généralement minimes, mais il faut en tenir compte quand bien même ils ne se traduiraient que par une légère modification de ce qu'on appelle les exigences de l'essence et les étroites limites dans lesquelles la Nature leur permet de vivre.

En résumé, il est impossible que tous ces événements, toutes ces modifications d'ordre pédologique, écologique, climatique, n'aient pas affecté plus ou moins intensément les plantes qui en subissaient le contre-coup.

2. *Formation et origine des espèces, sous-espèces et races.*

La conséquence est que nous nous trouvons aujourd'hui devant des essences qui ne sont probablement pas absolument identiques à ce qu'elles furent au Tertiaire.

Ces transformations nous apparaissent avec toutes les nuances intermédiaires, allant de la simple variété, qui ne se distingue que par de simples différences d'aptitude à s'accommoder d'un sol plus ou moins riche ou sec, d'un climat plus chaud ou plus froid, à la véritable sous-espèce et, même, à l'espèce nouvelle. On parle dans le premier cas de races physiologiques, tandis que les types présentant des différences morphologiques et des particularités physiologiques nettement marquées ont été pour la plupart classés en sous-espèces et en espèces séparées, sous des noms variés, par les systématiciens.

Il ne nous appartient pas de rechercher si, à ce point de vue, on n'a pas un peu exagéré la multiplication des espèces et si les arguments physiologiques n'ont pas trop influencé les botanistes chargés de l'étiquetage de nos arbres.

Ce qui importe, c'est de rechercher si ces sous-espèces ou ces espèces correspondent vraiment à une réalité, car, si tel est le cas, il y a un intérêt majeur à ce que les sylviculteurs connaissent l'origine des essences et en tiennent compte.

Cette question d'origine à laquelle on attribue aujourd'hui une importance capitale, mais qui peut conduire à des inter-

prétations diverses, fournit indirectement la preuve des différenciations purement physiologiques qui se produisent d'une station à une autre, souvent peu éloignée.

Il serait évidemment fort intéressant de mieux connaître l'ascendance directe de nos peuplements. Si nous pouvons nous baser sur le jalonnement et les reliques éparses de certaines essences, nos connaissances sont encore fragmentaires et il sera certainement difficile de débrouiller l'écheveau qu'ont formé, à un moment donné, nos forêts en marche, que ce soit vers le nord ou vers le sud.

Comme pour des hardes humaines ou animales en fuite, tout a pu marcher en ordre apparent pendant un certain temps, puis des incidents ont dû se produire. Des barrières se sont dressées, causant la déviation ou l'arrêt d'une colonne et, peut-être, son refoulement sur une autre venant d'une direction différente, d'où embouteillage, lutte pour l'espace, etc. Ne purent triompher et continuer leur route que les éléments les plus viables et les mieux armés qui n'étaient probablement plus à l'état pur à ce moment déjà, et qui portaient en eux des caractères d'individus d'origine différente, premiers degrés de l'hybridation.

La confusion résultant de ces croisements de route, ces « changes », comme disent les chasseurs, s'est accentuée encore lors des périodes interglaciaires dont l'une au moins paraît avoir amené dans nos régions un climat plus chaud que celui que nous leur connaissons aujourd'hui et où les allées et venues se sont multipliées dans un cadre relativement plus limité.

A part quelques exceptions, il nous est ainsi impossible de connaître l'origine relativement récente, c'est-à-dire qui ne remonte pas plus loin que l'époque à laquelle se sont produits les grands mouvements de reflux, des races aux caractères non morphologiques qui constituent nos peuplements. Nous ne pouvons qu'émettre des hypothèses à ce sujet. On peut admettre que la différenciation doit être d'autant plus accentuée qu'il y a plus longtemps que le rameau d'où la race est issue s'est séparé du tronc principal, pour constituer ainsi l'espèce-type.

On pourrait donc croire que les races physiologiques sont de formation relativement récente et qu'il faut remonter beaucoup plus loin pour trouver les ancêtres communs de celles qui se distinguent aujourd'hui par des caractères morphologiques bien nets et plus loin encore, bien entendu, lorsqu'il s'agit d'essences qui ont pu être qualifiées de sous-espèces ou même d'espèces spéciales.

Il doit bien en être ainsi en règle générale. Il y a lieu tou-

tefois de faire quelques réserves sur cet argument qui n'attribuerait d'importance qu'au facteur « temps », car il est évident que les changements de conditions biologiques auxquels l'essence s'est trouvée exposée ont provoqué des modifications d'autant plus profondes que ces changements ont été plus importants. (Tout en restant, bien entendu, dans les limites de la viabilité.)

Il est donc possible et même probable que des essences ont dû se transformer plus ou moins rapidement que d'autres, parce qu'elles avaient été transportées dans des régions devenues par la suite ou plus chaudes ou plus froides que celles qui donnaient asile à la colonne principale.

Inversement, des peuplements très éloignés les uns des autres, mais vivant dans des conditions climatiques et biologiques analogues, ont dû conserver pendant bien plus longtemps leur identité de forme et de vie.

Si nous insistons sur ces questions théoriques, c'est que les particularités que les races peuvent présenter sont non seulement en rapport avec leur habitat naturel actuel, mais sont encore influencées par les liens qui les rattachent à la souche ancestrale, au chemin parcouru et aux épreuves subies par les générations depuis le jour où leurs ascendants se sont séparés de cette souche.

Elles valent aux représentants d'une race des qualités immédiatement perceptibles ou simplement latentes qui sont loin d'être négligeables et qui peuvent même prendre une grande place dans les problèmes d'ordre pratique.

Il importe donc avant tout de connaître l'origine et l'histoire, en un mot la phylogénie des arbres, dont une bonne interprétation pourra nous donner l'explication de bien des mystères et guider ceux de nos successeurs qui s'occuperont de reboisement. On agira mieux alors qu'on ne l'a fait jusqu'à présent, le hasard et l'empirisme ayant le plus souvent présidé seuls à ce genre d'opération.

II. Histoire de la migration des peuplements forestiers.

Nous allons essayer, dans les pages qui suivent, de tracer les grandes lignes de l'histoire de quelques essences. Nous n'avons nullement la prétention de tirer de cet aperçu des conclusions et des théories absolues. Néanmoins les indications même fragmentaires qui ressortent de cette étude nous semblent fécondes en enseignements et mériteront peut-être des investigations plus poussées. Nous verrons qu'elles confirment en général et expliquent les faits mis en avant par les défenseurs

du « racisme » et qu'au lieu de règles empiriques, elles fournissent de nouvelles bases pour une revision de certains principes d'application.

1. *Principes généraux.*

Alors que les vestiges trouvés dans les couches les plus profondes du Tertiaire prouvent que l'Europe jouissait à cette époque d'un climat presque tropical, ceux des étages moyens et ceux du Miocène nous indiquent qu'il s'est produit alors un rafraîchissement très net sur tout le continent eurasiatique et sur l'Amérique septentrionale. La diminution des palmiers, entre le début et la fin du Miocène, en est l'indice en Europe centrale.

En même temps, nous constatons que les arbres à feuilles caduques se sont considérablement multipliés, ce qui témoigne de saisons plus nettement définies.

Le début des temps quaternaires est marqué par la première grande extension des glaciers. Nous assistons alors à la disparition des espèces sub-tropicales qui existaient encore dans le nord et le centre de l'Europe. Les figuiers ont abandonné depuis longtemps déjà les rives du Spitzberg et des terres arctiques où ils prospéraient jadis comme ils prospèrent de nos jours sur les îles du Morbihan et de l'Atlantique. Il en est de même des oliviers, des magnolias, des tulipiers et de bien d'autres essences qui cèdent la place aux platanes, aux chênes, aux érables, aux peupliers, etc.

Dès lors le mouvement s'accélère devant les vagues de froid. Tout le monde végétal est en branle, en même temps, d'ailleurs, que la faune qui s'agite et prend part à cette fuite générale.

Les résineux, sapins, épicéas, pins quittent à leur tour des terres devenues inhospitalières. L'Europe méridionale voit arriver et défiler ce flot de refoulés qui ont quitté une patrie qu'ils contribuaient à rendre luxuriante et qu'ils ne reverront peut-être jamais, trop heureux s'ils parviennent à trouver quelque endroit qui leur offre un refuge temporaire et leur permette d'échapper au danger immédiat en attendant des jours meilleurs.

Nous manquons de précisions topographiques sur l'état de nos régions en ces temps reculés, aussi ne pouvons-nous déterminer que très approximativement les routes suivies par les colonnes forestières, d'autant plus que nous ne pouvons pas déterminer l'âge réel de certains vestiges.

Pour plusieurs itinéraires, nous sommes réduits à des hypothèses reposant sur des comparaisons avec des cas où la

route a été jalonnée d'une manière plus sérieuse et dans lesquels il est possible, sinon de dater avec précision les différentes phases de la fuite, d'en rétablir du moins l'enchaînement chronologique.

Les vestiges concernant les feuillus sont relativement rares et ont été peu étudiés. Nous possédons, par contre, une assez grande quantité de documents sur les essences résineuses qui ont mieux jalonné leur route et dont les vestiges ont de tout temps attiré l'attention des savants. Il en est ainsi notamment des représentants des genres *Abies*, *Picea*, *Pinus*, *Cedrus*, etc., qui, venant tous des régions boréales, se sont installés chez nous une première fois, puis furent refoulés vers le sud par les vagues de froid.

Nous ne pouvons pas retrouver la trace de bien des essences subtropicales qui ont disparu définitivement de l'Europe, mais étaient parfaitement en état d'y vivre, surtout dans les régions les plus méridionales.

S'il est facile d'expliquer la disparition de l'Europe boréale et centrale d'essences telles que le figuier, l'olivier, etc., détruites par le froid et qui n'ont pu s'y réinstaller pour des raisons climatiques, tout simplement, on ne sait comment expliquer l'absence actuelle des tulipiers, platanes et de bien d'autres essences parfaitement aptes à vivre sous nos latitudes et qui peuplent, en partie, l'Amérique du Nord.

Pourquoi les séquoias qui formèrent des peuplements immenses, allant du Spitzberg à l'Europe méridionale (il y en avait à Rivaz, au bord du Léman¹) se sont-ils éteints?

Malgré toutes ces lacunes, nous voulons essayer de retracer dans ses grands traits la marche des peuplements dans leur migration générale vers des terres hospitalières.

D'après les données que nous possédons, nous devons admettre que toutes les essences, quelle que soit la latitude où elles étaient fixées, furent atteintes à peu près simultanément par les premières vagues de froid venant des régions polaires.

Selon le mode et le mécanisme que nous avons exposé dans la première partie de cette étude, le grand mouvement de migration se déploya en éventail à travers les plaines de l'Europe septentrionale et centrale.

Les peuplements en marche se heurtèrent, à un moment

¹ Voir OSWALD HEER : Le monde primitif de la Suisse. Genève et Bâle, 1872.

Voir aussi la belle collection d'exemplaires conservés au musée géologique de Lausanne et provenant soit de Rivaz, soit de Rochette, soit des fouilles opérées dans la ville.

donné, au versant nord des Alpes, ou bien se virent arrêtés, au Miocène moyen, par les bras de mer étendus à leur pied.

Le sort de plusieurs essences fut en partie scellé, soit par un arrêt définitif, soit par les conséquences fatales du retard causé par la nécessité de contourner ces obstacles ¹. Mais certaines colonnes parvinrent à faire ce détour ou à s'infiltrer dans les brèches qui pouvaient y exister.

La masse principale semble avoir fait ce détour par l'ouest et s'être partagée derechef en trois groupes, dont le plus oc-

¹ Il y a lieu de signaler la disparition du continent eurasiatique de toute une série d'essences d'origine polaire (arctique) qui ont surmonté la glaciation et réussi à survivre sur le continent américain.

La plupart des auteurs n'hésitent plus à mettre cette destruction sur le compte des Alpes qui auraient, en Europe, opposé une barrière absolue, alors qu'en Amérique aucune chaîne transversale de montagnes n'était susceptible d'arrêter la migration. Cet argument ne manque certes pas de poids, mais appelle néanmoins certaines réserves. Notons que les essences disparues appartiennent toutes plus ou moins à la flore tempérée chaude (*Castanetum*, sinon *Lauretum*, *Sequoia sempervirens*, *Liriodendron*, *Magnolia*, *Cupressus* variés...) et ont dû se trouver, de ce fait, au premier rang des émigrants, sinon dans le temps, du moins dans l'espace. Elles étaient donc les plus méridionales au moment de leur mise en marche qui remonte probablement aux dernières phases du Pliocène, mais peut-être déjà au Miocène.

On sait que les Alpes, à cette époque, étaient assez élevées; la barrière qu'elles formaient était plus formidable et plus complète qu'elle ne l'a été au Pliocène, lorsque l'érosion eut taillé des brèches, diminué l'altitude moyenne et adouci, d'une manière générale, les formes. D'autres facteurs ont pu peut-être jouer un rôle primordial dont nous ne sommes pas capables d'apprécier l'importance.

Nous pensons, par exemple, à ceux qui sont susceptibles, indépendamment des barrières naturelles, de retarder ou de hâter le transport des graines, la longévité des essences, la grosseur et l'«édibilité» des graines.

La longévité a généralement comme contre-partie (qui devient ici une rançon!) un retard de la fertilité et de la fructification utile d'un arbre.

Que celle-ci, pour laquelle nous avons pris comme base une moyenne de 50 ans, soit portée à 100 ans, la rapidité de transport se trouve réduite dans la proportion inverse et l'essence en migration est menacée d'être devancée par les vagues thermiques et exposée à sa destruction.

Il en est de même pour les graines d'une essence qui ne sont pas estimées à cause de leurs dimensions minimales ou pour d'autres raisons, par les oiseaux migrateurs à vol rapide et puissant. Il est évident que si ces graines sont réduites à assurer leur migration par étapes très courtes, l'essence sera vouée à une destruction certaine. Or les séquoias, les cyprès, etc. se distinguent précisément par leur longévité. Leurs graines sont très petites et ne semblent guère recherchées par les oiseaux, tout au moins par ceux qui seraient à même de leur assurer un long transport. Ce dernier devrait être d'autant plus rapide que leur volume est moindre, leur enveloppe plus fine et, par conséquent, leur fertilité serait rapidement détruite par le processus digestif.

Enfin, ces essences sont plus sensibles au froid que la plupart des nôtres.

Ce ne sont là que de simples suggestions pouvant expliquer la disparition de ces essences, par ailleurs parfaitement viables chez nous comme le prouvent les nombreux sujets qui prospèrent et s'y reproduisent spontanément. Cela ne suffit cependant pas pour justifier une conclusion et la question mériterait d'être étudiée plus à fond.

cidental, après avoir traversé les régions rhénanes, la Belgique et le nord de la France, fut arrêté par la Manche et l'Océan, dont les côtes, avec leur climat maritime relativement doux, offrirent un refuge à quelques espèces.

Un deuxième groupe, obliquant au sud-ouest, traversa la France, pénétra en Espagne, et, de là, gagna l'Afrique du Nord.

Parallèlement, une troisième colonne suivait le bord du Jura et des Alpes pour gagner la Provence et l'Italie et continuer son chemin vers l'Afrique du Nord, également par des ponts qui semblent avoir, à cette époque, plus ou moins relié les îles de la Méditerranée aux continents européen et africain.

D'autres colonnes, enfin, après s'être heurtées aux barrières montagneuses, purent gagner les plaines danubiennes et balkaniques, en s'infiltrant entre les Alpes occidentales et orientales, ou en contournant ces dernières pour atteindre les côtes de la Grèce, les bords de la Mer Noire et les régions caucasiennes, l'Asie mineure et la Syrie.

L'histoire des essences qui réussirent ainsi à s'accrocher aux côtes barbaresques ou dans d'autres régions plus ou moins voisines de la Méditerranée, pour y attendre des jours meilleurs, mériterait d'être mieux étudiée. Le voile qui recouvre certaines phases a été à peine soulevé et bien des faits importants sont encore tout à fait dans l'ombre.

C'est ainsi que nous ignorons complètement le point méridional extrême atteint par les essences au moment de l'extension maximum des glaces dont l'effet se fit sentir très profondément en Afrique.

Les essences jusqu'alors méditerranéennes furent-elles arrêtées par la barrière de l'Atlas dont elles ne pouvaient en aucun cas conquérir les hauteurs?

Réussirent-elles, au contraire, à la franchir d'un bond, grâce aux oiseaux migrants (hypothèse qui ne présente aucune impossibilité matérielle), ou à la contourner pour s'installer aux confins du Sahara, puisqu'une partie de ce grand désert était rendue habitable par l'abaissement de la température et par les précipitations qui en étaient le corollaire?

Cela expliquerait que ces régions désertiques aient pu être peuplées, non seulement d'arbres et d'animaux sylvoles, mais encore par des groupements humains¹.

Ignorant les points extrêmes atteints par les peuplements

¹ AUG. BARBEY : Le Sahara, territoire autrefois boisé. « Des forêts couvraient donc le Sahara jusqu'à la fin de l'ère glaciaire et même après celle-ci, autant qu'on peut en juger par les dessins rupestres et les objets paléolithiques qu'on a découverts. Il serait évidemment très désirable que l'identité des essences qui y existaient puisse être établie d'après les débris de bois, fossiles ou non, trouvés sur les mêmes lieux » (*J. F. S.*, N° 6, 1937).

en migration, nous ne pouvons déterminer l'emplacement de la plupart des vrais refuges où s'étaient installées les essences.

Nous pouvons cependant admettre que ces refuges ont bien existé pendant une période assez prolongée et nous pouvons affirmer que, sauf pour quelques exceptions sur lesquelles nous aurons à revenir plus loin, ces refuges n'ont pas pu coïncider avec l'aire actuelle de ces essences.

Quoi qu'il en soit, chaque fois qu'après une période étale plus ou moins longue, un réchauffement général de l'atmosphère commença à se faire sentir, les essences se remirent automatiquement en route, en sens inverse, d'après des règles identiques à celles qui les avaient guidées vers le sud.

La plupart reprirent la voie du nord, en suivant les mêmes routes qu'à l'aller et traversant des contrées qui leur avaient offert, peut-être déjà, un asile temporaire. Mais que de changements intervenus entre temps !

Les bouleversements survenus dans la configuration du terrain avaient pu aussi bien créer des obstacles nouveaux à la migration qu'offrir des facilités inconnues dans le voyage vers le sud.

Mais ce qui caractérise surtout le processus de migration dans le sens du retour, c'est que toutes les essences, devenues maintenant avides de fraîcheur, autant qu'elles l'avaient été de chaleur, se virent ouvrir une voie qui leur avait été totalement interdite à l'aller, celle de l'*altitude*.

C'est là un événement capital dans l'histoire des forêts dont l'importance n'échappera à personne.

Si, en effet, la plupart des peuplements reprirent purement et simplement, comme nous venons de le voir, la route du nord, d'autres trouvèrent cette voie soit complètement barée, soit en partie obstruée par des obstacles nouveaux.

Il en résulta des retards, des arrêts auxquels purent seules survivre les essences capables de gravir les flancs des montagnes voisines. Cela pouvait se faire aussi bien dans le sens de la migration que dans le sens opposé, vers le sud.

A mesure que la température augmentait, les arbres montaient en altitude, s'accrochant toujours plus haut.

Ce fut pour certains groupes, ou pour l'ensemble de quelques essences, l'isolement, le confinement et même la destruction, car, arrivés à des altitudes extrêmes où ils ne pouvaient plus s'étendre, ils s'y trouvaient prisonniers, dans l'impossibilité de regagner les plaines devenues trop brûlantes.

Ce n'est que pendant les périodes de réchauffement (et il ne faut pas exclure les cas analogues en périodes interglaciaires) et à aucun autre moment qu'ont pu se former les essences de montagne.

2. *Description particulière de la migration de quelques essences.*

Sur la base des principes généraux que nous venons d'exposer et d'après les lois de la migration que nous avons énoncées dans le premier chapitre, nous pouvons reconstituer l'histoire des diverses essences avec une netteté satisfaisante et sans prétendre à trop de précision.

Toutes nos essences, pour autant que nous puissions en juger, ont eu et doivent avoir eu une origine tertiaire para-polaire. Elles ont peuplé, pendant de longs siècles, les régions littorales arctiques ou les terres de l'Extrême-Nord de l'Europe et de l'Amérique, dont le climat devait correspondre approximativement quant à la température, tout au moins, à celui dont nous jouissons actuellement.

Refoulées dès les temps tertiaires par le refroidissement graduel, les essences qui composent aujourd'hui notre flore forestière durent s'installer une première fois dans nos régions. Nous pouvons résumer leurs itinéraires et le sort qui les attendait.

A. Les feuillus.

Ces arbres, nous l'avons vu, n'ont laissé que peu de traces. Pourtant ils ont dû participer largement aux différents mouvements de migration. Il est certain qu'un bon nombre de ces espèces qui peuplent actuellement l'Afrique du Nord ainsi que le Proche-Orient subtropical ont une origine nordique, tout comme les résineux.

Le Hêtre a laissé des témoins intéressants de ses pérégrinations vers le sud. Il fut un des premiers à se mettre en route et un des derniers à revenir sur ses pas.

a) *Le Hêtre :*

Il a dû se former très rapidement des stations-refuges le long des côtes occidentales de la France, dont le climat lui convenait parfaitement et où il est aujourd'hui abondamment représenté. Nul doute que parmi les belles hêtraies de Normandie, de Guyenne et de Gascogne, il ne subsiste des vestiges des ancêtres qui s'y réfugièrent et qui constituent de véritables reliques glaciaires.

Mais ils se sont si bien amalgamés avec les descendants de ceux qui, par la suite, les ont rejoints qu'il faudrait des études très minutieuses et dont le succès paraît problématique, pour différencier les éléments datant de l'époque glaciaire

de ceux qui s'installèrent ultérieurement. Il en est tout autrement des îlots de cette essence qu'on rencontre çà et là presque toujours à l'altitude maxima offerte par la région immédiate, dans le Midi de la France, dans les Apennins, en Toscane et en Italie méridionale. Là, plus question de vastes peuplements. On ne peut plus penser ni à l'optimum de l'essence, ni à la forêt Climax. Nous retrouvons, au contraire, les caractéristiques de ces reliques postglaciaires: aires très limitées, peuplements clairsemés composés d'arbres parfois très âgés et magnifiques... du point de vue artistique, mais qui ne donnent pas l'impression d'une vitalité extraordinaire, et ont plutôt l'aspect de sujets sur le déclin ou d'arbres transplantés dans un milieu qui ne leur convient guère.

Nul doute que la fameuse forêt de Sainte-Beaume, si belle et si vénérable, ne constitue une relique post-glaciaire où se retirèrent, au retour des chaleurs, les arbres qui avaient trouvé un refuge, soit dans les plaines environnantes, soit dans des régions plus lointaines, pendant la dernière période glaciaire.

Ces types resteront là isolés, probablement jusqu'à leur extinction, cependant que les colonnes principales de Hêtres continuent leur envahissement vers le Nord, avec les conséquences que tous les forestiers connaissent: remplacement du Chêne, des essences de lumière en général, et même des massifs résineux, pour lesquels dans bien des endroits, il faut intervenir aujourd'hui, sans être absolument sûr du succès. Ces efforts devront être poursuivis pendant bien des générations si l'on veut sauver la race des anciens peuplements.

Le succès de cette emprise du Hêtre est dû évidemment à sa qualité d'essence d'ombre qui lui permet de s'infiltrer partout, d'attendre patiemment son moment pour « partir », surcimer et étouffer finalement les arbres qui, pendant des années, l'avaient abrité. Cela n'a rien d'extraordinaire, mais comment expliquer ce retard dans la migration d'une essence qui ne semble pas avoir envoyé ses émissaires bien loin dans le sud et paraît, au contraire, s'être cantonnée dans des refuges moins éloignés que ceux de beaucoup d'espèces qui l'ont devancée au retour?

Doit-on envisager des raisons climatiques? Elles s'accorderaient mal avec la rusticité et les exigences de l'essence. Nous sommes plutôt enclin à admettre une cause biologique, l'action du principal véhicule du Hêtre : le pigeon ramier.

Cet oiseau effectue des migrations régulières en direction générale Sud-Nord au printemps et Nord-Sud en automne. Or c'est en automne seulement qu'il trouve sur son chemin

des fâines en abondance et qu'il est à même de les emporter au loin.

Au printemps, rien de pareil. Les graines, plus ou moins enfoncées, échappent au ramier. Les quelques fâines qu'il réussit à trouver ont déjà en partie germé et, n'ayant plus la protection complète de leurs enveloppes, sont bien vite détruites par le processus digestif.

C'est pour cette raison que *Fagus*, qui dans la fuite vers le Sud se trouvait en tête des émigrants, est resté à l'arrière-garde, au retour, ce qui ne l'a pas empêché de déloger plus tard ses prédécesseurs des territoires qu'ils avaient colonisés avant lui.

Des stations plus méridionales que celles que nous avons citées ci-dessus ne sont pas connues et nous ne savons pas s'il y en eut en Afrique où l'on compte, par contre, beaucoup de représentants des genres *Populus*, *Fraxinus* et *Quercus*¹.

L'histoire du Hêtre, malgré ses lacunes, présente un grand intérêt. Par ses reliques éparpillées en Europe, nous voyons, en effet, cette essence installée dans des stations de conditions biologiques différentes, ce qui ne manque pas de nous étonner et de susciter quelques réflexions.

En premier lieu, les faits nous fournissent la preuve que les conditions climatiques, à elles seules, ont une influence sur la vie des essences, l'altitude ne jouant de rôle que dans la mesure où elle apporte une modification du climat qui reste l'élément primordial.

Lorsque C.-K. Schneider² parla du Hêtre comme d'un arbre pour ainsi dire spécifiquement montagnard: « In Sudeuropa ausschliesslich Gebirgsbaum... im Allgemeinen Gebirgs-lagen bevorzugend und vorwiegend nur am Ostseegebiet Wald-bildend in der Ebene auftretend! », il renverse tout simplement

¹ Ce sont des immigrants d'époques et d'origines diverses, mais dont les ancêtres ont dû venir d'Europe ou d'Asie, au début de l'époque glaciaire ou au déclin du Tertiaire.

Si nous en croyons les géologues, le climat de ces régions était tropical jusqu'à l'oligocène et un véritable rafraîchissement ne paraît guère s'y être manifesté que pendant le Miocène.

C'est l'époque à laquelle les premiers arbres à feuilles caduques ont fait leur apparition en Europe et où les Palmiers ont commencé de disparaître de nos régions. Il n'est donc pas étonnant que le Hêtre dont les exigences correspondent aux conditions qu'offre la zone à laquelle on a donné son nom, le Fagetum, n'ait pas été obligé de se retirer au delà des côtes méridionales, occidentales ou orientales de l'Europe ou qu'il n'ait pas réussi une opération plus lointaine dont le succès n'a pu être réalisé, en tout état de cause, qu'au cours des périodes glaciaires proprement dites.

² C.-K. SCHNEIDER : III. Handbuch der Laubholzkunde (G. Fischer, Iena, 1912, p. 154).

la question et oublie ou ignore l'existence des peuplements magnifiques du Nord-Ouest et de l'Ouest de la France qui sont certainement parmi les plus beaux du monde. Tous ceux qui connaissent les forêts de Lyon, de Réno-Valdieu, de Boulogne et de la Trappe seront, sans doute, d'accord sur ce point. Elles occupent de vastes aires qui sont très proches du niveau de la mer.

D'autre part, les forêts de la Ste-Beaume, celles des Apennins et celles qui garnissent les hauteurs de l'Etna, s'étagent respectivement de 1400 à 1800 m, de 1500 à 1900 m et de 1800 à 2200 m, environ. Les forêts de Nord-Ouest et de l'Ouest de la France sont restées près de leurs stations-refuges, sinon sur ces stations elles-mêmes, parce que les conditions qu'elles y trouvaient leur convenaient. Elles sont aujourd'hui florissantes, quoiqu'à basse altitude. Les forêts du Sud de l'Europe (Ste-Beaume, Apennins, Etna) ont dû chercher leur salut dans les montagnes où elles sont restées prisonnières et leur état n'a rien de comparable avec celui des premières.

b) *Le Frêne.*

Le Frêne a pour la chaleur des exigences plus modestes que celles du Hêtre et du Chêne. Il semble être resté toujours en contact plus ou moins direct avec les marges des glaciers. Ses graines ailées suffirent à assurer sa dispersion dans des zones relativement étroites où l'essence constituait de petits groupes, peuplements peu étendus sur les bords des torrents et des rivières, ainsi que dans les plaines alluvionnaires où ceux-ci débouchaient. Cela n'a pas empêché les oiseaux d'intervenir et de contribuer à amener des représentants de cette espèce très en avant vers le Sud, où elle fait figure, d'ailleurs, d'essence disséminée.

c) *Les Erables.*

Les Erables, le Sycomore notamment, ne semblent pas, eux non plus, s'être jamais éloignés plus qu'il n'était strictement nécessaire des aires d'où ils étaient refoulés.

d) *Essences disséminées.*

Quant aux essences dites disséminées, telles que les Peupliers (le Tremble), les Saules, les Aulnes, etc. (sauf *Alnus viridis*), elles semblent avoir été dispersées d'une manière beaucoup plus cahotique, au gré des vents et des cours d'eau qui purent les entraîner fort loin, alors que leur tempérament rustique ne rendait nullement nécessaire leur migration à longue distance et que la plupart d'entre elles auraient pu survivre

en restant simplement dans quelques recoins abrités d'une moraine.

L'étude des pollens fossiles que l'on trouve aux différents étages des tourbières glaciaires et post-glaciaires fournit la preuve que certaines de ces espèces ne s'éloignèrent pas beaucoup des glaces en progression et il semble qu'elles restèrent presque constamment en contact avec la marge des glaciers et que d'autres qui s'étaient plus ou moins éloignées s'en rapprochèrent chaque fois que le climat s'adoucissait.

Parmi les plus typiques qui ne firent en somme que se laisser porter par les moraines et suivirent le flux et le reflux des glaciers, on doit citer les représentants du genre *Salix* et spécialement *Alnus*. Ils appartiennent au groupe des quelques essences restées fidèles aux glaciers et qui en garnissent les abords encore aujourd'hui sous une forme parfois atrophiée, soit dans les Alpes, à une haute altitude, soit dans les régions arctiques, jusqu'au Spitzberg et au Groenland.

On ne peut donc guère parler pour elles de véritables migrations, mais plutôt d'une grande dispersion quelque peu désordonnée, facilitée par leur rusticité et leur vitalité et influencée par leurs exigences particulières.

B. Les résineux.

Pour ceux-ci, la route est mieux jalonnée. Ils ont laissé des reliques bien connues des botanistes.

Certaines essences semblent avoir été détruites de notre côté de l'Hémisphère, par les premières avances du froid. Ce sont les Séquoias, les Thuyas, ainsi que toutes les espèces de Cupressinées, sauf une.

D'autres, par contre, plus rustiques, ne se sont jamais éloignées beaucoup du front des glaciers en progression et étaient prêtes à rebrousser chemin, chaque fois que la température marquait une hausse, ce qui s'est produit à plusieurs reprises pendant les périodes interglaciaires. Il s'agit, en l'occurrence, du Mélèze, de l'Arole et, à un moindre degré, du Pin sylvestre, qui ont laissé la marque de leurs passages successifs dans beaucoup de nos tourbières.

a) Genre *Picea*.

La grande masse des Epicéas semble s'être portée principalement vers l'Est et s'être éparpillée en éventail vers la Russie, les pays caucasiens, les Balkans et l'Asie mineure où cette essence a laissé des peuplements plus ou moins étendus là où elle a pu s'adapter aux conditions spéciales de ces ré-

gions. Elle a formé des sous-espèces ou races, entre autres:

Picea orientalis, dans les montagnes d'Arménie, au voisinage de la Mer Noire et dans l'Asie mineure.

Picea omorica, en Serbie.

L'Epicéa semble avoir fait également une tentative de percée vers le sud-ouest. Si le témoignage des auteurs latins peut être sujet à caution, quand ils signalent d'importants peuplements en Belgique (nous savons combien il faut être prudent pour accepter les identifications des anciens), l'existence d'Epicéas est cependant confirmée d'une manière incontestable par la découverte de graines et de spores dans les tourbes récentes de ce pays¹. Ces peuplements ont complètement disparu.

b) Genre *Abies*.

Les représentants du genre *Abies* ont été parmi les espèces qui ont poussé le plus avant vers le Sud. Nous les trouvons sous diverses formes qu'ils ont acquises par la suite, dans de nombreuses stations qui doivent marquer, à peu de chose près, les limites extrêmes de leur avance. En allant de l'Ouest vers l'Est, nous pouvons citer :

Abies pectinata, l'espèce-type, constituant une ou deux stations limitées et bien autochtones en Normandie. C'est une relique bien caractérisée à laquelle Guinier a consacré une magistrale étude.

Abies pinsapo, espèce découverte en 1838 par Boissier, dans les montagnes du sud de l'Espagne, près de Ronda.

Abies marocana, très voisine de la précédente, dans le Riff, au sud de Téraouan.

Abies numidica ou *Abies baborensis*, également très voisines, dans l'Atlas².

Abies nebrodensis, en Sicile. Cette race comportait encore au XVIII^e siècle une aire assez étendue dans les montagnes de l'île. On n'en connaît aujourd'hui d'une manière certaine plus qu'un seul sujet.

Elle doit être considérée comme étant en voie d'extinction, l'homme ayant largement contribué à accélérer son anéantissement.

Abies cephalonica, en peuplements très réduits dans les îles Ioniennes et en Grèce, ayant probablement une parenté très grande avec quelques petits peuplements des Balkans, tels

¹ GOBLET D'ALVIELLA : Histoire des Bois et Forêts de Belgique, I, 1927, p. 25.

² A. BARBEY : Une relique de la sapinière méditerranéenne : le mont Babor. Paris, librairie agricole, 1934.

Abies Borisi Regii, en Bulgarie (érigé en sous-espèce pour des raisons.....?????).

Abies cilicica, dans l'Anti-Taurus et au Liban.

Abies nordmanniana, en vastes peuplements dans les montagnes bordant la Mer Noire.

Pas plus que le Hêtre, *Abies* n'a terminé sa migration vers le Nord.

Remarquons que toutes ces formes, sauf une, sont montagnardes. La seule exception est constituée par la sapie normande qui se rapproche le plus de l'espèce-type. Elle constitue une des seules vraies reliques glaciaires que nous connaissons et nous pouvons admettre qu'elle se trouve encore au point même ou en tout cas très près de celui qu'elle occupait pendant la glaciation.

c) Genre *Cedrus*.

Le genre *Cedrus* n'est représenté que par une seule espèce formant quelques groupes qui constituent des sous-espèces ou races peu différenciées dont les aires occidentales, tout au moins, sont peu étendues. Nous connaissons:

Cedrus Atlantica, qui forme quelques peuplements sur les sommets de l'Atlas, en Algérie et au Maroc.

Cedrus Libani, réduit à sa plus simple expression dans une station de quelques centaines d'individus dans le Liban.

Cedrus brevifolia, également très réduit, dans l'île de Chypre.

Cedrus deodara, qu'on ne cite que pour mémoire. Il peuple les flancs élevés de l'Himalaya avec une aire beaucoup plus étendue.

Les stations méditerranéennes du genre *Cedrus* peuvent être considérées également comme des reliques glaciaires typiques. L'essence est certainement nordique et les circonstances l'ont empêchée de reprendre la direction de son aire d'origine.

d) Genre *Cupressus*.

Citons encore le genre *Cupressus* qui comptait de nombreux représentants en Europe septentrionale avant l'avance des glaces. Une seule espèce, *Cupressus sempervirens*, a réussi à survivre en Europe et s'est cantonnée sur les bords de la Méditerranée d'où elle a été ramenée artificiellement jusque dans les stations tempérées de l'Europe centrale.

Cette énumération suffit pour illustrer les principales phrases de la migration et marquer les limites qu'elle a pu atteindre.

Mais ce grand mouvement ne s'est évidemment pas accompli d'une manière aussi simple que celui que nous avons décrit.

Le flux et le reflux durent être arrêtés pour diverses causes. Dans les périodes interglaciaires, surtout, les alternances de refroidissement et de réchauffement eurent leur répercussion sur les peuplements de nos régions. On en trouve la preuve dans les débris ligneux, les graines et les pollens conservés dans la tourbe.

3. *Résumé de l'histoire de migrations.*

En résumé, on peut dire que les glaciations ont amené un changement complet de notre flore forestière. Toutes nos essences sont d'origine nordique, du moins dans leurs souches. Elles se sont installées chez nous, tout d'abord au moment de la descente des premiers froids. Mais cette installation ne fut que provisoire et ne dura qu'un temps relativement court. La réinstallation que nous considérons aujourd'hui comme définitive (et qui ne l'est certainement pas) est très récente. Elle a commencé, elle se continuait aux temps historiques et n'est pas terminée actuellement.

Mais les conditions climatiques ont subi de telles transformations qu'aucune de nos espèces n'a pu regagner les régions polaires d'où elle était partie.

La courbe thermique de notre climat continue à montrer des hauts et des bas, périodiquement, comme le démontrent les graphiques dressés par les météorologues, les diverses reliques trouvées, l'examen des tourbes, les variations du niveau des neiges, etc.

L'avisement du climat a été très net de la fin du XVI^e siècle à celle du XVIII^e. Il s'est traduit par un abaissement notable du niveau des neiges et de la forêt¹, ainsi que par une baisse correspondante de la culture des céréales et de la vigne, dans une grande partie des Alpes où les populations ont dû quitter leurs villages pour s'établir quelque 300 ou 400 mètres plus bas.

Où en sommes-nous aujourd'hui ? A en juger d'après certaines constatations, on pourrait croire que nous entrons dans une nouvelle période de refroidissement.

On en verrait, peut-être, un indice dans l'envahissement des forêts de plaine par les résineux, dans leur « enrésinement »,

¹ La disparition de certaines forêts de haute montagne en est probablement le contre-coup tout naturel, bien plus que l'action de l'homme presque toujours seule incriminée.

suivant l'expression des forestiers, par l'Epicéa et le Sapin, qui se produit avec une rapidité surprenante en des endroits où ces derniers n'existaient pas à l'état spontané.

Cette question sera sans doute, croyons-nous, résolue dans un avenir prochain.

III. Les enseignements de l'histoire de nos forêts.

L'histoire des peuplements et l'étude du mécanisme de leurs migrations nous ont fait connaître les corrélations qui existent chez nos arbres, entre leur vie présente et celle d'un passé plus ou moins lointain.

Examinons de plus près la notion des aires et de l'optimum et, pour cela, reprenons le cas des essences dites « de montagne » que nous n'avons fait qu'effleurer précédemment.

Les essences de montagne, ne l'oublions pas, sont de formation relativement récente et elles ne se distinguent, le plus souvent, de leurs parentes de la plaine que par des caractères purement physiologiques.

Certes, il a dû exister des essences adaptées à l'altitude au cours de toutes les époques de l'histoire du monde dans lesquelles la vie végétale a joué un rôle. Mais dans les temps post-glaciaires, il n'a pu y en avoir qu'à partir du moment où un réchauffement a commencé à s'y manifester.

En admettant l'existence de peuplements d'altitude au cours de l'Eocène ou de l'Oligocène, ceux-ci n'ont rien de commun avec les peuplements actuellement aux mêmes endroits, car ils furent détruits les premiers par les atteintes du froid.

Donc, pendant la grande période de refroidissement, les essences, qui se trouvaient déjà à une certaine altitude, furent éliminées.

Nous avons vu qu'il est difficile de déterminer la limite extrême atteinte par les arbres dans leur fuite vers le sud. Ce qui est certain, c'est que les massifs montagneux, quels qu'ils furent, ne purent être franchis facilement et que les grands courants de la migration sont restés confinés dans la plaine.

On doit admettre que, dans la migration nord-sud, les plaines furent abondamment peuplées tandis que les flancs des montagnes restaient vides.

Lorsque le climat changea et s'améliora, le phénomène inverse se produisit. Les plaines furent, en partie, abandonnées et les essences purent progresser aussi bien vers le sud que vers le nord, pour autant que le relief s'y prêtait et que l'altitude offrait momentanément des perspectives de salut plus favorables que la latitude.

C'est donc pendant les périodes de réchauffement que se formèrent les peuplements d'altitude.

Tandis que le gros des émigrants remontait vers le Nord, le long des plaines, des groupes restèrent accrochés dans les montagnes.

Les uns formèrent alors des races vraiment montagnardes qu'il faut considérer comme des variétés physiologiques, à peine différenciées des types qu'on trouve à basse altitude, au Nord. Ce sont bien des reliques glaciaires ou post-glaciaires, mais celles-là mêmes qui nous paraissent les plus caractéristiques, le Mélèze, le Pin de Montagne, et, surtout, l'Arole, ont leurs homologues de plaine et nous les trouvons en peuplements prospères, en Sibérie, par exemple.

Ces différences minimales (physiologiques ou, peut-être, déjà morphologiques) entre race de plaine et race de montagne, pourront prendre une grande importance du point de vue pratique.

D'autres formèrent des variétés confinées dans les aires étroites de montagne et tout à fait séparées de leurs proches parentes de plaine. Elles sont plus typiquement des reliques glaciaires ou post-glaciaires et les espèces méditerranéennes en sont des exemples frappants. Égarées, fourvoyées, elles n'ont plus été à même, à un moment donné, de suivre le grand mouvement. Coincées dans des espaces trop étroits où toute manœuvre sérieuse leur était interdite, elles devinrent captives de l'altitude où elles avaient trouvé, à une certaine époque, l'optimum qui ne leur est plus offert aujourd'hui.

Les montagnes où elles se réfugièrent ne sont, en général, pas assez élevées pour assurer des ressources illimitées. La température augmentant, elles ne purent monter plus haut que les sommets !

D'autant plus qu'à une certaine altitude, sur les crêtes, par exemple, il arrive souvent que par suite des phénomènes climatiques accessoires, dus au vent, au fort ruissellement, aux gelées, les arbres dégénèrent et prennent un aspect arctique, bien qu'ils se trouvent à un niveau encore favorable, ailleurs, à la végétation.

Une partie des essences réussit à s'adapter par des mutations (?) et par des transformations qui ne sont plus seulement physiologiques, mais morphologiques.

Leur caractère montagnard est ainsi très net et les distingue de leurs homologues de plaine, de même souche, qui ont pu regagner normalement les stations fraîches du Nord.

C'est le cas des résineux de l'Afrique du Nord, de l'Espagne, de l'Asie mineure et des îles de la Méditerranée qui s'étio-

lent, vont à la régression et semblent voués à l'extinction. Seul un abaissement de la température pourrait les sauver.

Des phénomènes analogues se sont produits sur le continent américain qui possède, à part des représentants très nombreux des genres *Abies*, *Picea*, *Pinus* et *Larix*, de souche certainement identique à celle d'où sortirent les mêmes genres d'Europe, beaucoup d'essences des genres *Sequoia*, *Cupressus*, *Taxodium*, *Tsuga*, etc., qui y ont trouvé des refuges alors qu'ils n'arrivaient pas, chez nous, à gagner des lieux tempérés qui eussent assuré leur sort.

Une minorité cependant de ces essences, reliques glaciaires, a pu se maintenir normalement dans des régions de montagnes qui, contrairement aux conditions méditerranéennes, offraient suffisamment d'espace pour qu'une manœuvre fût possible. Elles formèrent alors des peuplements étendus et prospères. C'est le cas, notamment, de ces magnifiques forêts de Nordmann qui couvrent les montagnes voisines de la Mer Noire. Ce sont également les Epicéas et les Sapins qui sont aussi à l'aise dans les Alpes et le Jura, à 1000 mètres et plus, qu'aux basses altitudes du Nord de l'Europe.

On ne peut que rester frappé de la différence des merveilleux peuplements de Cèdres Déodar de l'Himalaya (et à un degré moindre, encore, ceux de l'Atlas), de ceux du Liban et de Chypre qui ont peu d'espace à leur disposition et qui montrent une misère physiologique prononcée.

Nous voyons ainsi que s'il y a, en apparence, plusieurs catégories d'essences de montagnes, il n'en existe, en réalité, qu'une seule, constituée d'essences à caractère « amphibie », les autres ne représentant que des peuplements fourvoyés ou abandonnés, dans des espaces trop restreints.

Les groupements assez vastes ne sont nullement menacés. Seuls ceux qui sont limités en étendue le sont. Et il ne faut attribuer cette menace qui les guette qu'à des causes purement climatiques.

Les autres causes, mises en avant pour expliquer la disparition de nos forêts, telles que l'influence de l'homme, celle du bétail, etc., ne peuvent qu'être accessoires et il semble qu'on leur ait attribué trop d'importance ¹.

Il est remarquable, certes, que l'avance des Arabes soit

¹ On a souvent expliqué par l'influence humaine ou l'action du bétail la disparition d'une partie de la forêt alpestre, alors que cette disparition est uniquement la conséquence de changements climatiques. Il suffit de rappeler que la disparition de grands massifs d'aroles, de mélèzes et d'épicéas a été accompagnée de celle de la vigne et des céréales dans la plupart des vallées des Alpes au cours du XVII^e et du XVIII^e siècles.

partout suivie d'une déforestation à peu près complète, mais c'est là une conséquence de causes différentes. Les Arabes, peuple nomade, au moins au début de leurs mouvements, ont toujours marqué une préférence pour les régions désertiques et leur mouvement a plutôt suivi que précédé les transformations climatiques dont nous ne connaissons pas tous les détails.

Certes, l'homme et ses complices, les animaux domestiques, ovins et caprins avant tout, sans parler des espèces sauvages, ont dû contribuer largement à ce travail de destruction et hâter celui-ci.

Mais l'action de l'homme seul n'eût pu être si complète, s'il ne s'était agi d'aires restreintes dont les occupants se trouvaient déjà affaiblis, en état de moindre résistance et de fertilité diminuée. On ne conçoit pas, surtout à une époque assez reculée, des hommes ou des animaux capables, à eux seuls, d'exterminer jusqu'au dernier tous les épicéas, tous les sapins ou tous les hêtres de nos contrées, ayant une santé, un développement et une aire normaux.

Par contre, nous pouvons très bien admettre que des forêts de moindre importance, en voie de dégénérescence, par suite de circonstances climatiques, aient été détruites par des hommes sur des espaces minimes, comme ce fut le cas en Sicile, en Crète et dans des massifs montagneux isolés.

La même remarque peut être faite pour les *Abies* et concorde encore avec ce qui se passe en Amérique du Nord où des espèces regardées généralement comme étant bien en station et qui étaient menacées par une exploitation massive, faite de propos délibéré, n'ont été sauvées de l'extinction complète que par des mesures draconiennes prises en vue de leur conservation. Nous pensons tout spécialement aux merveilleux peuplements de *Sequoia gigantea* (*Wellingtonia*) et, aussi, à ceux de *Sequoia sempervirens* (*Redwood*). Ces arbres gigantesques, amenés et confinés, probablement à la suite d'événements climato-géologiques, dans des aires relativement restreintes, sont au même titre que les peuplements méditerranéens, des reliques glaciaires et post-glaciaires.

C'est donc, répétons-le, dans des causes climatiques et dans celles-ci seulement, qu'il faut chercher les facteurs efficaces de la disparition de certaines essences. L'homme n'est intervenu que pour parachever l'œuvre préparée par les éléments naturels.

Rien ne permet, d'ailleurs, de prévoir, d'une manière absolument certaine, le sort de tel ou tel peuplement menacé d'extinction. Le climat agit constamment et des changements

sont toujours possibles qui peuvent amener de nouvelles modifications aussi profondes qu'imprévues, dans la vie des essences.

Les variations de la limite supérieure des arbres en sont une preuve et sont plus faciles à constater qu'en latitude où elles sont plus lentes et peuvent donner lieu à d'autres interprétations, alors que la raison climatique est là aussi prépondérante.

Cela nous amène à parler de l'optimum des essences.

L'optimum d'une essence est la partie de l'aire de cette essence où celle-ci se trouve dans ses meilleures conditions biologiques et où elle semble se développer avec le plus de vigueur et de santé. Mais on a par trop souvent aussi la tendance à confondre simplement l'optimum avec l'aire naturelle elle-même, surtout lorsque celle-ci est limitée. Cette manière de voir est erronée. Une espèce peut très bien être confinée dans un espace qui ne correspond plus à son optimum. Prenons le cas du *Wellingtonia*. Pourquoi cette essence, originaire d'une région à climat tempéré et humide, presque subtropical, est-elle confinée aujourd'hui dans quelques stations très limitées en nombre et en étendue (et elle l'était déjà avant l'intervention de l'homme), à une altitude dépassant généralement 2000 m., à climat sec ?

Doit-on envisager (nous ne formulons cette idée qu'à titre d'hypothèse) que les hauts plateaux qui constituent actuellement l'aire naturelle de cette essence aient subi encore, après son installation, une surélévation plus ou moins considérable qui ait contribué secondairement à l'isoler ?

Nous devons admettre plutôt que les conditions biologiques dans lesquelles se trouvent aujourd'hui les *Wellingtonia* ne correspondent plus à celles de son optimum. Nous en aurions déjà la preuve dans la difficulté qu'éprouve, au dire des auteurs américains, cette essence à se rajeunir spontanément ou artificiellement, dans sa propre région où, malgré toutes les mesures de protection, créations de parcs, interdiction d'exploitation, son avenir reste incertain. Chez nous, où elle fut introduite à tort et à travers, à des altitudes basses ou moyennes, et dans des climats de toute nature, elle fait preuve dans bien des endroits d'une vitalité et d'une rusticité remarquables.

Une autre erreur consiste à considérer l'optimum comme une notion fixe et immuable.

En réalité, une essence est en mouvement continu et son optimum change au fur et à mesure que le climat régional

ou même local se modifie. Pour une essence à aire très développée, nous ne pouvons donc plus parler d'un seul optimum, mais il faut en voir autant que cette essence comporte de races ou de variétés régionales ou locales. Nous avons déjà fait allusion aux assertions de certains forestiers qui considèrent le hêtre comme une essence de montagne alors qu'il s'agit d'une espèce amphibie dont les variétés alpines auront leur optimum à X mètres d'altitude, tandis que d'autres pourront former des peuplements néanmoins florissants en plaine.

Il en est de même pour bien d'autres essences, dont l'épicéa et le sapin sont les cas les plus typiques.

Pour les espèces à aires très limitées, il est évident qu'elles peuvent se trouver dans leur optimum, à condition que le climat qui les a amenées n'ait dès lors plus changé. Celles qui ont été refoulées vers les hauteurs par la chaleur ont fort bien pu être arrêtées dans leur ascension par des causes indépendantes du climat proprement dit et ont dû, de ce fait, se résigner à une vie au ralenti, même lorsqu'elles n'étaient pas immédiatement menacées de destruction. Ces essences ne sont donc plus dans leur optimum et celui-ci se trouve dans une région séparée de la leur par des centaines de kilomètres de plaine et qui leur reste tout à fait inaccessible.

En tant que notion théorique, nous voyons donc que l'optimum est loin de constituer un caractère absolu et fixe. Au contraire, il est un facteur éminemment variable et sujet à des modifications qui, de nos jours encore, sont susceptibles d'avoir une répercussion sur nos forêts. Les temps historiques et même modernes fournissent des preuves irréfutables de ces changements et il ne faudra pas négliger l'importance de ces faits lorsqu'on entreprend le reboisement de certaines régions.

L'exemple des conifères méditerranéens offre, sous ce rapport, maint sujet à méditation. Il paraît clair que les essais qu'on fera pour les multiplier dans ce qu'on appelle leur optimum, seront bien souvent voués à un échec complet, alors que leur transplantation sous d'autres latitudes pourrait, au contraire, admirablement réussir. En prélevant des jeunes arbres d'une station montagnarde méridionale assez élevée (où, comme nous l'avons vu, ces essences n'ont pu parvenir qu'à la suite d'un réchauffement du climat, jamais, en tout cas en temps de climat étale) et en les transplantant dans une région d'autant plus septentrionale qu'elle sera moins élevée, nous aurons des chances de les voir repartir avec une vigueur

nouvelle. Sorties de leur prison d'altitude, elles auront la possibilité de choisir un degré de fraîcheur qui, peut-être, leur conviendra mieux que le prétendu optimum d'où elles auront été tirées.

Ces faits semblent prouvés par de nombreuses expériences plus ou moins volontaires, qui ont été tentées à leur sujet. Il suffit de rappeler les introductions victorieuses du Cèdre de l'Atlas en Europe (Mont Ventoux, etc.), de l'*Abies Pinsapo* qui, au dire des auteurs, est infiniment plus nombreux (tout en étant très prospère) dans les forêts, parcs et jardins de l'Europe moyenne jusqu'à la latitude de Paris que dans ses stations naturelles.

Dans le même ordre d'idées, tout le monde peut noter la prospérité et la quantité des *Sequoia Gigantea* élevés depuis 80 ans à peu près, sous toutes les latitudes de l'Europe moyenne, dans des parcs et des forêts. Quoique la plupart de ces arbres soient encore à leur stade de jeunesse, on peut néanmoins dire dès maintenant que leur prospérité est plutôt meilleure que celle qu'on observe dans leur station d'origine, que le nombre d'arbres existants doit dépasser déjà de beaucoup celui des exemplaires de ces dites stations et que leur ensemencement naturel se fait lorsque l'âge des sujets le permet, dans des conditions qui semblent bien moins précaires que celles qu'on observe en Amérique.

Ces essences, telles que le *Pinsapo*, sont dépayssées dans leur aire actuelle qui ne leur offre plus les conditions biologiques favorables. La transplantation et le hasard des stations qui leur furent assignées leur ont permis de retrouver des conditions se rapprochant le plus de leur optimum perdu.

Le sauvetage d'une essence en voie d'extinction peut ne pas présenter un très grand intérêt. Celui-ci pourra cependant être incontestable lorsqu'il s'agira du reboisement d'une région qui, à cause de ses conditions spéciales, semble s'y opposer quand on fait appel aux méthodes traditionnelles ou classiques généralement admises (c'est le cas, par exemple, dans la région méditerranéenne dont la reforestation se heurte à tant d'obstacles).

La recherche de l'identité aussi complète que possible des conditions biologiques doit donc présider à l'introduction des essences exotiques en général. Celle-ci aura des chances de réussir en assurant à certaines essences davantage d'espace, soit en hauteur, soit en latitude, de manière à les ramener à des conditions de fraîcheur qui peuvent leur faire défaut dans leur patrie. Inversement, on pourra favoriser d'autres

essences ayant de la peine à prospérer aux grandes altitudes en les ramenant modérément vers la plaine où, à altitude égale, vers le sud.

Une essence quelconque prise, par exemple, à 35 degrés de latitude et à une altitude telle que nous pouvons la considérer comme une relique post-glaciaire, sera transportée vers le nord de manière à ce que non seulement l'isotherme résultant de sa latitude-altitude soit strictement égale à celle de sa station d'origine, mais encore à ce qu'elle soit sensiblement dépassée.

Ainsi du *Pinsapo* d'Espagne pourra être amené sans hésitation simplement dans certaines régions de la France centrale, ou dans des régions plus élevées de la France méridionale, par exemple dans les Alpes maritimes, dans l'Aigoual, à des altitudes proches de celles de la Sierra-Nevada, ou les dépassant, de préférence, ou encore plus au nord, mais en plaine.

Peut-être aurions-nous avantage à essayer en région méditerranéenne certaines espèces nord-africaines d'origine tropicale ou subtropicale. Nous croyons que le Chêne zeen et d'autres peut-être seraient un nouvel élément qui pourrait être très utile dans la forêt circumméditerranéenne, si pauvre en feuillus.

Vouloir, à tout prix, rétablir la forêt de haute altitude sous prétexte qu'elle a existé autrefois comme en témoignent les « cadavres » qui ornent en abondance les alpages à la limite supérieure des bois, constitue peut-être un leurre. Une telle entreprise ne pourrait se justifier que par l'espoir d'une amélioration de climat.

C'est l'histoire ancienne de l'essence qui fournira les éléments d'appréciation pour établir une norme en vue du déplacement et du reboisement. Le sauvetage de certaines races ou espèces ne pourra être tenté que de cette manière et il semble que pour certaines d'entre elles nous ayons le devoir de ne pas les abandonner à leur sort.

INDEX

	Pages
PRÉFACE	167
INTRODUCTION	169
PREMIÈRE PARTIE	173
<i>Le mécanisme de la migration</i>	173
1. Mode de migration des forêts	173
a) agents physiques	174
b) agents biotiques	176
2. Action des changements de climat sur la migration des forêts	180
3. Obstacles à la migration des forêts	184
4. Conclusions	186
<i>Note sur les conditions géographiques et climatiques aux époques tertiaires et quaternaires, par M. le professeur Elie Gagnebin</i>	187
DEUXIÈME PARTIE	191
I. <i>Les transformations du monde forestier</i>	191
1. Causes des transformations	191
2. Formation et origine des espèces, sous-espèces et races	194
II. <i>Histoire de la migration des peuplements forestiers</i>	196
1. Principes généraux	197
2. Description de la migration de quelques essences	202
A. les feuillus	202
B. les résineux	206
3. Résumé de l'histoire des migrations	209
III. <i>Les enseignements de l'histoire de nos forêts</i>	210