Le sapin sur la limite septentrionale de son aire en Pologne.

Par

S. DZIUBALTOWSKI.

Jusqu'à présent les limites de l'aire naturelle du sapin ne sont pas encore nettement fixées. Cela concerne surtout les contrées, où l'influence de l'homme, sur le tapis végétal primitif, a pénétré profondément, changeant ainsi les relations naturelles. Dans plusieurs endroits, il n'y a plus même les traces des stations naturelles du sapin. Dans d'autres contrées, de nouveau, les peuplements artificiels ont occupé la place des naturels. Dans ces conditions il est très difficile d'établir d'une manière précise, la limite de l'aire naturelle du sapin. La présence de celui-ci, dans une certaine station, ne prouve pas qu'il y est naturel. Il n'est donc pas étonnant que ceux qui s'occupent de la répartition du sapin naturel ne soient pas toujours d'accord, quand il s'agit des objets particuliers. Les uns, les considèrent comme naturels, les autres, au contraire, comme artificiels. Soit que ces discussions se terminent d'une manière ou d'une autre, la limite de l'aire change relativement. Dans les pays, où depuis longtemps déjà, la culture artificielle y est largement introduite, il n'est pas rare, qu'il faille chercher dans les archives, pour décider si la station donnée est naturelle ou artificielle.

Mais si nous passons outre, sur les détails, et si nous ne faisons qu'une esquisse des lignes générales de l'aire naturelle du sapin, elle se présentera comme il suit:

La limite ouest de l'aire s'étend du sud-ouest des Alpes au nord, comprenant le Jura Suisse, les Vosges, la Forêt-Noire jusqu'à Pforzheim; plus loin elle marche au sud-est jusqu'à 48 degrés d'altitude nord, puis à l'est. Passant par la plaine de Munich en large arc, elle envoie, de nouveau, une longue langue étroite par Freising, dans la direction d'Augsbourg. Après avoir traversé le Danube aux envi-

rons de Kelheim, elle s'étend plus loin, au nord-ouest, le long de la Limes franconienne jusqu'au „Jagstkreis“ wurtembergeois, embrassant les hauteurs orientales des Keuper. Puis la limite passe par Rothenburg, Ansbach, Bamberg, traverse le Mein, laissant à l'ouest les hauteurs Rhön; ensuite elle se dirige vers le pied ouest de la forêt de la Thuringe, au nord par Cobourg, presque jusqu'à Eisenach. Là, commence la limite septentrionale. Elle court plus loin dans la direction est, par Arnstadt, Weimar, Jena, Zeitz jusqu'à Colditz. Entre Meissen et Dresde elle traverse l'Elbe et passe Kottbus, Pforten, Sagan, Sprottau, au nord de Breslau, entre les collines de Trzebnica (Trebnitz) et de Riemberg en Silésie moyenne. Des monticules de Trzebnica, la limite passe au nord-est dans la direction de Kalisz, Zgierz, Rogów, Lubochnia, Inowłódz, Drzewica, Jedlińsk et à l'embouchure de la Radomka coupe la Vistule; de là elle court vers Mienia (à l'est de Mińsk Mazowiecki), au sud-ouest de Siedlce. La limite nord-est passe de Siedlce par Łuków, Parczew, Tomaszów Lubelski, Roztocze, Rawa Ruska, Gródek Jagielloński, Wereszyca. D'ici la limite passe par Kałusz au sud et au sud-est de Stanisławów jusqu'à Kołomyja, où elle traverse les Carpathes puis les Alpes de Transylvanie jusqu'au Danube.

Dans les environs d'Orsowa, au bord du Danube, des deux côtés du fleuve, entre les montagnes de la Roumanie et celles de Yougoslavie s'étend un assez grand espace dépourvu de sapin. Cet espace s'élargit plus loin, à l'ouest, embrassant la plaine hongroise et d'autres contrées. Sans nous occuper des îles de sapin dans les montagnes Bihar, la limite de l'aire de cet arbre s'étend du pied sud des Carpathes, limite les parties basses de la Tchécoslovaquie et va plus loin au sud dans la direction des Alpes orientales avec une station isolée sur le Papuk (953 m.). De là l'aire s'étend sur la péninsule balkanique. La limite septentrionale va dans la direction sud-est, par les montagnes du nord de la Yougoslavie, par Stara-Planina jusqu'aux Rhodopes où environ 25° de longitude orientale atteint les confins de l'aire à l'est. La limite méridionale va par les Rhodopes sud, Balassica, Ali-Botusch et par la Macédoine jusqu'au lac Ochrida; ensuite par l'Albanie dans la direction de la mer Adriatique. Plus ou moins à 41° de latitude géographique nord, la limite se dirige vers le nord au pied des Alpes, à une certaine distance de la mer. Puis la limite s'étend aux versants sud des Alpes jusqu'à l'endroit de leur réunion avec les Apennins. La limite embrasse les Apennins atteignant au sud jusqu'à la Calabre pour revenir de nouveau, dans les Alpes sud-ouest à notre point de départ.

Le sapin apparaît en outre par îles, au-delà des limites de son aire naturelle d'aujourd'hui. De pareilles îles se trouvent sur la limite sud-ouest de l'aire, en Corse, dans les Pyrénées, sur le plateau Central de France et, en Normandie. Il faut toutefois remarquer que tous ne sont pas d'accord sur la spontanéité du sapin, en Normandie; ils le considèrent comme provenant d'introductions artificielles. Mais les arguments cités par Aubert, à l'avantage du naturalisme du sapin en Normandie, sont trop graves pour ne pas résoudre, à ce qu'il semble, la question, au sens positif. Aubert (1) admet que le sapin pectiné „amené à la faveur des périodes glaciaires, s'est maintenu avec de très rares espèces, qui lui sont habituellement associées, dans le quadrilatère marqué par les villes de Laigle et Argentan au sud, de Bernay et Mezidon au nord“. Plus loin Aubert constate que, non seulement l'aspect du sapin et des espèces qui l'accompagnent prouvent cela, mais aussi l'étymologie des vieux noms et des lieux ainsi que, les faits historiques. Notamment dans les textes locaux les plus anciens commençant au XI-me siècle „nous rencontrons des mentions du sapin „Abies“.

En Pologne parmi les îles plus éloignées de l'aire d'à présent il faut citer la forêt de Białowieża, où le sapin compose deux îles. Certains auteurs, comme Rubner, Dengler etc. contestent la spontanéité du sapin dans la forêt de Białowieża, prétendant qu'il y est artificiellement introduit. Cependant, la découverte d'une seconde île de sapin auprès de l'ancienne, et le nom de l'habitation voisine (Jedlinskij bor. Jodła, jedla en polonais — le sapin; bor — la forêt) décident la question, d'une manière définitive. La station du sapin, dans la forêt de Białowieża, est le plus reculée à l'est. Il est vrai que Köppen s'appuyant sur Rogowicz mentionne, à l'est, une station encore plus loin poussée, c'est-à-dire près d'Obuchów aux environs de Dubno en Wolynie. Cependant cette mention qui dans la littérature se répète très souvent, est fausse. Non seulement près d'Obuchów mais, en général, en Wolynie, le sapin n'apparaît pas du tout. Dans ce pays, les îles de l'épicéa, parsemées ci et là, ont donné probablement l'idée de cette interprétation erronée.

Comme on le voit de l'aire, le sapin est un arbre qui apparaît surtout dans l'Europe sud-ouest. Dans les parties méridionales, de celle-ci, nous le rencontrons sur les montagnes où il forme, dans une direction verticale, une zone de végétation plus ou moins large. Dans la partie septentrionale il apparaît, aussi bien sur les montagnes, que dans la plaine. La distribution verticale du sapin accuse, dans différentes contrées, de grandes oscillations. Celles-ci sont dues certai-

nement, aux différences de conditions écologiques. Sans analyser de plus près ces conditions, nous ferons, en général, remarquer, que dans les considérations sur les causes de la distribution géographique aussi bien horizontale que verticale, il faut tenir compte non seulement, d'un facteur quelconque, comme cela arrive souvent, mais de l'action combinée de la totalité des facteurs, influant sur le milieu. Le tableau suivant, d'après différents auteurs, illustre la distribution verticale du sapin dans divers pays.

Tableau I.

Localité	Limite moyenne		Limite maximale supérieure <i>m</i>
	inférieure <i>m</i>	supérieure <i>m</i>	
Jura Suisse	600	1300	1500
Vosges	300—400	1200	1400
Schwarzwald	400	1000	
Thüringerwald, Fichtelgebirge, Frankensteinwald	500	800	
Bayrisch-böhmischer Wald	300	1105	1220
Erzgebirge	150	805	1050
Riesengebirge	?	1000	
Alpes { de la Bavière	?	1487	1723
{ Berner Oberland et Engadin	?	1625	1800
{ nord-ouest (Beskids Occidentale)	330—550	1200	1300
{ Centrales (Tatry)	330—540	1260	1562
{ nord-est	480—630	1180	1421 (1510)
Carpathes { orientales	543—976	1456	1712
{ méridionales	765		
{ méridionales	590—1060	1370	1734
{ méridionales	780		
Montagnes des Rhodopes		1700	
" " Bosnie	1000	1600	
Apennins	800	1787	1850
Pyrénées	1360	1950	2000
Plateau Central de France	500	1000	1520
Normandie	250	400	

De ce tableau, il s'ensuit que, plus les montagnes sont situées au sud, plus le sapin atteint les altitudes plus élevées. La limite inférieure descend le plus bas, au nord de son aire horizontale.

En Pologne, le sapin descend des montagnes sur la plaine, où cependant il apparaît principalement, aux endroits plus élevés du niveau de la mer. Le sapin compose des peuplements purs ou mixtes; dans les montagnes il se mélange avec le hêtre, l'érable-sycomore, l'épicéa et,

sur les plaines, avec le charme, le chêne et de temps en temps avec le pin.

Le sapin de culture artificielle est très répandu au nord-ouest et au nord de l'aire naturelle. Nous le rencontrons dans toute la France, la Belgique, l'Angleterre, l'Allemagne septentrionale, Jutland et au sud des Skandinaves.

En Pologne, l'aire naturelle du sapin tend le plus loin au nord. Pour cette raison, l'étude plus profonde des conditions écologiques, dans lesquelles cette espèce existe, comme aussi la manière dont elle se comporte envers différents facteurs, est importante non seulement, au point de vue théorique, mais aussi au point de vue pratique.

La question des limites de l'aire du sapin et les conditions qui déterminent ces limites, ont déjà été le sujet de bien des recherches. Comme causes, qui conditionnent la possibilité de l'existence de cette espèce, on a considéré le plus souvent les facteurs climatiques: la température de l'air, l'humidité, la quantité des précipitations atmosphériques, le déficit hygrométrique etc. et plus rarement la combinaison des facteurs climatiques avec les facteurs édaphiques. Il est certain, que le sapin exige un sol profond avec humus, assez humide, une température modérée et l'air humide. Mais quand il s'agit de la précision exacte de ces exigences générales, nous rencontrons, sous ce rapport, des difficultés et des diversités d'idées.

D'après Kirchner (15) le sapin, sous le rapport de la chaleur, exige une température moyenne pendant l'hiver -4° à -6° C; au mois de janvier, de -4.5° à -6.5° , annuelle $+5^{\circ}$; pendant les mois les plus chauds 15° , pas plus de 20° , maximum jusqu'à $+39$; le sapin peut supporter en hiver le minimum jusqu'à -27° sous le couvert d'autres arbres, comme l'épicéa, le hêtre et autres.

Dengler (3) considère comme facteur le plus important, dans la distribution, la température moyenne du mois de janvier qui ne doit pas être plus basse que -3.5 . Cette température, d'après lui, décide de la répartition du sapin, aussi bien dans la direction verticale qu'horizontale. La quantité des précipitations atmosphériques doit atteindre au moins 600 mm par an.

Szymkiewicz (29) trouve la signification décisive, dans la distribution des arbres, au déficit hygrométrique dans l'air; il affirme, que le sapin évite les endroits dans lesquels pendant le mois le plus chaud le déficit hygrométrique dépasse 10.0 mm.

Les limites thermiques dans lesquelles Kirchner essaye d'enfermer la vie du sapin, malgré leur ampleur, ne s'accordent pas toujours avec la réalité. Comme exemple nous pouvons citer les

données, présentées par Dengler et qui proviennent de la haute limite du sapin.

Tableau II.

	Hauteur, au dessus du niveau de la mer, en mètres	T° moyenne		
		janvier	juillet	annuelle
1. Thüringer Wald	+ 900	— 3·5	+ 12·7	+ 3·9
2. Erzgebirge	+ 1000	— 3·3	+ 13·1	+ 4·8
8. Riesengebirge	+ 920	— 3·2	+ 13·8	+ 4·3

De ces données, il suit que la température annuelle moyenne, ainsi que celle du mois le plus chaud sont plus basses dans les endroits mentionnés que celles citées par Kirchner. Ainsi comme on le voit, la différence est grande. Cependant, la température moyenne du mois de janvier — 3·5, mentionnée par Dengler et qui doit présenter le minimum de chaleur pour le sapin et décider de son aire, aussi bien dans les montagnes que sur la plaine, ne s'explique pas par des faits. Dans les montagnes de St^e Croix qui, outre les Carpathes sont en Pologne le centre principal du sapin, la température moyenne du mois de janvier est — 4°. Dans les Carpathes Occidentales où le sapin se trouve dans des conditions optimales, nous connaissons des endroits, où la température moyenne du mois de janvier est beaucoup plus basse; par exemple à Krynica — 6·0°, à Wisła — 3·9° etc. Il est à constater encore, que le sapin peut supporter en hiver une température beaucoup plus basse que celle marquée par Kerner. En Pologne, dans les limites de l'aire du sapin, l'hiver de l'année 1928—1929 dépassait — 40° C. Malgré cela, le sapin, qui compose le couvert de la forêt, tant qu'il a été serré, est sorti victorieux de ce froid. Les plus grandes dévastations ont eu lieu dans les forêts bien parsemées par l'homme, ainsi que sur les lisières des bois, le long des routes et dans les lieux marécageux.

Certains auteurs attribuent une grande influence, à la quantité des précipitations atmosphériques, sur la répartition du sapin. Comme nous l'avons vu plus haut Dengler évalue, à 600 mm de précipitations atmosphériques, comme quantité minimale pour le développement du sapin. Pax (23) élève cette quantité jusqu'à 650 mm, pour le hêtre et le sapin. En Allemagne la limite septentrionale du sapin, tracée par Dengler, coïncide dans les lignes générales de

600 *mm* de précipitations atmosphériques. Et, quelle est en Pologne, la corrélation de l'aire du sapin avec la quantité des précipitations atmosphériques?

En Pologne, nous avons deux centres principaux dans la distribution du sapin: l'un plus grand, dans les Carpathes, s'étendant en centaines de kilomètres de l'est à l'ouest, l'autre, plus petit, dans les montagnes de S^{te} Croix. Aussi bien dans l'un que dans l'autre, le sapin trouve l'optimum des conditions. Le climat de ces centres est froid et humide, et la quantité des précipitations atmosphériques est annuellement plus que, de 650 *mm*. La quantité du sapin s'amoin-drit, au fur et à mesure de l'éloignement du centre de la distribution, comme aussi souvent sa croissance en hauteur et en épaisseur. Il est donc évident, que pour la vie et pour le développement du sapin, l'humidité de l'air et du sol sont les facteurs les plus importants.

D'autre part, le sapin apparaît dans les endroits où la quantité des précipitations est relativement petite, il faudrait donc supposer que, la sécheresse de l'air et du sol rendent impossible son existence. Ainsi, dans les limites de l'aire naturelle du sapin, sur la plaine, nous rencontrons des espaces où les quantités des précipitations atmosphériques sont de 450 à 500 *mm* (Sieradz, Warta, Zduńska Wola, Szadek), de 500 à 550 *mm* (Łódź, Koluszki, Tomaszów, Jedlińsk, au sud de Łuków: Radzyń, Parczew, Lubartów). Plus loin dans la contrée, embrassée par les lignes: Mińsk Mazowiecki, Łuków, Puławy, la Vistule en aval de l'embouchure du Świder, la quantité des précipitations atmosphériques est de 550—600 *mm*. Le terrain s'étendant au sud de la ligne Wieluń, Sulejów sur la Pilica, Skaryszew, Lublin, en une zone assez large et assez irrégulière, surtout du côté méridional où elle forme un golfe embrassant les montagnes de S^{te} Croix, versant oriental et méridional, possède la même quantité de précipitations atmosphériques. Nous pouvons ajouter, entre parenthèse, que dans cette zone, ainsi que dans les suivantes, comprenant les montagnes de S^{te} Croix et les Carpathes et, où la quantité croissante des précipitations atmosphériques annuelle est continue, le sapin apparaît aussi dans les plus grands massifs forestiers.

Ces phénomènes, en apparence contradictoires, deviennent tout à fait compréhensibles, après avoir étudié de plus près les milieux dans lesquels existe le sapin à la limite septentrionale de l'aire.

C'est moins la quantité des précipitations atmosphériques, qui décide de l'humidité du sol et de l'aire, que leur distribution dans la période de végétation et surtout la manière dont la forêt en pro-

fite. Sous ce rapport, le sol et son caractère jouent le rôle principal, sur quoi, avec raison, Jedliński attire l'attention dans ses considérations sur les limites naturelles des aires de certains arbres. En son temps, J. Thurmman dans les recherches qu'il a faites dans le Jura Suisse, a déjà attribué, dans la répartition des plantes, une grande signification au sol et à ses propriétés physiques. Les écoles russes ont aussi reconnu au sol, le rôle d'un facteur décisif dans la distribution des plantes. Près de la même quantité de précipitations atmosphériques, les relations de l'humidité dans la forêt peuvent se former différemment, suivant le caractère du sol et ses propriétés physiques. Evidemment le caractère des couches plus profondes (sous-sol, substratum) influe sensiblement sur l'humidité du sol. Les sols sablonneux, bien perméables ne favorisent pas l'accumulation de l'eau. Au contraire, les sols agrileux, limoneux, marneux etc, étant imperméables, favorisent l'accumulation de l'eau sur la surface. L'évaporation est moins intense, dans les forêts ombrées, ce qui provient de la faible insolation, d'une ombre épaisse, du manque d'un plus grand mouvement d'air, et de la température plus basse. Par conséquent ces forêts favorisent l'accumulation de l'humidité Quoique les sols lourds ne conviennent pas au sapin, cependant de pareils phénomènes se manifestent aussi sur les sols sablonno-argileux où le sous-sol et le substratum sont imperméables. Ces sols là favorisent le développement du sapin. Par suite de l'imperméabilité du sous-sol et du substratum ils sont imperméables. Ces sols-là favorisent le développement du sapin. Par suite de l'imperméabilité du sous-sol et de l'évaporation peu intense, l'eau, s'accumule et reste plus longtemps dans la forêt. D'un autre côté l'eau, sature tout d'abord l'abondante couche de mousse, puis s'amasse à la surface dans les endroits plus bas, formant de plus ou moins grands bassins, quelquefois même, des marécages. Et ces dépressions là, remplies d'eau, sont une grave source de l'humidité du sol et de l'air. Ces réserves de l'humidité, remplies par les pluies, font, que la forêt de sapin pendant les mois, même les plus chauds, possède une quantité suffisante d'humidité du sol et de l'air. Cette humidité est beaucoup plus grande que celle des lieux ouverts, enregistrés par les stations météorologiques.

Il est évident que cette humidité n'est pas seulement la source, d'où les plantes prennent l'eau contenant des sels minéraux dissous, mais qu'elle a une influence favorable sur les relations thermiques, diminuant l'amplitude des oscillations de la chaleur. En général, si la forêt influe sur les facteurs édaphiques et climatiques, créant, sous le couvert les conditions spécifiques du milieu, différentes à celles

qui sont conditionnées par le climat local et par le sol, le sapin, comme espèce ombrophile joue, sous ce rapport, un rôle de premier ordre. Ainsi, dans la forêt de sapin, non seulement l'humidité sera plus grande, mais les relations thermiques marcheront aussi d'une manière plus régulière, c'est-à-dire qu'elles posséderont l'amplitude d'oscillations amoindrie. Nous voyons donc que, dans la forêt, vu l'influence de la végétation et surtout des arbres, qui forment le couvert, sur le sol et les facteurs climatiques, se forme un climat particulier c'est-à-dire le phytoclimat. Le phytoclimat, étant le produit de l'association, dépend de l'âge de la forêt, de sa composition forestière et de sa structure biologique; il diffère plus ou moins du climat local c'est-à-dire du microclimat qui est le résultat du relief de la surface, comme aussi du macroclimat ou du climat général. Il est clair, que plus le facteur, qui produit le phytoclimat, sera fortement prononcé, plus son influence sera importante sur le micro ou le macroclimat, et, au contraire, en diminuant ce facteur, ce qui a lieu par la destruction des massifs forestiers du sapin, le phytoclimat sera réduit. Dans le cas où ce processus serait poussé loin, c'est-à-dire jusqu'aux limites du macro ou microclimat, l'association ne pourrait pas trouver des conditions favorables à sa régénération. Il est donc compréhensible, que, si le macro ou le microclimat, par leur caractère, rappelle plus le phytoclimat de la sapinière, les conditions climatiques en général, seront pour lui plus avantageuses. De là provient, comme nous l'avons remarqué, qu'ensemble avec l'augmentation des précipitations atmosphériques, qui est liée avec la hypsométrie du terrain, l'aire augmente le nombre du sapin en massif. Où le sapin apparaît en massif, les gelées tardives du printemps, ne sont pas en état d'empêcher son développement. Les montagnes de S^{te} Croix peuvent servir d'exemple. Malgré que les gelées printanières en mai, n'y soient pas rares, le sapin accuse une grande expansion, qui s'exprime dans le repoussement du pin, croissant dans les plaines au sol sablonneux. Nous observons quelquefois le même phénomène quoique à un moindre degré, dans les sapinières de la partie septentrionale de l'aire. Cependant, au moment de la destruction du sapin, soit en massif ou en éclaircissement, le phytoclimat subit des changements. Par conséquent, les facteurs défavorables, comme la quantité insuffisante des précipitations atmosphériques, les gelées tardives etc, ont immédiatement une influence nuisible, sur l'existence future du sapin.

Pour envisager le vrai tableau des relations climatiques dominant dans une certaine association végétale, et baser sur elles des

conclusions, évidemment il faut étudier la marche des éléments climatiques dans la dite association. On peut obtenir ces données par les stations écologiques construites dans la forêt, dans la steppe, dans la prairie etc. Les stations météorologiques se trouvant le plus souvent dans les plus grandes villes, ne donnent pas toujours les données réelles des conditions climatiques générales, c'est-à-dire du macroclimat. Et que peut-on dire aussi d'un facteur particulier arraché de la totalité des facteurs, et comment lui attribuer un rôle décisif dans la répartition d'une espèce végétale?

Wiesner et d'autres, l'ont déjà constaté, ainsi que les observations des phénomènes de la nature démontrent que certains facteurs écologiques peuvent être récompensés par d'autres; par exemple: le manque de chaleur ou l'appauvrissement du sol par une plus grande exigence de lumière; l'humidité du sol par l'humidité de l'air etc.

Cette circonstance diminue l'importance de l'élément climatique quelconque, par conséquent, celui-ci ne peut être la cause unique de la répartition des plantes.

De cela il suit que, possédant des données climatiques précises, nous devons les étudier en corrélation avec les autres facteurs du milieu.

D'après les considérations mentionnées plus haut, il résulte que sur la distribution du sapin, comme en général sur celle des plantes, influe le milieu constitué en premier lieu, par les facteurs climatiques, édaphiques, comme aussi par les facteurs biotiques et historiques. Les facteurs climatiques décident de la répartition, au plus haut degré, dans les lignes générales. Les facteurs édaphiques provoquent la distribution des végétaux très détaillée. Ils permettent, dans les limites de macroclimat qui, en principe, ne favorise pas le développement d'une certaine espèce, l'existence des stations qui, grâce à leurs propriétés particulières, créent un climat local, donnant le minimum au développement de cette espèce. Comme exemple, peuvent servir les oasis, qui possèdent un microclimat différant complètement au macroclimat du désert, et qui se manifeste par le contraste de la végétation du désert, et celle des oasis. S'il s'agit des espèces ombrophiles comme le sapin, à l'état d'expansion, ces espèces profitent le plus souvent du phytoclimat des autres associations; par exemple, le sapin se développe parfaitement bien sous le couvert de la forêt de pin. Au moment où, sur un certain terrain, dans la pinaie se trouvera un massif serré de jeunes sapins, ce qui est possible près de l'existence des conditions convenables édaphiques, le

processus de la transformation du phytoclimat de la pinaie en un phytoclimat plus avantageux pour le sapin et défavorable pour le pin marchera vite, et par conséquent produira le phytoclimat de la forêt de sapin. Ainsi s'accomplira la transformation de l'association de la forêt de pin en celle du sapin.

Mais ce n'est pas toujours la présence des conditions convenables climatiques et édaphiques qui amène l'apparition du sapin. Ce fait est lié, d'un côté avec les facteurs géologiques, historiques, de l'autre avec l'influence de l'homme sur la végétation.

Pour comprendre l'aire naturelle du sapin d'aujourd'hui, en Pologne, il faut prendre en vue l'histoire de son développement et celle de sa migration qui ne sont que la suite du changement des climats dans les périodes postglaciaire et interglaciaire. C'est là qu'il faut chercher les causes de la répartition présente non seulement du sapin, mais de cortèges entiers de plantes. Le quaternaire avec une série de périodes glaciaires successives, séparées par les périodes interglaciaires, conditionnées par de profondes transformations du climat et de la flore, a déterminé une grande migration des plantes. Pendant la plus grande extension du glacier en Pologne (L_3) le sapin a trouvé un refuge dans les Carpathes. Pendant la période interglaciaire (entre L_3 et L_4) le climat a subi des changements sensibles, et comme un important facteur écologique, a favorisé le développement de certains groupes végétaux à défaut d'autres dont les exigences étaient toutes contraires. Pendant la période du climat tiède et humide (subatlantique) le sapin ainsi que ses autres compagnons: le hêtre, l'if, le charme sont très répandus sur les terrains polonais où ils atteignent le nord-ouest près de Grodno.

Arrive un nouveau refroidissement du climat, le retrait des éléments atlantiques au sud et enfin une nouvelle glaciation L_4 . Alors la végétation de la Pologne septentrionale en partie moyenne a subi le nouveau cataclysme de la quatrième glaciation tandis, qu'au midi, à certaine distance du glacier, le sapin ainsi que les autres espèces végétales survivaient dans des refuges, de la partie sud et sud-est de la Pologne.

Comme Weber et Szafer l'ont démontré, après le retrait de la dernière glaciation en Pologne (L_4) dans la période postglaciaire la flore et le climat avaient subi les mêmes changements que ceux de la période interglaciaire. De nouveau, le sapin avec les autres espèces a commencé des migrations au nord et à l'est dans des conditions favorables de climat. Conformément, comme le démontrent les analyses du pollen des tourbières, c'était le temps atlantique. Le climat chaud et humide de cette période favorisait la propagation du sapin

et d'autres espèces atlantiques, comme: l'if, le hêtre, le lierre, l'érable-sycomore etc. Cependant, comme les recherches de Trela (30) le démontrent, dans cette période favorable, les espèces atlantiques n'ont pas atteint le nord-est de la Pologne. Dans la direction septentrionale, le sapin n'est pas passé aussi loin; la meilleure preuve est le manque des pollens dans les tourbières, en Allemagne centrale et septentrionale, ainsi qu'en Finlande, en Léthonie et en Suède. Pourquoi, le sapin s'arrêta-t-il dans sa marche au nord, personne ne le sait. Probablement ce sont des facteurs édaphiques défavorables, comme les sables s'étendant en large ceinture au nord de l'aire du sapin d'aujourd'hui.

La période suivante subboréale, avec son climat caractéristique continental (sec et chaud) non seulement était défavorable à la marche du sapin au nord et à l'est, mais encore contribua au resserrement de son aire. Puis, suit une période subatlantique pendant laquelle, les conditions pour le développement du sapin, paraissent plus avantageuses. A cette période apparaît un nouveau facteur: l'homme et sa culture. Il est vrai que l'homme est là depuis le commencement de postglaciaire, mais dans les premiers temps son influence sur la végétation est insignifiante, tandis que les derniers temps au contraire il joue un rôle très important, le plus souvent destructif. Sous l'influence de l'action de l'homme les forêts spontanées disparaissent presque tout à fait de la surface ou changent leur composition. Cette onde destructive bat en premier lieu les espèces ombrophiles, comme l'if, le sapin, le hêtre etc. Le sapin dans les dernières dizaines d'années a été détruit dans la partie septentrionale de l'aire, dans bien des stations. Ce processus continue et conduit logiquement à la diminution de l'aire naturelle du sapin. Dans son temps, Jedliński (10) a remarqué que le mauvais aménagement forestier de l'homme, détruit sans pitié le sapin à la limitrophe de son aire et par conséquent détruit aussi les conditions climatiques créées par l'apparition en massif de cette espèce, ce qui rapproche cet espace de la zone des conditions optimales.

Il est curieux, que les autres espèces ombrophiles des arbres, comme le hêtre, l'érable-sycomore, l'épicéa, marchent ensemble avec le sapin, loin au nord avec la végétation herbacée qui les accompagne. Comme exemple des espèces herbacées qui, au nord accompagnent le hêtre et l'épicéa, on peut mentionner ce fait, que les espèces caractéristiques pour ces arbres, dans les Carpathes ou dans le massif de S^{te} Croix, comme *Galium rotundifolium*, *Blechnum Spicant*, *Allium ursinum* atteignent le plateau de Łódź.

Tableau IV.

Formes biologiques		Fidélité	Association à <i>Abies alba</i> (<i>Abietetum albae</i>)																						Présence	
			Localité																		Quantité et Sociabilité moyennes					
			Numéro du relevé		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10			11
Quantité et sociabilité		Q	S	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S			
P	3	I. Strate arborescente supérieure																								
		α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Pinus silvestris</i>																								
		<i>Fagus sylvatica</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		II. Strate arborescente inférieure																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								
		<i>Picea excelsa</i>																								
		<i>Sorbus aucuparia</i>																								
		<i>Rubus idaeus</i>																								
		<i>Evonymus verrucosa</i>																								
P	3	α) Caractéristiques																								
		<i>Abies alba</i>																								
		<i>Sambucus racemosa</i>																								
		β) Compagnes																								
		<i>Quercus pedunculata</i> et <i>sessiliflora</i>																								
		<i>Carpinus betulus</i>																								

Le sapin, sur la limite septentrionale, constitue parfois des peuplements purs ne le cédant en rien à ceux de S^{te} Croix. Quelquefois le sapin apparaît en mélange avec d'autres genres d'arbres comme: le chêne, l'orme, le tilleul, le hêtre, l'érable-sycomore. Comme nous l'avons mentionné plus haut, le sapin ombrophile pénètre aussi dans d'autres peuplements, en les transformant en peuplements mixtes ou purs.

Le fait que le sapin à l'ouest ou au nord de l'aire actuelle réussit dans la culture, témoigne qu'il a là, des conditions favorables; mais le procès de sa migration rencontre dans son développement des obstacles qui lui empêchent d'atteindre ces endroits. Ces obstacles proviennent de différentes causes: climatiques, édaphiques, biotiques (l'influence de l'homme) etc. ayant leur source dans l'histoire. Cependant, à présent si l'homme introduit artificiellement le sapin dans ces endroits, c'est qu'il y trouve les conditions favorables à son développement et sa propagation. Par conséquent le sapin peut s'y maintenir comme espèces indigènes sous la protection de l'homme.

Malgré la destruction et la déformation de la forêt de sapin, sur la limite septentrionale, on peut y trouver encore des parties de forêt naturelle bien conservées, c'est-à-dire possédant des traits caractéristiques. Dans ce but nous avons pris quelques relevés phytosociologiques dans les vieux peuplements de sapin à Mienia (noeud hydrographique de Kałuszyn à l'est de Mińsk Mazowiecki), sur la Pilica moyenne et sur le plateau de Łódź. Nous traiterons une autre fois la question de la limite est du sapin de Siedlce-Łuków.

Maintenant nous tâcherons de caractériser de plus près cette association. Le tableau Nr. III caractérisera les différents éléments du milieu, tandis que le tableau Nr. IV nous présentera la composition floristique ainsi que la morphologie de l'association.

Du tableau Nr. III il suit que le sapin apparaît surtout sur les sols meubles, sablonno-argileux, qui dans leurs couches plus profondes possèdent des argiles ou des terres glaises. Dans les sols on rencontre de minces couches imprégnées d'ocre, ainsi que des cailloux de différentes grandeurs, plutôt petits. Ce sont le plus souvent, des argiles, dans les couches supérieures sablonneuses. Ces sols qui sous l'influence de la forêt montrent, „la bielitza“, contiennent une quantité considérable d'humus, peu de carbonate et possèdent une réaction acidulée. Sur ces sols, le sapin dans sa maturité (de 100 à 130 ans) atteint jusqu'à 30–35 m de hauteur et à 50–80 (100) cm de diamètre à la hauteur de 1 met. 30 cm.

Tableau III.
analytique des relevés phytosociologiques de *l'Abietetum albae*.

Nro du relevé	Localité	Altitude	Date	Inclinaison	Exposition	PH du sol		Quantité de carbonates p. c.				Description du sol Epaisseur des couches en cm				Description de la strate arborescente supérieure de la forêt			
						à profondeur						de la couche transitoire	d'humus	de la litière	Nature du sol et sous-sol	Nom du genre et de l'espèce d'arbre	Âge	Hauteur moyenne en m	Diamètre moyen à hauteur d'homme (13 m)
						0-10 cm	40-50 cm	0-10 cm	40-50 cm										
1	Rudka	172	22. VI. 1926	0	0			0.5		1-2	2-3	3			Sol compact sablonno-argileux; dans le sol cailloux de différentes grandeurs	Abies alba Quercus pedunculata et sessiliflora Pinus silvestris	50-90 80 - 120 40-50		
2 3 4	Mienia	173	11. X. 1928 14. XI. 1929	0	0	(3:59 (3:50	4.85 4.49	0.1 0.01- 0.02	0.04 0.01- 0.02	1-2	5-6	8-10			Sol sablonno-argileux avec de minces couches d'ocre; à 75 cm de profondeur apparaît l'argile limoneuse, rougeâtre	Abies alba	120- 130	30 50-70	
5 6	Twarda-Bukowiec	192	28 VIII. 1926 21. V. 1927 11. IX. 1928	0	0	5:30	4.70	0.09	0.07	2-3	2	8-10	3	7-10 15	Plus profondément le sable argileux; à 30-35 cm de profondeur une couche serrée d'argile plastique	Abies alba	± 120	30 50-70	

7	Jeleń- Sługocice	175	30.VIII. 1926	0	0	4-10	A pro- fondeur de 80 cm 6-29	0-02	0-02	3-5	3	12-15	A 30 cm de profondeur sable rougeâtre avec de minces couches d'Ort- stein, passant successi- vement en argile sablon- neuse - limoneuse blanche (podzol). Sol humide ren- fermant passablement de cailloux de différentes grandeurs. Eau à 1 m de profondeur	Abies alba	120— 150	30	50—60
8	Cekanów- Skrzynki	176	10.VIII. 1926	0	0	5-15	4-55 (à pro- fondeur de 75 cm 5-75)	0-05	0-04	1-2	4-5	5-6	A 15—17 cm de pro- fondeur couché d'ar- gile ocrée de 20 cm d'épaisseur. Plus profondément sable blanc et propre	Abies alba	100— 120	24	40—60
9	Ślotwiny	213 m	10.VIII. 1926	+ 3	De- pres- sion	3-95	4-85 (80 cm 4-91)	0-05— 0-03	0-02— 0-06	2-3	12-15	15-18	Plus profondément sable jaune avec minces couches d'Ortstein reposant sur l'argile	Abies alba	100— 120	25	60
10	Koluszki	213 m	9. X. 1926	1—2 ⁰	S	5-33	5-30 (60 cm 5-45)	0-5	0-0— 0-5	2	6	20	50—60 cm de sable ocré passant plus profondé- ment jusqu'à 50 cm dans le sable blanc contenant des cailloux polis. A pro- fondeur plus ou moins d'un mètre argile serrée	Abies alba	100— 120	25	45—60
11	Budy- Wiączyn	230 m	27.VI. 1927 14. II. 1930							2	4-6	5-10	A plus grande pro- fondeur, limon sab- lonno-argileux con- tenant des cailloux de la grandeur d'un pois. A un mètre de profondeur l'ar- gile apparaît	Abies alba	90— 110	26	50—65

Le tableau Nr. 2 indique que le sapin, dans les stations nord, forme des associations qui, essentiellement ne diffèrent pas beaucoup de celles du massif de S^{te} Croix. Ces associations constituent des forêts ombreuses, serrées, humides, sombres. Dans leur forme typique elles possèdent la strate de mousse bien développée, tandis que le sous-bois l'est faiblement. Cependant, quand dans la strate supérieure se trouve des essences feuillues, très souvent le sous-bois se développe mieux. A côté des espèces apparaissant dans les strates supérieures, on rencontre, en abondance, dans le sous-bois, des arbustes, comme: *Sambucus racemosa*, *Corylus avellana*, *Daphne Mezereum*, *Sorbus aucuparia* etc. En général, on peut dire qu'aussi bien la quantité d'espèces que leur abondance dans le sous-bois, sont plus grandes que celles de l'*Abietetum* du massif de S^{te} Croix. Là, le sapin représente l'espèce principale du sous-bois, tandis que les autres espèces, outre les endroits clairsemés et les intervalles dans le peuplement normal, se rencontrent rarement et sont peu abondantes. Avant la guerre mondiale les forêts dans la région de la Pilica moyenne, et sur le plateau de Łódź (Wiączyn) possédaient beaucoup de gibier (cerfs, chevreuils, sangliers), dans les autres endroits de la zone paissaient une quantité de bestiaux. Ce gibier, comme aussi le bétail, détruisaient au plus haut degré la végétation herbacée et le sous-bois. Le sapin y est rongé par le cerf et la biche. D'autre part, le sapin comme arbre plus rare dans la Pologne centrale, où se trouvent de grandes villes, comme: Varsovie, Łódź etc. y est coupé dans un but décoratif, pour la vente. Tout cela a une influence nuisible sur le sapin et ne permet pas, un renouvellement normal dans les forêts.

En comparant l'*Abietetum* sur les limites nord avec celui du massif de S^{te} Croix, on peut constater les faits suivants:

I. Dans les forêts de sapin, au nord de l'aire, la quantité des espèces caractéristiques est sensiblement moindre, par conséquent l'association est moins individualisée. Il manque un certain nombre d'espèces caractéristiques pour l'*Abietetum* de S^{te} Croix comme: *Galium rotundifolium*, *Aspidium lonchitis*, *A. lobatum*, *A. montanum*, *Polygonatum verticillatum*, *Lycopodium selago* etc.

II. Les espèces possédant un degré de présence très élevé (5 et 4) dans l'*Abietetum* de S^{te} Croix, apparaissent presque toutes dans l'*Abietetum* septentrional. La plus grande partie de ces espèces a le même degré de présence ou tant soit peu moindre comme: *Oxalis acetosella*, *Majanthemum bifolium*, *Luzula pilosa*, *Hieracium murorum*, *Galeobdolon luteum*, *Viola silvestris*, *Lactuca muralis*, *Aspidium spinulosum*,

Veronica officinalis, *Vaccinium myrtillus*. D'autres comme par exemple: *Aspidium filix mas*, *A. filix femina*, *Phegopteris dryopteris*, *Rubus hirtus*, *Juncus effusus*, *Carex palescens* au contraire, dans l'*Abietetum* septentrional, possèdent un degré de présence bien inférieur. D'un autre côté, nous voyons dans l'*Abietetum* septentrional un cortège d'espèces, comme: *Quercus pedunculata et sessiliflora*, *Carpinus betulus*, *Hepatica triloba*, *Ajuga reptans*, *Carex digitata*, dont la présence dans le massif de S^{te} Croix atteint un degré très inférieur.

Dans la strate muscinale on voit presque les mêmes espèces de mousse, comme aussi plus ou moins la même abondance.

Des faits plus haut cités, il ressort les conclusions suivantes: Les sapinières au nord de l'aire forment, plus rarement que dans les Carpathes et dans le massif de S^{te} Croix, des peuplements purs. Plus souvent entrent dans leur composition, en qualité de mélange, d'autres espèces, comme le chêne, le charme, plus rarement le hêtre. La présence de ces derniers décide sur l'apparition des espèces caractéristiques pour les forêts feuillues (*Hepatica triloba*, *Ajuga reptans*, *Phyteuma spicatum*, *Milium effusum*, *Milittis melissophyllum* etc.). Ces forêts sont, en général, plus sèches que celles de S^{te} Croix. Cela provient du fait de la petite quantité des espèces de *Carex* (laiche), du petit degré de présence des fougères, des joncs, des ronces.

L'élément des montagnes, dans ces forêts y est faiblement représenté.

Et maintenant il ne nous reste plus qu'à parler encore d'un problème très important: la possibilité de maintenir le sapin, sur les limites de l'aire septentrionale et son expansion. Les petits plants qu'on trouve dans les sapinières septentrionales prouvent que le sapin produit des graines. Les observations faites des sapinières n'ont pas permis de préciser si l'abondance des graines a lieu chaque 2 ou 3 ans, d'autant plus que l'apparition de la tordeuse a troublé le développement normal de différentes forêts de sapin. Ce n'est qu'après quelques années d'observations systématiques, que cette question sera suffisamment éclairée. Comme il s'ensuit de tous les relevés phytosociologiques, le sapin se rencontre dans toutes les strates de la forêt. Par conséquent, il possède toutes les conditions de renouvellement.

Afin de mieux connaître la structure et la dynamique de l'association des sapinières, aux limites de l'aire septentrionale, nous nous servons de la méthode de J. Paczowski (21).

Cette méthode est fondée sur le fait, des relations qui existent entre les différents individus d'arbres, dans la forêt. Nous les ex-

primerons par des lignes courbes qui résultent de la mesure de l'épaisseur.

Tableau V.

Localité	Surface en m ²	Semi	Classes de grosseur																
			Nombre d'arbres dans une classe																
			1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-65	66-70	71-75	76-80	81-85
Mienia	1600 m ²	19.200	1968	44	17	9	11	11	22	8	7	9	7	4	5	3	1	—	—
Klonów	2500 m ²	87.500	203	12	7	15	9	17	17	12	10	7	7	7	3	1	—	—	—
Jeleń	2500 m ²	20.000	—	—	3	18	20	19	14	10	10	4	2	—	—	—	—	—	—
Bukowiec	2500 m ²	32.500	5	4	5	10	14	10	6	9	9	2	1	—	2	1	4	1	—

Dans ce but nous choisissons une certaine surface de la forêt, autant que possible bien développée, nous comptons les individus,

leur épaisseur ou leur hauteur; il est plus pratique de prendre la première. Nous classons ce matériel d'après l'épaisseur par 5 ou 10 cent. De cette façon on établit des classes d'épaisseur ainsi que la quantité. Puis, mettant sur l'axe des ordonnées la quantité des individus, sur l'axe des abscisses les classe d'épaisseur, nous obtenons une courbe qui caractérise la strate arborescente de la forêt. Il est vrai que cette courbe nous présente seulement les relations d'une strate, cependant très importante, car elle joue le rôle principal dans l'association forestière. Comme exemple nous présentons, d'après la méthode de Paczowski, une sapinière à Mienia. Dans ce but nous avons pris comme essai, trois surfaces notamment 2 de 500 m^2 et 1 de 600 m^2 total 1600. Sur ces surfaces, nous avons mesuré le diamètre des arbres à hauteur de $1\text{ m }30\text{ cm}$ et en avons compté le nombre dans chaque classe d'épaisseur.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau V.

En présentant le sapin constituant un peuplement en forme de courbe et rejetant les autres espèces qui apparaissent comme mélange, nous obtiendrons le tracé suivant (Fig. 1).

La ligne courbe est par excellence binôme. Le commencement n'est pas au point *A* comme il est marqué par nécessité sur le tracé mais beaucoup plus haut. Cette courbe tombe rapidement au point *B*; puis, remontant au point *C* retombe, de nouveau, au point *D* où elle se termine.

Le point *B* répondant au plus grand nombre des individus qui disparaissent, tombe sur la courbe à la place où finissent les strates inférieures arborescentes et où commence la dominance de la strate supérieure. Le point *C* répond à la plus grande fréquence. De cette manière, nous recevons quelques „champs“ qui caractérisent chacun, un autre moment du développement de l'association. Le champ entre l'axe des ordonnées et le segment *AB* répond aux naissances de la jeunesse forestière, et aux stades plus jeunes de son développement. La dépression *ABC* correspondant à la mort rapide de la jeunesse forestière, caractérise le moment le plus intensif de la lutte pour la vie. La forme de la courbe nous présente les relations de la jeunesse forestière de la strate inférieure, avec les strates supérieures. Le „champ“ *BC E* répond au maximum de croissance des arbres en épaisseur. Le champ *EC D* à la chute graduelle de la fréquence, pour cause d'âge et les suites qui en dépendent (renversement, casure par le vent etc.).

En examinant les courbes représentant *Abietetum* dans différents endroits (Fig. 1—4), nous voyons que leur marche, dans les lignes gé-

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

nérales, est la même. Il s'ensuit, que les mêmes tendances de développement caractérisent des individus particuliers de la même association. Certaines différences qui s'observent dans la marche des courbes, sont de nature quantitative et proviennent de la différence des conditions écologiques ou sont le résultat de phénomènes secondaires.

En résumant tout ce que nous avons dit plus haut, nous arrivons aux conclusions suivantes:

1. Les sapinières, sur la limite septentrionale de leur aire, sont au point de vue génétique liées avec celles du massif de S^{te} Croix.
2. Leur structure biologique, leur caractère, ainsi que leurs tendances de développement sont les mêmes que dans le massif de S^{te} Croix, par conséquent le sapin y manifeste une grande vitalité.
3. Les facteurs édaphiques jouent un rôle très important dans la distribution et le maintien du sapin.
4. Leur influence s'exprime, dans la modération des amplitudes de la température, dans l'augmentation d'humidité de l'air et du sol; par conséquent, elle permet d'exister au sapin dans les conditions du macroclimat, en principe défavorable à son développement.
5. En général, l'existence de grands espaces de forêts sur la limite septentrionale de l'aire, et en particulier des sapinières, élève

les traits de phytoclimat et rapproche les stations du sapin pectiné des conditions climatiques optimales.

6. Son retrait, sur les périphéries septentrionales dans la direction des centres de la distribution d'aujourd'hui, est le résultat de l'activité destructive de l'homme.

7. Le maintien du sapin, sur les périphéries septentrionales de l'aire, exige que l'aménagement des forêts tienne compte, non seulement des exigences des individus du sapin, mais aussi de leur population. Dans certains endroits, sans la protection de l'homme, le sapin sans doute, périrait.

Institut de Botanique de l'École supérieure d'Agriculture de Varsovie.

Bibliographie.

1. Aubert, C. G. Le sapin de Normandie. Rev. des Eaux et Forêts. T. LXVII Nr. 12, 1929.
2. Czechtowa, H. Element atlantycki we florze Polski. (Élément atlantique dans la flore de Pologne). Kraków, 1928.
3. Dengler, A. Die Horizontalverbreitung der Weisstanne. Neudamm, 1912.
4. Dziubałtowski, S. Étude phytosociologique du massif de Ste Croix. I. Les forêts de la partie centrale de la chaîne principale et des montagnes: „Stawiana“ et „Miejska“. Acta Soc. Bot. Poloniae. Vol. V, Nr. 5, 1928.
5. — Rezerwat jodłowy w Mieni pod Mińskiem Mazowieckim. (Réserve de la forêt de sapin à Mienia près de Mińsk Mazowiecki). Las Polski Nr. I, 1930.
6. Fekete, L. u. Blattny, T. Die Verbreitung der forstlich wichtigen Bäume und Sträucher im Ungarischen Staate. Bd. I, 1914 Bd. II, 1913.
7. Gams, H. u. Nordhagen, R. Postglaziale Klimaänderungen und Erdkrustenbewegungen in Mitteleuropa. München, 1923.
8. Gorczyński, W. Nowe izotermie Polski, Europy i kuli ziemskiej. (Nouvelles isothermes de la Pologne, de l'Europe et du globe terrestre). Warszawa, 1918.
9. — O temperaturze powietrza w Polsce (Température de l'air en Pologne). Pam. Fizjogr., T. XXIII. Warszawa. 1916.
10. Jedliński, W. O granicach naturalnego zasięgu buka, jodły, świerka na wyżynach Małopolskiej i Lubelskiej. (Sur les limites de l'aire naturelle du hêtre, du sapin et de l'épicéa sur le plateau de la Petite Pologne et sur celui de Lublin). Zamość, 1922.
11. Kloska, J. Nowe stanowisko jodły w puszczy Białowieskiej. (Une nouvelle station du sapin dans la forêt de Białowieża). Las Polski Z. X. 1922.
12. Koczwarą, M. Rozwój połodowcowej flory i klimatu Podola w świetle analizy pyłkowej. (The developpement of post-glacial flora and of the climate of Podolia, in the light analysis of Pollen). Prace geograficzne, Z. IX. Lwów-Warszawa, 1927.
13. Koczwarą, M. Ze studjów nad klimatologią roślin w Polsce. (Études sur la climatologie des plantes en Pologne). Kosmos. R. XLIX, Z. III, 1924.

14. — Znaczenie niedosytu wilgotności dla ekologicznej geografii roślin. (The importance of the vapor tension deficit to the ecological plant geography). *Kosmos*. R. XLVIII, Z. IV, 1923.

15. Kirchner, O., Loew, E. u. Schröter, C. Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas. Bd. I.

16. Kosińska-Bartnicka, St. Opady w Polsce z dodatkiem mapy. (Les précipitations en Pologne avec carte). *Prace meteorologiczne i hydrograficzne*. Z. V. R. 1927.

17. Košanin, N. Die Koniferen Südserbiens. *Bull. de l'Institut et du Jardin botanique de l'Univ. de Belgrade*. T. I. Nr. 2. 1929.

18. Miklaszewski, J. Lasy i leśnictwo w Polsce. (Les Forêts et la Sylviculture en Pologne). Warszawa, 1928.

19. Mattfeld, J. Die europäischen *Abies*-Arten. *Die Pflanzenareale*. H. 2. Jena 1926.

20. — Das Areal der Weiss-Tanne. *Mit. d. deutsch. Dendr. Ges.* 1926. II.

21. Paczowski, J. Biologiczna struktura lasu. (Die biologische Struktur des Waldes). *Sylvan. R.* XLVI. Z. 3 i 5, 1928.

22. Patzer, J. E. et Gerards, H. Przyczynki do geografii roślin okolic Łodzi. (Contribution à la flore aux environs de Łódź). *Czasopismo przyrodnicze*, Z. VII—VIII. R. 1929.

23. Pax, F. *Pflanzengeographie von Polen*. Berlin, 1918.

24. Rubner, K. *Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaus*. Neudamm, 1924.

25. Szafer, Wł. Entwurf einer Stratigraphie des polnischen Diluviums auf floristischer Grundlage. *Rocznik Polskiego Tow. Geol.* Tom V. Kraków, 1928. (Avec bibliographie concernant la flore inter et postglaciaire en Pologne).

26. Szafer, Wł. Jodła w puszczy Białowieskiej. (Le sapin dans la forêt de Białowieża). *Sylvan*, Lwów. 1920).

27. — O florze i klimacie okresu międzylodowcowego pod Grodnem. (Sur la flore et le climat de la période interglaciaire près de Grodno). *Spraw. Kom. Fizjogr. Polskiej Akademji Umiej.* T. 60. Kraków, 1926.

28. — Element górski we florze niżu polskiego. (The mountain element in the flora of the polish plain). *Rozpr. Wydz. matem.-przyr. Polskiej Ak. Um.* Tom LXIX, B. Nr. 3, 1929.

29. Szymkiewicz, D. Sur l'importance du déficit hygrométrique etc. *Acta Soc. Bot. Poloniae*. Vol. I. 1923.

30. Trela, J. Torfowisko Jelnieńskie koło Dżisny w północno-wschodniej Polsce. (Die Pollenanalytische Untersuchung des Torfmoores „Jelnia“ bei Dżisna in Nordost-Polen). *Spraw. Kom. Fizjogr. Pol. Ak. Um.* T. LXIV.

31. Wierdak, S. O rozsiedleniu niektórych naszych drzew i krzewów. (Beiträge zur geographischen Verbreitung einiger Waldbäume u. Sträucher in Polen). *Sylvan*. Lwów, 1926.

32. — Rozsiedlenie świerka, jodły i buka w Małopolsce. (La distribution de l'épicéa, du sapin et du hêtre dans la Petite Pologne). *Sylvan*. Lwów, 1927.

33. Wiśniewski, T. Kilka szczegółów o jodle w puszczy Białowieskiej. (Quelques détails concernant le sapin dans la forêt de Białowieża). *Ochrona Przyrody*. Zesz. 4. R. 1924.