Zeitschrift: Journal forestier suisse : organe de la Société Forestière Suisse
Herausgeber: Société Forestière Suisse
Band: 27 (1876)

Artikel: De la conservation des bois
Autor: Brosi, U.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-784234

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: 04.07.2025

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

De la Conservation des bois.

Par U. Brosi, ancien inspecteur des forêts à Zurich.

Le bois étant une substance organique est sujet à se décomposer, ses fibres ne sont jamais complètement inaltérables. Ce sont le tanin, les résines et les huiles essentielles qui prolongent surtout la durée des bois de chêne et de sapin, ainsi que nous le prouvent les troncs découverts dans les terrains tertiaires. Dans nos espèces indigènes la matière colorante ne joue qu'un rôle insignifiant. Sous l'action de l'air, de l'humidité et de la chaleur, la proteîne en revanche, si susceptible de fermentation, et douée de la propriété de la propager dans les corps environnants, attaque non seulement l'albumine et les autres hydrates de carbone, mais favorise aussi la décomposition des tissus ligneux proprement dits, ainsi que celle des corps inorganiques contenus dans le bois (soufre, phosphore, silice, potasse, soude, chaux, magnésie etc.) A ces procédés chimiques vient ordinairement s'ajouter l'action délétère des plantes, par exemple: des champignons, et celle de certains insectes dont le plus redouté est le ver de bois (*Teredo navalis*) qui perfore la carène des navires.

L'air, l'humidité et la chaleur sont les grands facteurs de toute fermentation ou décomposition; si l'un d'eux fait défaut, les tissus ligneux ne se transforment que très lentement ou point. C'est ainsi que tout bois privé du contact de l'air, soit parce qu'il se trouve recouvert d'une épaisse couche de terre ou parce qu'il est complètement immergé dans l'eau douce ou dans l'eau de mer, a une durée pour ainsi dire infinie. Tels sont les restes de ponts en chêne datant des Romains que l'on trouve sur les bords du Danube et du Rhin, tels sont aussi les pilotis d'orme et de bouleaux sur lesquels repose Venise depuis des siècles. L'absence d'humidité, le gel, et une chaleur dépassant 40°, excluent aussi la fermentation du bois.

Bannissez ces 3 facteurs fondamentaux de la destruction des tissus ligneux et vous obtenez la conservation des bois; la difficulté est de

trouver un procédé par lequel une grande construction en bois soit mise à l'abri des atteintes de l'air, de l'humidité et de la chaleur.

On possède à la vérité certains moyens de conserver les bois ou d'en entraver la pourriture, mais ces moyens depuis longtemps connus sont négligés dans les grandes constructions où de nos jours l'élégance des formes a pris le pas sur la solidité et la durée. Les conditions dans lesquelles se trouve tout bon bois de construction, abstraction faite des qualités qu'il acquiert naturellement soit du terrain où il croit, soit des soins forestiers dont l'arbre a joui pendant son existence, sont les suivantes :

a. L'abattage en hiver, c'est-à-dire dans les mois de Novembre, Décembre et Janvier.

b. L'équarissage ou du moins l'écorçage exécutés avant les chaleurs de l'été.

c. L'entassement des bois dans des magasins secs, couverts, et accessible aux courants d'air. Il est nécessaire que ces magasins soient couverts, par ce que l'action des rayons du soleil et les changements de température fendent et tourmentent toute espèce de bois, tandis que ces inconvénients ne surgissent que dans de très faibles proportions, lorsque les bois sont emmagasinés en lieux couverts et aérés.

d. Ne jamais employer de bois vert ou humide dans des lieux inaccessibles à l'air où une chaleur humide favorise presque toujours le développement des champignons destructeurs inévitables de toute charpente.

Coupé au printemps, en été ou en automne le bois doit être façonné immédiatement après l'abattage si l'on veut qu'il soit de quelque durée; mais l'abattage au printemps ou en été des arbres destinés à fournir des bois de service ou d'industries, offre, à côté des inconvénients qu'il présente sous le rapport de l'économie forestière, 2 grands désavantages qui touchent aux qualités techniques du bois :

a. Si le façonnage ou du moins l'écorçage ne suit pas immédiatement l'abattage des arbres, la fermentation des sucs du bois se développe bientôt et les premiers symptômes de la décomposition apparaissent. Les insectes affluent dans les bois résineux. Ces désordres se manifestent plus ou moins vite selon la nature des bois, et portent un préjudice plus ou moins grand à leur emploi technique. L'aubier est atteint avant le cœur de l'arbre qui plus résistant souffre à des degrés qui varient selon les essences. En admettant même que la

pourriture n'attaque pas toujours les troncs non écorcés que l'on abandonne en forêt, on ne peut nier que par suite de cette négligence la couleur du bois n'en souffre et que la fraîcheur de ses fibres ne disparaisse.

Ce que nous venons de dire s'applique également à ces morceaux de troncs non écorcés qu'on voit souvent aux abords des scieries ou dans les chantiers de charpentier; là de même fermentent les germes de la vie végétale et animale.

b. Le bois abattu et façonné est-il laissé exposé aux rayons du soleil, il se fend et se tourmente par suite d'une dessication trop rapide; c'est un inconvénient auquel en général on ajoute peu d'importance quand ils s'agit de bois de construction mais qui cependant n'en existe pas moins pour cela.

Le meilleur procédé consiste donc à abattre le bois en hiver, à le façonner tôt après et à le faire sécher lentement avant les chaleurs de l'été.

A côté des mesures utiles que nous venons d'indiquer, il ne sera pas superflu de faire encore connaître d'autres moyens de conservation, recommandables par les résultats qu'ils ont déja fournis:

a. La dessication du bois avant son emploi. La meilleure manière de faire sécher le bois, est de l'entasser dans des magasins de telle sorte que l'air pénétrant chaque couche empêche les substances azotées d'entrer en fermentation. Afin de prévenir une dessication trop prompte, il suffit d'enduire les extrémités des *billons* avec de l'argile, du goudron, ou de la couleur blanche. L'eau de chaux détériore le bois.

b. Dessication artificielle dans des chambres voûtées et chauffées où le bois est soumis à l'action de la chaleur soit directement, soit indirectement. Une chaleur dépassant 75° C. fait disparaître toute humidité et provoque la coagulation de l'albumine, en outre dans le premier cas où le bois est exposé directement à l'action du feu, il se recouvre d'une couche de suie. Selon l'épaisseur des bois on porte la chaleur à 100° C. afin qu'elle en pénètre toutes les fibres. On possède des instruments à l'aide desquels on peut s'assurer du degré de chaleur des différentes couches d'une pièce de bois.

c. Au moyen de la carbonisation on revêtit le bois d'une couche de charbon inaltérable par elle-même et l'on obtient également la dessication et la coagulation de l'albumine; mais les bons côtés de ce genre de procédé sont plus que balancés par les déchirures qui se

produisent dans le bois et par les propriétés hygroscopiques de la couche de charbon.

d. Les enduits préservatifs de l'humidité, tels que argile, asphalte, ciment, et même le revêtement du bois au moyen de feuilles de métal, ne réussissent que rarement.

e. Les enduits gras ne doivent être employés que sur des bois entièrement secs dont ils augmentent la durée; appliquée en revanche à des bois à demi desséchés, la peinture à l'huile ou avec des substance analogues empêche l'évaporation et ne fait qu'accélérer la décomposition.

f. Empêcher dans les constructions la pourriture des poutres en établissant à côté d'elles des ventilateurs.

g. Lavage des bois dans l'eau courante pour en éloigner la proteîne contenue dans la sève; on arrive au même but au moyen du flottage; toutefois si le flottage n'est pas régulièrement organisé, les dommages causés sont si considérables qu'il lui enléve une grande partie de sa valeur.

h. L'éloignement des sucs à l'aide d'une presse hydraulique.

i. Les bains de vapeur ont ordinairement lieu dans des chaudières fermées conjointement avec l'imprégnation d'après les méthodes de Burnett et de Bethel; ils ont pour résultats de faire disparaître la sève des couches extérieures du bois et de produire la coagulation de l'albumine. En élevant la température de la vapeur d'eau à 150° C. et en soumettant le bois à son action prolongée dans des vases hermétiquement fermés, on prétend qu'outre une complète dessiccation des fibres on obtient un matériel plus solide et plus durable. C'est encore au moyen de la vapeur qu'on parvient à donner au bois une extrême souplesse.

On conçoit aisément que quant aux traverses de chemins de fer, tous ces procédés ne suffisent pas.

Dès la création des chemins de fer arrivée dans la 3me décennie de ce siècle, il se manifesta en Angleterre et en France une certaine inquiétude de voir le prix des bois augmenter. Il fallut en même temps, chercher dans l'intérêt même de l'exploitation ininterrompue des voies ferrées, les moyens de conserver les mêmes traverses le plus longtemps possible en détruisant les ferments contenus dans le bois et les substances azotées du tissu cellulaire.

D'innombrables essais furent faits, mais demeurèrent à peu près infructueux parce qu'appliqués en grand, ils n'étaient pas pratique. On

continue aujourd'hui et la théorie ne cesse d'inventer des procédés nouveaux; il s'imprime même à ce sujet des réclames mystérieuses, comme s'il s'agissait de la pierre philosophale.

Les 2 seuls modes de conservation qui aient eu un réel succès, sont les suivants :

1. L'immersion des bois dans un bain antiseptique. (Méthode Kyan, traitement au chlorure de mercure, patenté en Angleterre en 1832.)

2. L'imprégnation au moyen d'une pression de 1 à 8 atmosphères:

a. Expulsion de la sève et imprégnation d'un liquide antiseptique par la pression hydrostatique portée à 1 atmosphère. (Méthode du Dr. Boucherie brévetée en France en 1841, emploi du sulfate de cuivre.)

b. Imprégnation dans des vases fermés avec une pression de 5—8 atmosphères. (Méthode Béthel au moyen du créosote, brévet de 1840, et méthode Burnett au moyen du Chlorure de Zinc, brévet de 1838.)

Les substances dont l'efficacité a été reconnue, se divisent d'après ce qui vient d'être dit, en 2 groupes:

a. En sels minéraux (sels de zinc, de cuivre, et de mercure).

b. En huiles de goudron (créosote).

On a encore fait des expériences avec les matières suivantes:

Le sel de cuisine. Le bois employé dans les salines, s'imprégnant complétement de sel, prend par là même une grande solidité. Si les bains de saumure n'ont pas donné des résultats pratiques, c'est que le bois doit y rester déposé trop longtemps.

L'acide arsénieux. Le danger qu'offre l'emploi de cette substance en empêche l'emploi; ce poison, d'un effet beaucoup plus funeste sur l'organisme humain que le sublimé, n'a pas même l'avantage de conserver les bois aussi bien que ce dernier. En outre l'acide arsénieux ne se dissolvant que difficilement n'est pas apte à pénétrer les fibres ligneuses.

Le borax n'a pas donné de résultat satisfaisant.

Les sulfates de fer et de cuivre, le protoxyde de fer et la chaux combinés avec l'acide pyroligneux, les sulfates de barium et de calcium sont restés sans importance. A l'heure qu'il est l'administration française des télégraphes faits en grand des essais d'imprégnation sur la ligne de Nancy-Vecelise avec l'acide tannique et l'acide pyroligneux joints aux sels de fer, dont les résultats ne sont pas encore connus.

La méthode de Payne de la métallisation du bois, très ingénieuse en théorie n'a pas pu être appliquée dans la pratique. Elle consistait à imprégner le bois de deux métaux injectés l'un après l'autre, métaux qui formant un amalgame insoluble fermaient entièrement les pores et les interstices du bois. Payne employait à cet effet d'abord le sulfate de barium et le sulfate de fer, puis le sulfate de calcium et le sulfate de fer. La première combinaison donne le sulfate de baryte allié au pyrite de fer; par la seconde on obtient du gypse et du pyrite de fer, ainsi dans les 2 cas des sels insolubles. La difficulté du procédé ne gît pas dans l'injection du premier sel, mais bien dans celle du second, puis qu'au moment où celui-ci vient à toucher le premier, il se forme à l'extérieur du bois une combinaison insoluble qui empêche le second sel de pénétrer dans le bois. Les essais de pétrification du bois par le silicate de potasse et l'eau de chaux injectés l'un après l'autre, de même que ceux au moyen de l'alun et de l'acétate d'alumine, sont également demeurés infructueux.

Nous ne savons rien de précis sur les expériences faites avec l'acide phinique, la paraffine etc.

D'après ce qui précède, on voit que seuls le créosote et quelques sels de métaux par la propriété qu'ils ont de s'allier insolublement aux parties azotées du tissu cellulaire et de neutraliser les fermes, ont pu être employés sur une large échelle et avec succès.

Examinons maintenant de plus près les méthodes d'application de ces différentes substances.

a. Procédé Kyan.

Kyan prit en 1832 un brévet pour la conservation du bois au moyen du sublimé (deuto-chlorure de mercure). Dans l'antiquité, les propriétés antiseptiques de ce corps étaient déjà connues; mêlé à l'alcool, il servait à l'embaumement des cadavres et sert aujourd'hui encore aux préparations anatomiques.

D'Angleterre où il prit naissance, ce procédé se répandit en 1840 sur le continent, c'est ainsi que sur la ligne de Mannheim-Heidelberg et en partie sur celle de Heidelberg-Bâle les traverses furent traitées au sublimé de mercure, mais les frais étaient si élevés qu'on dut bientôt renoncer à faire usage de cette méthode. Elle fut cependant reprise dans le Grand-Duché de Baden en 1859, où elle s'est non seulement maintenue jusqu'à aujourd'hui grâce à d'heureuses modifications, mais s'est aussi transplantée en Wurttemberg, en Bavière, en Hesse, dans

le Palatinat et en Suisse, par exemple sur les lignes du St. Gotthard et de Winkeln-Herisau.

La manière d'appliquer le procédé consiste simplement à déposer les traverses dans des auges contenant une solution de sublimé.

Ces auges sont construites en planches de pin de 15 cm d'épaisseur, reliées entr'elles sans l'aide d'aucune ferrure; leur longueur varie selon les besoins; leur largeur est d'au moins 2,4 mètres et leur profondeur de 1,5 mètre. Afin de les rendre complètement étanches tous les joints sont garnis de ciment.

Ce sont les fabriques de produits chimiqnes qui fournissent le sublimé. Son prix est très variable. La dernière guerre d'Espagne où se trouvent les plus grandes mines de mercure, firent monter les prix à fr. 750—800 par quintal. Dès lors aussi on s'est moins servi de sublimé et il n'est pas probable qu'il reconquiert la faveur dont il jouissait auparavant.

Comme le sublimé est en poudre, on ne saurait le manier avec assez de prudence, soit en l'emmagasinant, soit en le mêlant avec de l'eau. Les ouvriers qui sont appelés à toucher ce poison ont un masque et portent des vêtements et des chaussures fabriqués exprès. L'eau sucrée et les œufs en sont les contre-poisons.

Le mélange a lieu au poids dans le rapport de 1 : 150; on en éprouve la densité à l'aide du iodure de potasse.

Dans les auges les traverses sont séparées les unes des autres au moyen de lattes, de manière à ce qu'elles ne se touchent pas; puis on verse la solution peu à peu, opération qui dure 24 heures, on la remue deux fois pendant ce temps et l'on rajoute du sublimé si le mélange n'est pas assez condensé. Selon les dimensions et les espèces de bois, l'immersion dure de 5 à 15 jours, 8 jours pour les traverses de bois tendres et 14 jours pour les bois durs; une fois achevée, on enlève le liquide à l'aide de pompes en cuir, et on lave soigneusement le précipité qui s'est déposé sur les bois. Dès que les traverses ont été enlevées, on en met de nouvelles dans les auges; la dessication a lieu à l'air et dure de 2 à 3 semaines.

Afin de travailler avec une certaine rapidité, il faut au moins 6 à 10 auges.

D'après Baumeister l'absorbtion est par mètre cube de bois :

pour le bois de	sapin très-sec, ...	de 2 à 4 ℔	de sublimé,
„ „	chêne, d'environ	2 „	„
„ „	sapin humide ou très-résineux, de	2 „	„

au plus.

Suivant le prix du sublimé, les frais sont de 1 fr. 20 à 2 et plus par traverse.

Une conservation totale est le résultat de ce procédé. Le sublimé détruit ou empêche toute espèce de vie organique; s'il ne fait même que pénétrer que de quelques millimètres le bois, il semble l'empoisonner en entier. C'est de toutes les substances injectibles, celle qui possède la plus grande force antiseptique. Les chimistes ne sont pas d'accord sur l'action proprement dite qui s'opère par l'immersion. Tandis que Faraday admet que le sublimé provoque la coagulation immédiate des substances albuminées, le chimiste Probst chargé par l'administration des chemins de fer du grand-duché de Baden de faire des expériences à ce sujet, déclare, que seuls les métaux difficilement oxydables mais faciles à être désoxydés sont propres à empêcher la pourriture du bois, parce que la décomposition des fibres commence par le dégagement de l'oxygène. Or, le mercure, étant un métal noble, appartient par ses propriétés à la théorie de Probst.

Le traitement du bois par le sublimé ne laisse pas que d'avoir ses mauvais côtés; il faut se garder, par exemple, de se servir de bois conservé au sublimé, dans toute espèce de construction pouvant se trouver en contact avec les hommes ou les animaux, tels que balustrades, garde-fous, etc. Il ne faut pas brûler les copeaux de bois imprégnés. Tout travail entrepris avec ce genre de bois est non-seulement dangereux, mais lui fait perdre par le sciage, ou telle autre manutention une partie de ses propriétés en exposant à l'air les couches imbibées de mercure. C'est par cette raison que ni ce procédé, ni celui de Boucherie ne peuvent être employés dans les constructions navales.

Kyan a aussi essayé d'injecter le sublimé avec une pression de 7 atm., mais la chèreté des appareils dans lesquels aucune pièce de fer ne devait trouver place, fit abandonner l'invention.

b. Procédé du Dr. Boucherie.

Après avoir fait des expériences avec divers sels métalliques, le Dr. Boucherie prit en 1841 un brévet pour l'injection du sulfate de cuivre. C'est en 1846 qu'il appliqua pour la première fois sa découverte sur une grande échelle, en imprégnant les traverses et les poteaux télégraphiques du chemin de fer du Nord.

Le procédé consiste à chasser la sève à l'aide d'une pression hydrostatique et à la remplacer par un liquide antiseptique.

A l'origine Boucherie essaya à plusieurs reprises de profiter de la force même de végétation de l'arbre sur pied pour le saturer d'une solution métallique. Dans ce but il pratiquait avec la scie une incision sur tout le périmètre du pied de l'arbre, construisait à l'entour un petit bassin en argile et en goudron et y versait le liquide qui, aspiré par le travail des feuilles montait et se répandait dans les parties les plus élevées de l'arbre. Si la mort de la plante était la conséquence inévitable de sa méthode, le Dr. Boucherie n'en avait pas moins atteint son but, en parvenant à neutraliser les ferments contenus dans le bois.

En 1844, J.-A. Schulz fit les mêmes expériences et arriva à des résultats étonnants.

Cette méthode ingénieuse n'eut cependant pas grand succès par ce que le côté pratique lui faisait défaut; non-seulement elle employait une trop grande masse de métal qui allait se répandre en pure perte dans les branches, mais était un obstacle insurmontable à l'exploitation d'été. Elle demeura donc restreinte au domaine des essais.

Voici en quoi consiste le procédé perfectionné de Boucherie : Le liquide propre à l'injection contient 1°/o de vitriol de cuivre et est introduit au moyen d'une pompe dans une auge placée à 10 mètres du sol. On place les traverses ou les poteaux sur une claire-voie en bois disposée à une certaine distance du plancher de l'auge. Autour de la périphérie de l'extrémité de la pièce de bois est disposée une corde enduite de graisse sur laquelle vient s'appliquer une planche de manière à laisser subsister un intervalle. La planche est munie d'une ouverture dans laquelle on introduit un tuyau en caoutchouc conducteur du liquide.

Dès que la circulation est établie, la sève chassée par une pression de 1 atm. s'échappe par le bout opposé au tuyau, puis elle sort mêlée à du vitriol, enfin c'est le vitriol pur qui coule. L'opération est considérée comme terminée lorsque la quantité de liquide éjecté est égale aux $^2/_3$ de celui qui est injecté; sa durée est de 2, 4, 6 jours, suivant l'espèce de bois, la saison, la température et la masse de sève. Pour qu'une pièce de hêtre soit suffisamment imprégnée, il faut qu'elle soit injectée avec trois fois son volume de liquide. La solution employée, filtrée à l'aide de sable ou de poussière de charbon peut être de nouveau mise en usage.

Afin d'éprouver les éléments de la solution, on se sert de l'arcomètre; le 1°/o est égal à 1° Beaumé. Le vitriol employé doit être

complètement neutralisé, c'est-à-dire purifié d'acides et de tout sel métallique, particulièrement de fer.

Les meilleurs résultats sont obtenus lorsque l'opération a lieu sur un tronc frais et muni de son écorce, par un temps calme et une température modérée. La saison la plus propice est le printemps, parce qu'alors la sève des arbres n'est pas encore épaisse.

Parmi les arbres, qui, par la nature de leurs couches ligneuses, se laissent le mieux imprégner, se trouvent en première ligne les hêtres, les sapins blancs et les épicéas. Toutefois ce ne sont que les couches extérieures où s'agglomère la plus grande masse de vitriol. Chez les pins, les mélèzes et les chênes, l'injection est en général incomplète, parce que la pression de 1 atm. est insuffisante à faire pénétrer le liquide dans le cœur de leur bois dur et dépourvu de sève.

D'après le Dr. Boucherie, 1 mètre cube de bois de hêtre absorbe 95 kilos de liquide ou 5,5 kilos de vitriol sec. Une traverse cubant 0,09 m. absorbe en règle générale 550 grammes. Baumeister, dans son manuel sur la construction des chemins de fer, et Heusinger de Waldegg „de la conservation des traverses“, calculent les frais de main d'œuvre et de vitriol à 7 fr. 50 par mètre cube ou à 75 centimes par traverse.

La présence du sulfate de cuivre dans une partie quelconque d'une pièce de bois est constatée à l'aide du cyano-ferrure de potasse; si le bois en contient, il apparaît une couleur rouge provenant de la combinaison du cyanure de potasse avec le cuivre et de la formation de sulfate de fer.

Les avantages offerts par le système Boucherie sont les suivants: appareils d'injection simples et à bon marché; imprégnation suffisante de quelques espèces de bois; grande puissance antiseptique du vitriol de cuivre; transport facile des appareils et supériorité sur la manière par simple immersion.

Ses désavantages sont: injection restreinte à quelques espèces d'arbres et ne pouvant avoir lieu que pendant certaines saisons de l'année; la grande perte de bois lors du façonnage et par conséquent aussi de vitriol; l'impossibilité d'appliquer le procédé aux bois secs ou déjà ouvrés, jointe à celle de pouvoir se servir d'appareils en fer.

En France la méthode du Dr. Boucherie est devenue pour ainsi dire nationale; en dehors de ce pays elle n'est guère employée que pour l'injection des poteaux télégraphiques.

c. Procédé de Béthel.

La méthode d'injection par le créosote étant identique à celle du chlorure de zinc, il suffit d'apprendre à connaître les avantages et les inconvénients de la substance employée. Les propriétés conservatrices du créosote sont connues déjà dès les temps les plus reculés. On s'est de tous temps servi de matières empyreumatiques ou bitumineuses pour embaumer les cadavres, et conserver les manuscrits, les vivres et les boiseries des habitations; de même le goudron et l'acide pyroligneux ont toujours été employés comme enduits.

On extrait le goudron de la houille, du lignite, de la tourbe et du bois. Outre les substances antiseptiques qu'on y trouve, il contient aussi des huiles résineuses sur lesquelles Béthel basa son système d'injection. Le goudron brut, trop dense, ne peut être injecté, et celui qui sort des fabriques où on en a extrait les meilleures substances, a perdu les propriétés qui le font rechercher comme moyen de conservation.

Avant d'appliquer le créosote, il faut faire sécher le bois parce que le bois vert refuse, quel que soit le degré de pression, de recevoir un corps gras. Ce dernier doit être chauffé à 40° C.

La quantité de liquide absorbé et les frais de l'opération diffèrent selon l'espèce de bois, et la qualité du créosote. Cette méthode de conservation du bois est en tous cas la plus chère; il est arrivé que le coût a été de 1 Thaler par traverse.

Les résultats obtenus au moyen du créosote ont été complètement concluants; étant lui-même un corps organique, il semble s'assimiler volontiers à l'organisme du bois, mais on n'a pas encore réussi à déterminer si son action est chimique — coagulation de l'albumine — ou si se bornant à fermer les fentes et les pores du bois, elle ne fait que le protéger contre l'air et l'humidité. Quoiqu'il en soit, il est incontestable que le créosote a cet avantage sur tous les autres moyens employés jusqu'ici, c'est qu'il rend le bois plus compacte et augmente sa solidité.

Divers inconvénients, tels que le danger du feu, l'odeur pénétrante et l'apparence grasse et noire des bois préparés au créosote, ont restreint l'emploi du système Béthel aux constructions navales. Plusieurs sociétés de chemins de fer y ont aussi renoncé en raison des frais trop élevés et l'ont remplacé par le système Burnett.

d. Procédé Burnett, injection du chlorure de zinc avec haute pression.

Afin de mieux faire comprendre en quoi consiste ce procédé, il ne sera pas inutile de donner une description des ateliers à injection du chemin de fer du Nord-Est Suisse, ateliers dirigés par l'auteur de ces lignes. Les appareils employés sont les suivants :

1⁰ Deux forts cylindres à imprégner de 12 m. de longueur sur un diamètre de 1,90 m. Ils ont un des fonds mobiles pour permettre d'entrer et de sortir aisément les wagons qui transportent les bois. Ils sont pourvus des tubes et tuyaux nécessaires pour la conduite de la vapeur, pour faire le vide, d'ouvertures pour l'entrée et la sortie du liquide imprégnant et d'un manomètre.

2⁰ Une chaudière à vapeur de la force effective de 30 chevaux.

3⁰ Une machine à vapeur horizontale de la force effective de 15 chevaux, mettant en action :

a. Un corps de pompe à air chargé d'opérer le vide dans les cylindres.

b. Une pompe hydraulique, chargée de fournir l'eau nécessaire à tout le système, et qui est assez puissante pour monter dans un réservoir environ 180 mètres cubes en 24 heures.

c. Une pompe et un injecteur pour l'alimentation de la chaudière à vapeur.

d. Une pompe devant maintenir une pression d'au moins 8 atmosph. dans les cylindres.

4⁰ Différents réservoirs :

a. Un réservoir élevé d'un volume de 8 mètres cubes, et dans lequel se pompe toute l'eau nécessaire.

b. Un réservoir de 4 mètres cubes, contenant du liquide imprégnant et servant à remplir les cylindres.

c. Un réservoir de 6 mètres cubes pour le mélange.

d. Deux grands réservoirs de 30 mètres cubes pour le liquide imprégnant.

Tous ces réservoirs sont construits en forte tôle.

5⁰ Les différents tubes et conduites.

6⁰ Une courroie de transmission partant du volant de la machine, et mettant en mouvement les pompes, une machine à entailler et à percer les traverses, et une scie circulaire.

7⁰ 14 wagonnets en fer pour desservir les cylindres et 4 wagons ordinaires.

8⁰ Une voie d'un kilomètre environ.

Cet établissement construit par la maison Escher Wyss & C⁰ est un des mieux combinés qui existe, et s'adapte aussi bien à l'imprégnation par le chlorure de zinc, que par le créosote ou tout autre substance.

Le procédé de Burnett tel qu'il est pratiqué à Zurich, se subdivise en quatre opérations :

1. *Traitement à la vapeur.*

Chargées sur des chariots les traverses sont conduites dans le cylindre. Celui-ci contient 4 chariots à 40 traverses, soit 160 traverses. Dès que les 4 chariots y ont été introduits, le couvercle du cylindre est hermétiquement fermé au moyen de charnières à vis et la vapeur est immédiatement lâchée dans un cylindre qui la conduit de la chaudière à vapeur dans la partie supérieure du cylindre à injection. Grâce à la grande surface du cylindre et aux 160 traverses qui s'y trouvent, la vapeur se condense promptement et abondamment, surtout si le travail s'accomplit en hiver alors que les traverses sont gelées et souvent recouvertes d'une couche de glace. Afin de maintenir égale la température, tant dans le haut que dans le fond du cylindre, on évacue dans un bassin ad hoc et à partir de 10 minutes le liquide qui s'est déposé. Cette opération se renouvelle toutes les 30 minutes. La vaporisation des traverses, des poteaux télégraphiques, des planches etc., dure 1 heure; pour les bois de plus forte dimension, elle n'est achevée qu'au bout de $1^1/_2$ heure. La pression ne doit pas dépasser $1^1/_2$ à 2 atmosphères. Une pression plus considérable, de même qu'une température portée à 120 ou 150⁰ produit dans le bois de hêtre ou même de chêne des déchirements violents. Le liquide qui s'échappe des traverses de chêne et qui se mêle à la vapeur d'eau condensée, contient d'après feu le prof. Kopp, de l'acide tannique, de l'acide acétique, de l'acide gallique, de l'acide formique, une proportion assez forte de gomme et de sucre, de la pyrocatechin ($C_6 H_6 O_2$) et quelques substances azotées jointes à la résine et à des huiles essentielles lorsqu'on vaporise des traverses de pin.

Il apert des nombreuses expériences faites avant et après la vaporisation que le poids des traverses tout à fait sèches augmente pendant l'opération et avec une pression de $1^1/_2$ atm. de 0,5 à 1,5 kilo, et que celui de traverses humides ou vertes perdent au contraire par la vaporisation de leurs sucs, un poids équivalent à 1 ou 1,5 kilo. Si l'on employait une pression plus forte égale à 150⁰ C., le poids des traverses sèches diminuerait également.

La vapeur enlève au bois beaucoup moins de sucs qu'on ne se l'imagine, elle ne peut en tous cas entraîner les matières visqueuses ou glutineuses. Les acides constatés par le Dr. Kopp proviennent de la superficie des traverses. En revanche, la vapeur, en ouvrant et dilatant les pores du bois, lui communique une certaine élasticité, et une espèce de vie artificielle qui, permettant l'absorption d'une plus grande quantité de chlorure de zinc, produit la coagulation de l'albumine jusqu'au centre des traverses et facilite plus tard une dessication plus complète et plus prompte.

L'opération de la vapeur achevée on écoule l'eau amassée dans le cylindre et on laisse refroidir celle-ci pendant 20 à 30 minutes.

2. *Procédé à l'aide de la pompe pneumatique.*

Le travail de la pompe étant très-puissant, l'opération ne dure que 30 à 40 minutes. Comme il était à craindre que la pompe ne se chauffât par l'aspiration de la vapeur chaude demeurée dans le cylindre, on l'a mise en communication avec le condensateur. Le cylindre aspirateur a la forme d'un levier, sa hauteur dépasse 10 m. et atteint à peu près le faîte du bâtiment de manière à ce qu'aucun liquide ne puisse s'introduire dans son intérieur; il communique avec un acromètre. Le vide obtenu est égal à 650—70 mm. donnant une différence barométrique de 80 à 170 mm. au plus. Il est impossible d'obtenir un vide complet dans un espace contenant des traverses ou telles autres pièces de bois, parce que l'air qu'elles contiennent ne se dégage que lentement et jamais entièrement; il suffit d'ailleurs d'arriver à un vide de 600 mm. On doit veiller pendant l'opération à affermir constamment les vis du couvercle de la chaudière.

Lorsque la pompe a travaillé 8 minutes, on ouvre la soupape qui permet au liquide d'injection de pénétrer dans la chaudière. Favorisée par la pression atmosphérique, sa montée du bassin situé dans les caves du bâtiment à la chaudière est très-rapide. Toujours en mouvement la pompe continue à refouler l'air jusqu'à ce que le liquide apparaisse dans le niveau d'eau placé sur le dôme de la chaudière; à ce moment on arrête son activité aussi promptement que possible. Lorsque toute la montée du liquide est effectuée, la soupape est refermée.

L'absorption du liquide par le bois ayant lieu dès le moment où il a été introduit, il ne tarde pas à se former à la partie supérieure de la chaudière un espace où la raréfaction est notable; cet espace est de nouveau rempli de liquide au moyen du réservoir supplémentaire

et le peu d'air contenu dans la chaudière s'échappe par une soupape disposée à cet effet.

3. *Procédé par pression.*

L'injection proprement dite ne commence que lorsque la chaudière est tout à fait remplie. Etant en connexion d'un côté avec le réservoir, de l'autre avec la chaudière, la pompe amène continuellement du liquide dans celle-ci. La faculté d'absorption étant en rapport intime avec les espèces de bois, on a constaté le fait intéressant que pendant l'injection des traverses de chêne qui n'absorbent qu'une faible quantité de la solution, 8 à 12⁰/o de son volume total la pression monte très-vite et atteint en moins de 20 minutes 8 atm., tandis que pour des traverses de pin très-sèches dont l'absorption est égale à 25 ou même 30⁰/o, la pression en raison de cette absorption considérable n'augmente que lentement et n'arrive qu'au bout de 75 à 90 minutes à son maximum de 8 atm. De la marche du manomètre on peut conclure à la masse de liquide infiltré et juger des effets de la pression sur les bois secs et sur les bois verts. Les expériences faites ont démontré que les traverses de chêne soumises à la pression n'absorbent pas plus de liquide en 5 heures qu'en trois. Une pression dépassant 8 atm. n'a aucune utilité.

Cette opération dure :

a.	pour les planches, les lattes, les échalas etc. . .	2 heures
b.	pour les traverses de toute espèce de bois, poteaux télégraphiques, légers bois de charpente et bois de pin	3 „
c.	pour les bois de construction en hêtre et en chêne .	4 „

Lorsque le travail de pression est achevé dans l'une des chaudières, il est poursuivi dans une autre, et on procède à l'évacuation du liquide en le laissant redescendre par la soupape dans le réservoir, puis relâchant peu à peu les vis, on ouvre le couvercle et on fait sortir les traverses.

Il faut 5 heures pour achever des bois de petite dimension, 6 h. pour les traverses et 8 pour de fortes pièces.

4. *Préparation de la solution.*

Le chlorure de zinc étant un puissant antiseptique est connu et employé depuis longtemps dans les préparations anatomiques; il est fabriqué très-facilement par la décomposition du zinc dans l'acide muriatique. Ce dernier, produit accessoire de beaucoup de fabriques est à très-bon marché, mais sa composition n'est pas chimiquement pure.

Le métal employé consiste soit en rognures de zinc, en minerai ou en calamine.

Le poids spécifique du chlorure de zinc des fabriques est de 1,62 à 1,63 ou 55° Beaumé et contient 25°/o de zinc métallique; il doit être libre de tout acide et ne contenir que très-peu de fer. Mêlé à une forte partie d'eau, il donne immédiatement un précipité d'oxyde de zinc hydraté. Comme tous les sels de zinc rougissent au contact du papier de tourne-sol, on se sert pour découvrir les acides en liberté d'une solution de fuchsine et, pour le fer, de chlorate de potasse chauffé à 70—80° C.

La préparation de la solution a lieu dans une auge de 6 m. c. ou d'une contenance de 6000 litres. Sur 5900 litres d'eau, on verse 100 litres de chlorure de zinc. Le poids spécifique du mélange à 15° Celsius est de 1,012 à 1,014. Après l'avoir remué, le liquide est transvasé dans les grands réservoirs. Il s'entend de soi-même que l'opération d'injection terminée, tout le liquide superflu peut être de nouveau utilisé. Tous les deux mois, la provision est transportée des réservoirs dans les chaudières, les premiers sont nettoyés à fonds, et la solution filtrée au travers de sable ou de poussière de charbon. Par l'injection, les traverses augmentent de poids en raison de l'espèce des bois, de leur état plus ou moins sec, et de leur bonne ou mauvaise qualité. Les résultats suivants ont été fournis par des traverses sèches, non-complètement équarries, d'un diamètre de 15/25 c/m sur 2,4 m/ de longueur et cubant en moyenne 0,09 m. c.

L'augmentation de pesanteur produite par l'absorbtion du zinc métallique est en général par pièce de :

		Solution de chlor. de zinc. kilo.	Zinc métall. gr.
a.	Traverses de chêne	8	50
b.	„ mélèze	15	94
c.	„ hêtre, sapin et épicéa .	20	125
d.	„ pin	25	155

Si les traverses imprégnées sont encore humides, leur poids n'augmente que d'un tiers des chiffres ci-dessus. Si après la préparation on expose les traverses à l'air pendant 2 ou 3 mois, l'humidité qu'elles contiennent s'évapore et leur pesanteur redevient ce qu'elle était avant l'injection. Le même phénomène a lieu en hiver aussi, si les traverses sont empilées avec les intervalles nécessaires à leur dessication.

Le chlorure de zinc étant très-soluble, laisse la solution elle-même très-fluide et s'adapte bien plus que le sulfate de cuivre à l'injection des bois. En raison de cette grande fluidité, il n'est pas transportable à de grandes distances dans des vases en bois, mais doit être renfermé dans des dames-jeanne en verre.

Tel qu'il est pratiqué à Zurich, le procédé permet au liquide de pénétrer entièrement le bois, même celui de chêne, comme on peut s'en convaincre en faisant des entailles dans une traverse préparée et comme de nombreuses expériences chimiques l'ont prouvé jusqu'à l'évidence. Il est naturel que l'aubier ait la plus grande faculté d'absorption. L'infiltration proprement dite a lieu dans la direction de l'axe de l'arbre, de vaisseaux en vaisseaux pour les arbres feuillus et de cellules en cellules pour les résineux. Une certaine quantité de chlorure seulement pénètre par les fentes innombrables du bois.

En opposition aux attaques dirigées quelquefois encore contre l'emploi du chlorure de zinc, nous ne pouvons mieux faire que de reproduire le jugement que le Dr. Kopp, professeur à l'Université de Zurich, a porté sur cette matière :

„ Il est connu, dit-il, que le chlorure de zinc neutre se dissout en grande partie dans le bois. L'oxyde de zinc s'allie aux parties organiques et surtout azotées, tandis que l'acide muriatique se dégage ou se combine à d'autres parties du bois. Si, comme cela arrive toujours lorsqu'on se sert du chlorure de zinc neutre, de l'oxyde de zinc hydraté pénètre aussi dans les traverses, ce dernier combine également avec les substances azotées du bois.

„ Ce cas est d'autant plus fréquent si le chlorure de zinc ($Zn\ Cl_2$) et l'oxyde de zinc hydraté ($Zn\ O\ .\ H_2\ O$) sont en présence. L'oxyde de zinc momentanément absorbé par l'acide muriatique, est transformé ensuite en chlorure de zinc et agit comme tel.

„ L'oxyde de zinc hydraté joue le même rôle, lorsqu'il pénètre dans le bois par ses fentes ou ses pores. Ce qui prouve que le chlorure de zinc neutre se dissout notablement dans le bois, c'est que :

1⁰ La saveur typique du chlorure de zinc disparaît;

2⁰ Qu'on ne le retrouve plus par le lavage;

3⁰ Que c'est à peine si on réussit à l'extraire au moyen de l'ammoniaque. “

Lorsqu'on veut séparer le zinc contenu dans une solution de chlorure de zinc, on opère avec l'ammoniaque, le sulfure d'ammonium etc.; le précipité obtenu est blanc. Une opinion très-répandue est que,

grâce à la couleur blanchâtre du bois, la réaction des pièces imprégnées au chlorure de zinc n'est pas sensible et que pour cette raison le Dr. Boucherie préféra l'emploi du sulfate de cuivre qui lui permettait de rendre ses démonstrations évidentes pour chacun. Cette opinion se trouve refutée par le fait que les sels ammoniacaux ne produisent aucune réaction sur le bois où le chlorure de zinc s'est déjà fixé. La combinaison de l'oxyde de zinc avec les substances azotées est si intime que les influences atmosphériques ne peuvent la détruire, et que seule l'analyse chimique est capable de la désagréger. Il en est bien autrement du sulfate de cuivre injecté, p. ex. dans des poteaux télégraphiques et dont les molécules sont peu à peu entraînées par l'eau de pluie. Cette circonstance seule parle en faveur de l'emploi du chlorure de zinc.

La couleur que prennent les bois, particulièrement ceux de chêne et de hêtre, par suite de l'injection, est due à l'acide tannique et au fer. La coloration en noir n'existe qu'à la surface des traverses et disparaît dès qu'elles sont exposées au soleil.

Les rubriques sous lesquelles se répartissent les frais du procédé au chlorure de zinc, sont outre cette substance, le charbon, le matériel de graissage et de nettoyage, la main d'œuvre, l'intérêt et l'amortissement des bâtiments et des machines. Un des chapitres les plus considérables, est celui du combustible. On calcule que la moyenne du coût, quelle que soit d'ailleurs l'espèce de bois, s'élève à 70 centimes par traverse ou à frs. 10 par mètre cube de bois.

Parmi les avantages qui donnent au système Burnett la prime sur tout autre, les principaux sont les suivants :

Grâce à ses propriétés hygroscopiques le bois traité au chlorure de zinc acquiert de la souplesse, de l'élasticité, de la tenacité et de la durée. Imprégné à l'état sec, il est à la vérité plus difficile à façonner, à rabotter ou à polir que le bois naturel, mais il peut en revanche être enduit à choix d'une couleur quelconque. Il peut être préparé sec ou vert, façonné ou en grume, dans toutes les saisons de l'année. Il est moins facilement combustible que le bois naturel. La vaporisation du bois vert l'empêche de se tourmenter et permet son emploi immédiat. Le chlorure de zinc contenu dans le bois n'a aucune influence funeste sur les hommes ou les animaux. Tous ces facteurs combinés donnent au procédé Burnett, tant pour les constructions navales que civiles, une supériorité incontestable sur tous les autres systèmes connus, supériorité qui ne fera que s'accroître avec le temps. Depuis 30 ans

déjà les chemins de fer du Hannovre, du Brunswick, de Cologne-Minden ne se servent pas d'autre système, et toutes les usines à imprégnation récemment construites dans le Sud, le Nord de l'Allemagne et l'Autriche l'ont mis à la base de leurs travaux.

La cause des fâcheuses expériences que firent jadis quelques lignes de chemin de fer avec le chlorure de zinc n'est pas encore complètement connue. Quoiqu'il en soit, le rapport des ingénieurs allemands réunis à Dresde en septembre 1865 établit que les mauvais résultats ne se sont produits que pour les sociétés qui ont fait préparer leurs traverses à froid ou qui les ont fait simplement bouillir dans la solution, mais que toutes celles qui se sont servies d'une forte pression pour injecter le chlorure de zinc n'ont eu à enregistrer que les résultats les plus favorables.

Avant de comparer la durée des bois à l'état naturel et de ceux qui ont été injectés, jetons un coup d'œil sur les traverses enfouies le long des lignes de chemins de fer. Appelées à supporter le poids d'un matériel roulant très-lourd, il est nécessaire, surtout dans les courbes, que les traverses soit d'une solidité et d'une élasticité à toute épreuve. Abstraction faite des dangers que présentent les clous qui y sont chassés, afin de maintenir les rails, les traverses en outre ont à subir par le fait du passage périodique des trains, des secousses qui les désagrégent d'autant plus vite qu'elles consistent en bois tendres et qui amènent leur destruction en dehors de toute pourriture. Si d'un côté on est parvenu à amortir la violence des chocs en répartissant leur effet sur une plus grande surface, de l'autre le nombre des trains s'est beaucoup accru. Cette destruction mécanique peut être ralentie par la nature même des matériaux sur lesquelles sont placés les traverses et par l'entretien plus ou moins actif d'une ligne de chemin de fer.

Sauf le créosote, aucun moyen d'injection n'est parvenu à augmenter d'une manière notable la solidité des traverses, et de les préserver de la destruction amenée par l'action des trains; l'imprégnation n'a donc pour but que de les garantir de la pourriture aussi longtemps que possible. Espérons que de nouvelles découvertes permettront d'arriver simultanément à l'un et à l'autre but.

Voici, d'après les données des ingénieurs réunis à Dresde, la durée moyenne des traverses :

Nro.	Espèce de bois.	Durée moyenne en années. Non-imprégnées.	Imprégnées.
1	Traverses de chêne . .	14 à 16	20 à 25
2	„ „ mélèze . .	9 à 10	—
3	„ „ pin . . .	7 à 8	12 à 14
4	„ „ sapin ou d'épicéa	4 à 5	9 à 10
5	„ „ hêtre . .	2½ à 3	9 à 10

Les expériences qui ont été faites, ont démontré que, quant à la durée des traverses, chaque système d'injection est plus ou moins bon. Pour ce qui est du bois de mélèze les données ne sont encore qu'incomplètes, soit à cause de la petite quantité employée dans les chemins de fer, soit parce que la majeure partie des traverses de mélèze en usage (en Autriche) n'ont pas été injectées.

La durée moyenne des traverses imprégnées au chlorure de zinc est pour le chêne de 20 à 25 ans, pour le pin de 12 à 14 ans, pour le sapin et l'épicéa de 9 à 10 ans et pour le mélèze d'au moins 12 à 14 ans. Les résultats les plus satisfaisants ont été obtenus avec le hêtre. Durant le cours des années 1854/55, l'administration des chemins de fer du Hannovre fit poser 73,675 traverses de hêtre préparées au chlorure de zinc; au mois de mai 1868, ainsi 13 ou 14 ans plus tard, elles furent soumises à une inspection rigoureuse d'après laquelle 54,928 pièces ou 74,55% furent reconnues comme étant encore propres au service, et 25% seulement mises au rebut. Sur la ligne Minden-Cassel, la proportion des traverses de hêtre reconnues comme bonnes après 13 ans de service, était de 95%. On peut admettre que la qualité des traverses de hêtre imprégnées est égale à celles de chêne non-imprégnées et que leur durée moyenne est de 14 ans.

Il est du reste évident que la qualité de toute espèce de bois, les matériaux dont est formé le corps de la voie ferrée, les soins avec lesquels les traverses sont posées et l'entretien de la voie, sont autant de facteurs qui exercent la plus grande influence sur la durée des traverses imprégnées.

En dehors des traverses, des poteaux télégraphiques, et des bois de charpente employées dans la construction des gares et des ponts, il n'a jusqu'à présent pas été faits d'essais d'injection qui permettent d'établir des données certaines quant à la durée du bois appliqué à d'autres usages. Les poteaux télégraphiques préparés au chlorure de zinc sont reconnus comme très-durables, et sont en grande faveur dans l'Allemagne du Nord. En outre on a constaté que les champignons et

le ver de bois n'attaquent jamais les bois de charpente injecté à l'aide du procédé Burnett. On ne peut, en tous cas, assez recommander de faire sécher à l'air pendant deux mois environ, les traverses imprégnées.

Nous terminons par un exposé de l'exercice de l'usine à injection de Zurich pendant l'année 1875. Mise en activité le 7 janvier, elle a livré jusqu'à la fin de cette année :

	Pièces.	Mètres cubes.
1⁰ pour la ligne du Nord-Est.		
a. Traverses	232807	21164,2725
b. Bois de charpente pour gares et ponts, bois de palissades, pieux, poteaux, de barrières pour passages à niveau, bois de constructions diverses, planches, lattes etc.	55476	2721,7357
Total pour le Nord-Est . .	288283	23886,0082
2⁰ pour d'autres lignes et particuliers.		
Mêmes assortiments que pour la ligne du Nord-Est	13812	619,1802
Total	302095	24505,1884

Les scieries ont livré 100,000 traverses de bois tendres.

A propos du déboisement.

Communiqué par M. Braichet.

Monsieur Ch. Broillard publie dans la livraison du 15 Avril dernier de la „*Revue des deux mondes*“ un article, sur les sapinières et la disette des bois d'œuvre; ce sujet étant aussi d'un haut intérêt pour la Suisse, au moment où la confédération prend des mesures pour conserver les forêts des régions élevées des Alpes et où celles du Jura vont bientôt être traversées par un réseau de voies ferrées, nous en donnons ici une courte analyse.

Mr. Broillard entend par sapinières les forêts de sapin blanc (abies pectinata) et celles d'épicéa (abies excelsa). Ces forêts sont en France surtout répandues dans le Jura, les Vosges, les Pyrénées et le plateau central. Ces arbres commencent à végéter à partir de 600 mètres dans le Jura, de 400 mètres dans les Vosges, de 600 mètres dans les Alpes du Dauphiné, de 600 mètres dans le plateau central et de 1000