

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 45 (1954)  
**Heft:** 23

**Rubrik:** Production et distribution d'énergie : les pages de l'UCS

### **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:** 11.01.2026

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

## Production et distribution d'énergie

### Les pages de l'UCS

#### A propos de la votation sur l'initiative de Rheinau

par F. Wanner, Zurich

342.8 : 621.311.21 (494.342.3)

*L'auteur expose les arguments politiques, juridiques et moraux qui sont de première importance pour la votation sur l'initiative de Rheinau. Il conclut que l'initiative implique le reniement du droit constitutionnel établi, et que le peuple doit par conséquent la rejeter.*

*Es werden die staatspolitischen, rechtlichen und moralischen Gesichtspunkte dargelegt, die bei der bevorstehenden Volksabstimmung über die Rheinau-Initiative von Bedeutung sind. Der Referent gelangt zum Schluss, dass die Initiative auf eine Verleugnung unseres Rechtsstaates hinausläuft und daher auch aus diesem Grunde abgelehnt werden muss.*

Le conflit de Rheinau représente, heureusement, pour l'économie électrique suisse prise dans son ensemble, un cas isolé. Cela ne veut pas dire que, lorsqu'on veut en juger, il faille le considérer isolément; bien au contraire, ce n'est que si nous tenons compte de l'ensemble que notre verdict pourra vraiment être objectif. *La votation fédérale sur l'initiative de Rheinau* a peut-être justement l'avantage de forcer chaque citoyen en particulier à réfléchir sur ces liens fondamentaux entre le conflit de Rheinau et les problèmes actuels les plus généraux.

Que cela plaise aux adversaires de la centrale de Rheinau ou non, nous sommes obligés tout d'abord de considérer ce conflit, qui ne concerne en principe qu'une seule centrale, du point de vue tout à fait général de notre économie électrique. Pour les associations de protection des sites en effet, il ne s'agit pas seulement d'empêcher la construction du barrage de Rheinau; bien plus, cette votation annonce de nouveaux combats politiques lorsqu'il faudra obtenir d'autres concessions, combats qui ne pourront que contribuer à augmenter dans des proportions insupportables les risques pris lors de l'étude d'un projet. Il s'agit donc aujourd'hui d'une *discussion de portée absolument fondamentale*, qui doit intéresser chaque citoyen et chaque consommateur d'énergie.

Il est clair d'autre part que l'utilisation au maximum de nos forces hydrauliques réclame des décisions d'une importance incalculable. On ne peut les prendre qu'avec le concours du citoyen et consommateur d'énergie. On doit convaincre chacun de la nécessité d'une politique active dans le domaine de la construction de centrales électriques. Chaque citoyen se doit de ne pas se placer seulement du point de vue de la protection des sites; il faut qu'il tienne compte aussi du point de vue financier, de celui de la défense du territoire, de notre politique commerciale et de l'intérêt de la nation.

Il serait certainement très précieux d'analyser ici en détail tous ces liens fondamentaux. Nous voulons cependant nous limiter et considérer uniquement les arguments de la protection des sites, ainsi que les arguments politiques, juridiques et moraux dont l'importance est immédiate pour la votation sur l'initiative de Rheinau.

Il est certain que les considérations qui vont suivre n'apporteront à nos lecteurs rien de tout à

fait nouveau; mais il nous semble utile de leur rappeler ainsi les différents arguments, et tout spécialement ceux qui ne sont pas de nature technique, qui nous obligent de défendre la construction du barrage de Rheinau.

Il faut, avant tout, résister à la tentation de considérer le conflit de Rheinau uniquement du point de vue de la protection des sites sans tenir compte de façon objective des autres intérêts en jeu.

La Ligue suisse de sauvegarde du patrimoine national a, semble-t-il, reconnu très tôt ce danger, à l'inverse de la Ligue suisse de la protection de la nature. La première, en effet, ne s'est jamais autant exposée dans le combat contre Rheinau et ne s'est jamais laissée aller à des considérations aussi partiales que le «Comité hors partis pour la défense du paysage fluvial chute du Rhin-Rheinau», dont font partie quelques-uns des membres les plus influents du comité de la Ligue de la protection de la nature. Cette dernière, qui a combattu la concession de Rheinau avec tant de véhémence, compte 47 000 membres. Or son assemblée générale a, jadis, décidé de soutenir l'initiative de Rheinau par 41 voix seulement contre 28. Il n'a pas été procédé à un vote par correspondance de tous les membres. Reconnaissons cependant qu'elle a réussi à soulever un véritable mouvement populaire contre la construction de la centrale. Preuve en est donnée non seulement par les différentes réunions de protestation qui se sont tenues à Rheinau même, mais aussi par l'appel bien connu d'un comité de professeurs et par les polémiques, qui remplissent les journaux de toutes les couleurs politiques, entre les défenseurs de la protection de la nature et ceux de la technique. Les résultats de la campagne entreprise pour récolter les signatures ne correspondirent peut-être pas tout à fait à l'ampleur des efforts faits. En effet, l'initiative de Rheinau atteignit, avec 59 000 signatures, tout juste le chiffre nécessaire. Le canton de Zurich à lui seul est représenté dans ce total par 36 000 signatures, le canton de Schaffhouse par 6000, et le reste de la Suisse par 17 000 signatures seulement.

Ces remarques n'ont pas pour but de rabaisser comme futiles les soucis bien naturels que se font beaucoup de Schaffhouseois et de Zurichois amis de la protection de la nature pour un des plus beaux sites de tout le cours du Rhin. Il s'agit là d'un mou-

vement populaire qui doit être pris au sérieux, à la tête duquel on trouve des personnalités qui ont combattu avec enthousiasme et courage pour leurs convictions, tout d'abord contre l'accord de la concession puis plus tard contre la construction elle-même de la centrale de Rheinau. Il n'était pas du tout évident, à notre époque matérialiste qui a érigé la réussite en idole, qu'un mouvement consacré à des buts purement idéalistes rencontre un pareil écho. Mais il faut, dans ce combat, faire une différence très nette entre l'époque avant que la concession ait été accordée et la phase où l'on a cherché, en *exhortant le peuple à l'illégalité*, d'atteindre à tout prix un but qu'il n'était normalement plus possible d'envisager. Ce sont là des méthodes tout à fait inhabituelles pour notre pays, et nous ne pouvons que souhaiter de ne plus les rencontrer à l'avenir.

C'est ici que les routes se séparent. C'est ici que nous sommes obligés de dire halte au mouvement populaire, qui ne poursuivait, au début, que des buts idéalistes, et à ses chefs. Un parti peut, après un combat perdu, maigrir quelque temps encore. Mais il n'a pas le droit de vouloir essayer de faire triompher quand même et à tout prix son point de vue *en reniant notre juridiction constitutionnelle et en exhortant le peuple à manquer à sa parole*. Celui qui admet la justesse de ces constatations se doit de refuser son soutien à l'initiative, même s'il est un adversaire du projet de centrale en lui-même. Si les partisans de la protection de la nature succombent à l'esprit sectaire, s'ils se mettent à calomnier les autorités et à mépriser les principes les plus fondamentaux de la Constitution, ils ne trouveront plus aucun crédit auprès des citoyens. Leur but n'est plus alors protection des sites, mais uniquement démolition et destruction; il ne peuvent plus remplir leur devoir principal avec bonne conscience.

On est obligé aujourd'hui de reprocher à ceux qui ont rédigé le texte de l'initiative et aux conseillers juridiques des ligues de protection de la nature d'avoir rendu un mauvais service à une cause idéaliste; bien plus, d'avoir discrédité le principe même de la protection de la nature. On peut le prétendre à bon droit aujourd'hui, après le jugement écrasant que non seulement le Conseil fédéral mais aussi le Conseil national et le Conseil des Etats ont porté sur la deuxième partie du texte de l'initiative, c'est-à-dire sur ce qu'on appelle les «dispositions transitoires». Ce n'est qu'après un examen approfondi de la question que l'Assemblée fédérale a pu se décider de porter l'initiative en votation populaire. Elle a proclamé ainsi son respect des principes de la démocratie, ce que le citoyen saura apprécier à sa juste valeur. Mais en même temps s'est dégagée dans les deux Conseils l'opinion qu'il s'agissait là d'une *initiative impossible, qui doit être refusée pour des raisons d'Etat, de droit national et international et de morale* enfin. Il est certain que le fait que les parlementaires de tous les partis n'ont voulu voir, dans la question de Rheinau, que les intérêts supérieurs de l'Etat donnera à penser aux partisans de l'initiative. Les représentants

de la nation ont refusé de considérer les arguments de la protection de la nature, parce que, aujourd'hui, on ne pourrait satisfaire les partisans de celle-ci qu'en donnant naissance à un monstre du point de vue du droit constitutionnel.

Il n'est sans doute plus nécessaire, à ce stade avancé de la discussion, d'entrer dans les détails. Chacun sait de quoi il s'agit. En bref, il s'agit d'annuler les droits de concession pour la construction d'une centrale, concession que le Conseil fédéral a accordée légalement et selon les termes de laquelle les concessionnaires ont dû commencer les travaux il y a deux ans. Les partisans de l'initiative veulent donc la destruction de biens dont la valeur atteint plusieurs millions, et exigent que l'on rase, pour des raisons fallacieuses, une centrale pour laquelle les travaux exécutés ou commencés atteignent 60 millions de francs.

Le simple citoyen doit se demander, étant donné de tels procédés, si même il vaut la peine de considérer les arguments ayant trait à la protection de la nature qu'on avance contre la centrale de Rheinau. *Car celui qui exagère sans mesure perd le droit d'être pris au sérieux*. Ces exagérations ne se retrouvent pas seulement dans la définition des buts de l'initiative. Bien plus, elles ont caractérisé toute la campagne contre le Conseil fédéral, contre les gouvernements cantonaux de Zurich et de Schaffhouse et contre la Rheinau S. A. enfin. On n'a vraiment pas économisé les menaces personnelles, les lettres d'injures et d'autres moyens de pression. Le mouvement contre la centrale de Rheinau s'est servi de méthodes qui sont indignes de notre démocratie. Il est par exemple insensé de traiter chaque ingénieur ou ami des entreprises d'électricité de profanateur de la nature et de le rejeter au rang de Suisse de classe inférieure.

*Les promoteurs de l'initiative proclament, aujourd'hui encore, qu'il faut sauver la chute du Rhin*. Or tout le monde sait que pas une seule goutte d'eau ne sera prise à la chute du Rhin, qui est haute de 24 mètres, et que les changements que subira le niveau de l'eau dans le bassin situé au pied de la chute, qui est profond de 13 m, se maintiendront dans des limites tout à fait admissibles. En effet, alors que le niveau actuel varie entre les cotes 356,4 et 359,8 mètres par rapport au niveau de la mer, le niveau de la retenue autorisée variera entre les cotes 358 et 359 mètres. En été le tableau de la cascade ne subira pratiquement aucun changement. En hiver les bancs de gravier sale seront recouverts d'eau, ce que, du point de vue esthétique, on ne peut certes que saluer. Alors que les variations du niveau de l'eau dans le bassin étaient jusqu'ici de 3,47 mètres, elles ne seront plus que de 0,87 à 1,87 m à l'avenir, ce qui est tout à fait négligeable par rapport à la hauteur de la chute. Le long des rives s'étendant de la chute du Rhin à Rheinau, qui n'ont jamais été desservies par un chemin, le niveau de l'eau s'élèvera de 6 mètres au maximum. Le Rhin, qui coule ici dans une gorge profonde et fortement boisée, ne perdra absolument rien de sa beauté. *Il ne s'agit donc pas de noyer une vallée entière, et pas un seul mètre carré de terrain cultivable ne*

*sera perdu.* Le Conseil fédéral a exigé de l'entreprise qu'elle dépense 13 millions de francs pour la protection de la nature, allant ainsi beaucoup plus loin que pour aucun autre barrage auparavant. Mais il s'est réservé de plus le droit de fixer les cotes de la retenue après la fin des travaux et une fois connu le résultat des essais de retenue, et d'ordonner éventuellement d'autres mesures de protection du paysage. Malgré toutes ces mesures préventives, on n'a pas manqué de reprocher au Conseil fédéral de s'être laissé acheter par la Rheinau S. A. et de permettre, en accordant la concession, de profaner le plus beau paysage fluvial d'Europe.

Dans l'art. 22 de la loi fédérale sur l'utilisation des forces hydrauliques il est dit textuellement:

**«La beauté des sites doit être ménagée. Elle doit être conservée intacte si un intérêt public majeur l'exige.»**

Lorsqu'il a accordé la concession, le Conseil fédéral a donc dû confronter des intérêts divers, opération qui n'a certes pas été facile; il a dû tenir compte de l'intérêt public à la construction des centrales d'électricité, comme cela est fixé dans la Constitution fédérale. Si l'on compare les dépenses de 13 millions de francs nécessitées par la protection du paysage au coût total de construction de la centrale, qui atteint 100 millions, on ne pourra que se convaincre que les concessions faites aux partisans de la protection de la nature sont allées extrêmement loin.

Nous pouvons répondre maintenant à la question principale: pour quelles raisons l'initiative est-elle incompatible avec notre législation d'Etat et pourquoi doit-elle être refusée par le peuple? Même le conseiller fédéral Feldmann, qui a exigé avec tant de force que l'on fasse confiance au peuple et à son sens de la justice en présentant l'initiative à la votation populaire, a parlé d'une monstruosité du point de vue du droit constitutionnel. *En quoi consiste cette monstruosité et comment peut et doit-on la montrer clairement aux citoyens comme étant le point décisif pour la votation du 5 décembre?*

1. Dans l'art. 4 de notre Constitution fédérale il est dit:

**Tous les Suisses sont égaux devant la loi.**

Nous sommes fiers de l'existence de ce principe. Or l'initiative de Rheinau pèche contre lui. Elle a pour but, parmi toutes les concessions qui ont été accordées de la même façon, d'en abroger une seule, à savoir la concession de Rheinau. Ceci équivaut à introduire un droit qui n'est pas valable pour tous également. Des lois spéciales contre certaines personnes, certaines classes ou certaines communes ne peuvent se concevoir que sous un régime dictatorial, et non dans une démocratie libre.

2. On ne peut pas enlever au Suisse la propriété qu'il a acquise régulièrement, pour autant qu'il n'ait pas agi illégalement. Bien au contraire, lui seul peut disposer de ce qui lui appartient. L'initiative pèche contre ce principe de *la garantie de la propriété*. Elle veut enlever aux concessionnaires un droit

acquis légalement, et ceci sans que le texte de l'initiative prévoit une indemnité. Il est vrai que les promoteurs de l'initiative proclament qu'il faudra indemniser les concessionnaires. Mais le texte ne contient rien de pareil, et personne d'ailleurs ne dit qu'il devrait payer ces dizaines de millions.

3. Notre Etat se fonde sur le principe de la *séparation des pouvoirs*. C'est-à-dire que nous avons un pouvoir *juridique*, le Tribunal fédéral, un pouvoir *législatif*, l'Assemblée fédérale et le peuple, et un pouvoir *exécutif* qui est chargé de l'exécution des lois, le Conseil fédéral. Chacune de ces autorités a ses devoirs bien définis et n'est pas autorisée à se mêler des devoirs des autres. Que se passerait-il par exemple si le Conseil fédéral annulait tout simplement une décision du Tribunal fédéral et en prenait une autre? Il ne pourrait qu'en résulter un chaos sans pareil.

Il est vrai que le peuple est supérieur à toutes les autorités; il peut intervenir partout, en principe. Mais nous avons confié au Conseil fédéral des charges bien définies qu'il doit remplir *en restant indépendant*. C'est pour cela qu'il est notre gouvernement élu. Pour qu'il puisse gouverner, il faut qu'on reconnaisse les décisions qu'il a prises conformément à la loi. Or la concession de Rheinau est une de ces décisions que le Conseil fédéral a prises légalement. Si nous l'annulons, nous obligeons le Conseil fédéral à briser la parole donnée aux concessionnaires et à un Etat étranger. Or c'est une parole qu'il a donnée en notre nom, en tant qu'autorité supérieure de la nation. Est-ce qu'on pourra encore, finalement, traiter avec le Conseil fédéral, s'il doit chaque fois apporter la réserve que le peuple peut encore abroger sa décision?

4. Jusqu'ici, on était d'avis en Suisse que les lois devaient être justes et vraies. Or les «dispositions transitoires» contiennent un mensonge. Elles prétendent en effet que le Conseil fédéral, en accordant la concession de Rheinau, a violé les lois existantes. Le parlement et les juristes sont unanimes pour affirmer le contraire, qu'ils soient pour ou contre la centrale de Rheinau. Est-ce que nous voulons donc introduire un mensonge dans le texte de la Constitution?

5. Le citoyen suisse croyait jusqu'ici qu'une action qui est aujourd'hui permise ne peut être déclarée punissable dix ans plus tard, c'est-à-dire qu'on ne peut pas être puni dix ans plus tard pour l'avoir accomplie. Nous n'avons jamais connu de lois rétroactives. C'est ainsi que celui qui a, disons en 1920, construit un bâtiment plus près d'une rue que les lois de police des bâtiments le permettraient aujourd'hui, n'en est pas obligé pour autant de démolir sa maison en 1954. Nous serions scandalisés s'il était forcé de le faire.

Or l'initiative de Rheinau déclare en 1954 illégal ce que le Conseil fédéral avait décidé légalement en 1944. Le concessionnaire qui croyait être dans son droit et qui a commencé de bâtir devrait ainsi, 10 ans après, être déclaré en tort et tout démolir. C'est bien là une clause qui pèche contre le plus élémentaire sentiment de justice; une telle disposition re-



présenterait une monstruosité dans la législation fédérale.

Mais, en acceptant l'initiative, nous ne ferions pas que de charger notre propre législation d'une lourde hypothèque, nous pêcherions aussi contre le *droit international* et nous mettrions en jeu la confiance que le monde place en nous. Pourquoi?

En 1921, la Suisse et l'Allemagne ont signé un traité concernant la régularisation du cours du Rhin entre Strasbourg et Istein. C'est ce traité qui a permis de rendre le Rhin navigable jusqu'à Bâle; ce, qui était absolument sans intérêt pour l'Allemagne, mais fit prendre à Bâle un essor immense et se traduisit pour la Suisse par de grandes économies de frais de transport. La Suisse promit, en contrepartie, d'«accélérer» la remise de concessions sur le cours supérieur du Rhin et de «faciliter la construction des centrales électriques». Un projet d'aménagement du cours supérieur du Rhin était à la base du traité, et la centrale de Rheinau était comprise dans ce projet. Ce traité international fut ratifié par l'Assemblée fédérale. Certains prétendent maintenant que, à la lettre, il n'oblige pas la Suisse de construire une centrale à Rheinau. C'est possible. Mais après que la concession ait été accordée légalement par l'Allemagne et la Suisse, un retour en arrière constituerait sans aucun doute *une violation du traité*, car ce n'est pas en procédant ainsi que l'on «accélérerait» ou «faciliterait» la construction de centrales électriques.

Tout à fait indépendamment de cela, la politique de *bon voisinage* exige la fidélité à la parole donnée. Le Rhin ne nous appartient pas à nous seuls, presque la moitié est propriété du pays de Baden. Mais il ne peut être aménagé qu'en collaboration; chaque moitié séparément est sans valeur. Le pays de Baden a souligné qu'il n'est pas en mesure de renoncer à la centrale, qui est nécessaire à son économie nationale.

Il est juste que le peuple suisse peut décider de briser un traité international. S'il doit le faire ou non, c'est là une autre question. Un procès devant le Tribunal international de La Haye, qui serait la conséquence inévitable d'une telle décision, ne pourrait que se terminer par un jugement à notre désavantage, qui nous compromettrait vis-à-vis de l'opinion mondiale et nous condamnerait à payer à notre voisin du nord des dommages-intérêts se montant à des dizaines de millions.

Nous arrivons ainsi à *l'aspect économique et financier de la question*. On connaît l'importance de la centrale de Rheinau pour notre économie électrique. S'il fallait la détruire, on supprimerait par là même une centrale capable d'alimenter entièrement en électricité une ville de 40 000 à 50 000 habitants; 60 000 tonnes de charbon devraient être

importées chaque année pour remplacer l'énergie correspondante.

Ce serait déjà là une lourde charge pour notre économie publique; mais les conséquences seraient encore plus importantes pour les finances fédérales. Même les promoteurs de l'initiative ont relevé qu'il *faudrait payer des dommages-intérêts*. Ceux-ci représenteront plusieurs millions, que devront payer les contribuables de la Suisse entière. Les citoyens des autres cantons que Zurich et Schaffhouse devront s'en souvenir.

#### Résumons-nous.

L'initiative de Rheinau doit être refusée:

parce qu'elle implique le reniement d'une parole donnée,  
parce qu'elle met en danger notre prestige à l'étranger,  
parce qu'elle, si elle était acceptée, coûterait des millions aux contribuables de notre pays,  
parce qu'elle a pour but de détruire une centrale construite légalement,  
parce qu'elle nuit à notre approvisionnement en électricité,  
parce qu'elle veut introduire un mensonge dans le texte de la Constitution.

Le jugement paraît sévère, voire écrasant. Nous savons que les promoteurs de l'initiative de Rheinau ne veulent mettre en danger ni notre pays, ni notre législation. Nous savons qu'ils ont agi par inquiétude pour une parcelle du pays natal. Mais, ce faisant, ils ont oublié que la patrie est quelque chose de plus qu'un paysage, le plus beau soit-il; que notre patrie est née au Rütli, dans un site admirable, mais que c'est là aussi que fut juré le Serment des confédérés, notre première Constitution. Ils seront obligés de reconnaître que tous deux, droit et paysage, sont parties intégrantes de notre patrie, si l'on veut que la Suisse reste ce qu'elle a été jusqu'ici: pays de la beauté, pays de la fidélité, pays de la légalité. L'initiative a eu un bon côté; elle nous a tous réveillés et a exigé de nous que nous prenions conscience aussi des valeurs qu'on ne peut exprimer ni en francs ni en chevaux-vapeur; elle nous a forcés de réfléchir aux devoirs de l'homme vis-à-vis de la nature. L'initiative a déjà donc eu un succès; son véritable but, celui qu'on peut encore justifier, a été atteint. Si nous demandons de la refuser, ce n'est pas parce que nous renions le principe de la protection du patrimoine national et de la nature, mais uniquement parce que nous refusons la violation du droit établi, violation que cette initiative implique.

#### Adresse de l'auteur:

M. F. Wanner, Dr. en droit, directeur des Entreprises électriques du Canton de Zurich, Schöntalstrasse 8, Zurich 1.

# Champs d'essais en plein air de l'UCS pour l'étude des méthodes d'imprégnation des poteaux en bois

## Premier rapport sur les essais

par O. Wälchli, St-Gall

621.315.668.1.004.4

*L'auteur expose les raisons qui ont amené l'UCS à entreprendre des essais en plein air avec les différents produits et méthodes d'imprégnation actuellement connus. Il traite ensuite de quelques questions fondamentales concernant les champs d'essais et le déroulement des essais eux-mêmes.*

*Der Referent legt die Gründe dar, die zur Durchführung von Freilandversuchen mit verschiedenen Imprägniermitteln und mit den bis heute bekannten Imprägniermethoden geführt haben. Sodann werden einige grundsätzliche Fragen über die Anlage und die Durchführung dieser Versuche besprochen.*

### A. Introduction

Dans le présent rapport, qui est le premier concernant les essais en plein air entrepris par l'Union des Centrales Suisses d'électricité en collaboration avec les PTT, essais dont l'objet est l'étude des diverses méthodes d'imprégnation des poteaux en bois, nous décrivons les champs d'essais et exposons la façon dont les essais eux-mêmes se déroulent. Nous traitons, en même temps, de quelques questions fondamentales. L'imprégnation des poteaux en bois a pour but de protéger ceux-ci de l'action destructive des divers champignons qui attaquent le bois. Il ne peut pas s'agir, bien entendu, d'une protection absolue — une telle protection ne pouvant, à l'heure actuelle tout au moins, jamais être atteinte, qu'il s'agisse du bois ou d'autres matériaux — mais bien d'une prolongation plus ou moins grande de la durée d'utilisation des supports en bois pour conduites électriques aériennes.

Si l'on a entrepris de tels essais, c'est en grande partie parce que le bolet destructeur poreux (*poria vaporaria*) résiste, comme on le sait, au sulfate de cuivre; les dégâts causés par ce champignon aux poteaux imprégnés de sulfate de cuivre peuvent, au bout de peu d'années après la pose de ces poteaux, être déjà très importants. Gäumann [1], Wälchli [2], ainsi que d'autres auteurs, ont déjà décrit comment la *poria vaporaria* attaque les poteaux imprégnés de sulfate de cuivre. Il ne faut pas oublier, cependant, que, à côté du bolet destructeur poreux, il y a certainement d'autres variétés apparentées de champignons qui résistent aussi au sulfate de cuivre. C'est ainsi que récemment, à l'occasion des essais dont nous parlons, nous avons isolé un champignon qui se comporte de façon analogue à la *poria vaporaria*; il s'agit d'une espèce de la famille *poria*, la *poria incarnata* fr. [3]. Nous avons l'intention de décrire le comportement de ce champignon dans une communication ultérieure.

Le procédé par élimination de la sève d'après Boucherie, procédé qui utilise une solution de sulfate de cuivre, était pratiquement le seul employé en Suisse jusqu'à il y a peu de temps; beaucoup d'autres procédés d'imprégnation, cependant, se sont peu à peu développés, procédés qui, tout au moins pour une partie d'entre eux, ne sont pas aussi simples à employer et ne s'adaptent pas aussi bien aux conditions spéciales régnant en Suisse que le procédé par élimination de la sève; ils permettent, par contre, de réaliser une protection plus efficace, en particulier contre le bolet destructeur poreux.

### B. Pourquoi des essais en plein air?

Si l'on compare les essais en laboratoire aux essais en plein air, on peut dire que ces derniers exigent une beaucoup plus grande dépense d'heures de travail, de matériel et de temps. Des essais en plein air effectués consciencieusement ont, par contre, le grand avantage de permettre une étude dans des conditions identiques à celles qui se rencontrent en pratique, mais pouvant être, malgré tout, contrôlées exactement, répétées et comparées. En un mot, ces essais sont réalisés dans des conditions suffisamment bien définies, conditions qui varient selon la situation et les propriétés du terrain utilisé.

Le but des essais en plein air est de permettre d'éliminer, parmi le grand nombre de procédés d'imprégnation connus à l'heure actuelle, ceux qui sont sans valeur, ou ceux qui sont les moins satisfaisants, ainsi que de comparer les avantages et les inconvénients des meilleurs d'entre eux. Il s'agit d'essayer non seulement des procédés d'imprégnation dits simples ou fondamentaux, mais d'étudier les améliorations apportées au procédé par élimination de la sève par l'emploi de la double protection du pied. Il ne faut pas négliger non plus les traitements dits ultérieurs ou curatifs, qui sont pratiqués sur les poteaux en place et permettent de beaucoup allonger la durée de ces poteaux. Comme la durée des poteaux utilisés comme supports de conduites électriques aériennes est d'au moins quelques années, de même ne faut-il pas attendre de résultats définitifs d'essais en plein air avant quelques années. Les mauvais procédés devraient être, cependant, assez rapidement découverts, et alors éliminés.

### C. Champs d'essais en plein air Déroulement des essais

Des essais de longue durée exigent une préparation sérieuse et détaillée; en effet, une fois qu'ils ont commencé, on ne peut pas y apporter de corrections à volonté. Le déroulement des essais est déterminé par une série de facteurs extérieurs [4]. Genre de terrain, composition du sol, précipitations atmosphériques, engrais, température, caractéristiques et dimensions des bois employés, degré d'infection par les champignons, etc. ..., tous ces facteurs peuvent influencer les résultats des essais. C'est pourquoi nous nous permettons de faire ci-dessous quelques remarques fondamentales concernant ces facteurs.

### 1. Genre de terrain et climat

Si l'on veut que les essais en plein air donnent les résultats possédant la plus grande valeur générale possible, il faut les effectuer dans un seul champ d'essais, pour lequel on connaît la composition du sol, les précipitations atmosphériques et la température. Il faudrait, de plus, effectuer d'autres essais sous des conditions climatologiques extrêmes, en particulier des précipitations atmosphériques d'une importance très différente par rapport au premier champ. Lors des essais effectués à l'instigation de l'UCS et dont nous parlerons plus bas, cette dernière condition est réalisée, tout au moins en ce qui concerne l'importance des précipitations atmosphériques.

Il est d'autant plus facile de tirer des conclusions valables des essais que les différentes séries d'essais, ou les différents champs d'essais se différencient par moins de facteurs déterminants.

La quantité des précipitations atmosphériques peut jouer un rôle sur la durabilité des imprégnations qui, tout au moins à l'heure actuelle, peuvent être lessivées par l'eau de pluie; il s'agit là surtout des procédés d'imprégnation ultérieurs employant des sels qui ne se fixent pas, ou ne se fixent qu'imparfaitement, ou seulement après un certain temps, aux fibres du bois; ces imprégnations peuvent être fortement lessivées par l'eau de pluie, et perdre ainsi beaucoup de leur valeur.

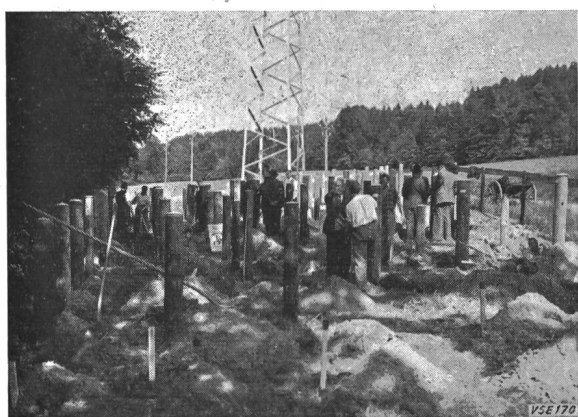


Fig. 1

Champ d'essais Rathausen-Est pendant les travaux

L'UCS dispose aujourd'hui de deux champs d'essais distincts, assez éloignés l'un de l'autre du point de vue géographique et situés dans des régions très différentes du point de vue de la quantité des précipitations.

Il s'agit là, tout d'abord, d'un champ d'essais bien placé et correspondant bien aux conditions posées, que les Forces Motrices de la Suisse centrale (CKW), Lucerne, ont mis à la disposition de l'UCS; il est situé à *Rathausen*, près d'Emmenbrücke. Ce terrain comprend deux parties, une partie est (fig. 1) et une partie ouest (fig. 2); il est situé à trois kilomètres au nord de Lucerne et se trouve dans une zone où les précipitations atmosphériques atteignent 110 à 120 cm par an en moyenne. Dans le plateau Suisse, région contenant la plupart des

poteaux en bois en service, les précipitations sont un peu moins importantes; elles sont plus importantes, par contre, dans les Alpes. Les deux terrains (prairies naturelles) sont situés sur la rive droite de la Reuss. Le terrain ouest est plat, l'herbe y pousse bien et y est assez drue, ce qui devrait indiquer la présence dans le sol d'une quantité assez grande de matières nutritives. Le terrain est touché à la rive de la Reuss, qui est plantée de buissons et d'arbres en assez grande quantité; la pousse de l'herbe y est moins régulière. Le sol est, par places, assez pierreux.



Fig. 2

Vue générale du champ d'essais Rathausen-Ouest

Le sol de chacune des deux parcelles a été soumis à une expertise, confiée aux soins du Laboratoire fédéral d'essais agricoles à Zurich-Oerlikon. En ce qui concerne la parcelle est, le sol ne contient pas du tout de calcaire en surface; à partir d'une profondeur de 20 cm cependant, apparaissent des traces de calcaire. Le sol de la parcelle ouest contient du calcaire jusqu'à la surface. L'apport de matières nutritives est meilleur et plus régulier dans la parcelle ouest que dans la parcelle est. L'apport d'acide phosphorique est insuffisant dans le champ est, il est bon dans le champ ouest. Le contenu total en azote est irrégulier et faible dans le champ est, plus régulier et normal dans le champ ouest. En gros, il s'agit dans les deux cas de concentrations de matières nutritives moyennes à faibles. La parcelle ouest contient légèrement plus d'humus, conformément au pourcentage d'azote plus élevé, que la parcelle est; la teneur en humus est cependant, même dans le premier cas, faible et plutôt en dessous de la moyenne suisse pour le sol de prairies naturelles. Le sol est dans les deux cas assez léger, avec un pourcentage d'argile moyen; il est, si l'on tient compte du grand nombre de pores, aéré. En résumé, l'aération y sera bonne, même en cas de temps humide, ce qui, en principe, devrait plutôt favoriser l'infection des bois par les champignons.

Un deuxième champ a été mis à la disposition de l'UCS par les «St. Gallischen-Appenzellischen Kraftwerke», St-Gall (SAK); il se trouve à *Starkenbach* (Toggenburg). Les précipitations atmosphériques y sont de 180 à 200 cm, c'est-à-dire beaucoup plus importantes qu'à Rathausen. Les essais qui seront



entrepris à Starkenbach contribueront à déterminer l'influence de la quantité des précipitations sur la durabilité des imprégnations.



Fig. 3

Une partie du champ d'essais Rathausen-Ouest

Dans ce champ d'essais, la couche superficielle du sol, qui est épaisse de 5 à 10 cm, est constituée par de la terre aérée, de couleur brun foncé, contenant beaucoup d'humus. En dessous, on trouve une couche épaisse de 50 cm de terre rougeâtre, très aérée, puis argileuse. Le sol du champ tout entier est légèrement acide et de composition régulière. L'herbe y pousse régulièrement et est assez drue.

Dans les deux cas (Rathausen et Starkenbach), on a procédé à des prélèvements de terre en surface pour déterminer le pH. Les mesures du pH ont été faites selon le procédé électrométrique avec électrode en verre, et sur des solutions aqueuses filtrées de 5 g de terre pour 100 cm<sup>3</sup> d'eau distillée. On a mesuré les valeurs suivantes.

Tableau I

Champ d'essai	Valeur du pH	
	Valeurs mesurées	Valeurs moyennes
<i>Rathausen</i>		
Champ ouest	7,3/7,1/7,2/7,7/7,6/7,7	7,4
Champ est	7,1/7,0/6,7/6,7/6,6/6,3/ 6,3/6,4/6,3/6,6	6,6
<i>Starkenbach</i>	5,4/5,7	5,6

Le sol du champ Rathausen-Ouest est légèrement alcalin (c'est-à-dire calcaire). Le sol du champ Rathausen-Est, et, dans une plus grande mesure encore, celui du champ de Starkenbach ont une réaction légèrement acide (c'est-à-dire non calcaire).

En résumé, les deux champs d'essais peuvent être, sur la base de leurs différentes propriétés, considérés comme se prêtant bien aux essais en plein air.

Les essais qui ont eu lieu au cours des années 1952, 1953 et jusqu'en été 1954, se limitaient au champ d'essais de Rathausen, étant donné que celui de Starkenbach devint seulement disponible en été 1954.

## 2. Les bois à l'essai

On emploie en général pour les essais des bouts de poteaux (dits éprouvettes) de 3 m de long (voir

fig. 2). L'emploi de poteaux entiers n'entraîne pas en ligne de compte pour ces premiers essais, par suite des frais trop importants. En principe, les essais pourraient être effectués avec des éprouvettes d'autres dimensions, par exemple plus petites. On a préféré cependant utiliser des poteaux de diamètre normal, étant donné qu'on peut admettre que des bois de diamètre différent se comporteraient aussi différemment, et qu'on veut que les essais correspondent autant que possible aux conditions rencontrées en pratique.

L'exactitude des résultats des essais augmente en général avec le nombre d'éprouvettes. D'autre part ce nombre a dû être évidemment maintenu dans certaines limites. On obtient encore une exactitude suffisante avec 6 à 10 éprouvettes.

Dans la plupart des cas, 10 éprouvettes étaient à notre disposition; on en a placé 6 dans le champ est et 4 dans le champ ouest, qui est un peu plus petit et qui est engraisé chaque année deux fois avec du purin. Dans les cas où le nombre de 10 éprouvettes n'était pas atteint, on en a placé proportionnellement moins dans chacun des deux champs. L'essai des différentes méthodes d'imprégnation dans chacun des deux champs doit permettre de déterminer l'influence, s'il y en a une, de la composition du sol, respectivement de l'engrais sur l'efficacité et la durabilité des imprégnations.

Pour tous les essais, on fait attention de n'employer uniquement que du bois sain, et, avant tout, libre de pourriture ou de tout autre défaut. Comme on utilise en Suisse pratiquement que des poteaux en sapin, l'emploi de tels poteaux pour les essais en plein air est tout indiqué. On a prévu, cependant, d'essayer aussi à l'avenir d'autres sortes de bois dont l'emploi est caractéristique pour certaines régions du pays.

## 3. Procédés d'imprégnation

Il n'a pas été possible, jusqu'ici, de remplir toutes les conditions désirables lors de l'essai des différents procédés. C'est ainsi qu'on n'a pas pu obtenir de tous les produits d'imprégnation employés des échantillons pour des essais chimiques et physiques. De plus, lors des premiers essais, on n'a pu obtenir qu'en partie des indications sur la quantité du produit qui était employé par éprouvette lors de l'imprégnation de celles-ci. Ce sont là des insuffisances qui n'ont pu être évitées et qu'on essaiera d'empêcher lors des essais à venir.

Pour permettre de mieux juger des différents procédés d'imprégnation, on a prévu de faire des examens chimiques des bois imprégnés. En déterminant, en outre, la répartition et le pouvoir de pénétration des substances employées, on obtient d'autres bases permettant d'estimer la qualité de chaque procédé. Il est aussi prévu d'examiner chimiquement les bois qui ont été retirés du sol pour cause de pourriture, afin d'essayer de déterminer ainsi les raisons de cette pourriture. On procédera aussi, toutes les fois que cela sera possible, à l'examen chimique-analytique et à l'examen mycologique d'après le procédé des petits cubes-éprouvettes, examens qui permettent de déterminer les valeurs limites.



Les essais effectués jusqu'ici concernent une série de procédés d'imprégnation qui peuvent être classés en trois groupes, à savoir:

- a) *Procédés simples.* Les poteaux sont imprégnés en une seule opération (par exemple procédé Boucherie, procédé par immersion et aspiration, etc.).
- b) *Procédés d'imprégnation double.* Les poteaux sont, en général, imprégnés d'abord de sulfate de cuivre d'après le procédé Boucherie; par la suite on les imprègne une seconde fois au pied, partie qui est spécialement en danger, et ceci sur une longueur de 2 à 3 mètres (traitement par piqûres, osmose, badigeon).
- c) *Procédés de traitements ultérieurs.* Traitement ultérieur dans la zone du pied de poteaux déjà posés (traitement par piqûres, bandages, badigeon).

Les observations que nous avons faites lors de l'essai des différents procédés seront publiées dans un prochain rapport.

Au cours du mois de juillet 1952, nous avons commencé à poser dans le champ d'essais de Rathsau des poteaux de 3 mètres de long imprégnés de différentes façons. Ces poteaux furent placés en rangs selon un plan fixé à l'avance. Entre les différentes rangées de poteaux nous avons laissé un espace de deux mètres, entre deux poteaux successifs de la même rangée un espace de 1,50 m. Les poteaux furent enfoncés de 1,40 m, comme on le fait d'habitude, et munis d'une couronne de pierres, 40 cm au-dessous de la surface du sol; les travaux furent effectués par le personnel des CKW et celui des PTT.

#### 4. Enregistrement des résultats

Afin de pouvoir les reconnaître, tous les poteaux ont été munis de plaquettes d'aluminium portant un numéro. Pour que toutes les données et observations correspondant à chacun des poteaux à l'essai soient enregistrées d'une façon claire et classées de telle sorte qu'on puisse les retrouver aussitôt, nous tenons un triple fichier, pour lequel nous avons fait imprimer une fiche spécialement adaptée à nos besoins. Ces trois fichiers se trouvent: le premier aux CKW à Lucerne, le deuxième au Secrétariat de l'UCS à Zurich, le dernier au Laboratoire fédéral d'essais des matériaux (EMPA) à St-Gall.

#### 5. Contamination des poteaux à l'essai par les champignons destructeurs du bois

Lors des essais que nous connaissons parce que leurs résultats ont été publiés dans les périodiques spécialisés, les poteaux ont été simplement posés dans le sol, sans que l'on ait infecté artificiellement avec des champignons ces poteaux eux-mêmes, ou le sol immédiatement à l'entour [4, 5]. Dans ces conditions, la contamination des poteaux est laissée au hasard; elle ne se produira que dans la mesure où les spores d'une des sortes de champignons destructeurs seront transportées par le vent et pourront germer; ceci peut conduire, dans certains cas, à une dispersion assez grande des résultats des essais. On peut s'en rendre compte si l'on considère les obser-

vations faites en Suisse sur la contamination des poteaux imprégnés de sulfate de cuivre par le champignon *poria vaporaria*, qui, comme nous l'avons rappelé, résiste au sulfate de cuivre. Bien que les poteaux traités selon le procédé Boucherie ne sont pas assez protégés contre le bolet destructeur poreux, ils peuvent cependant, dans certains cas, ne pas être infectés pendant des années, puis être attaqués tout d'un coup et de façon tout à fait inattendue. On a observé que dans les réseaux de conduites aériennes on doit remplacer continuellement certains poteaux et qu'ils sont chaque fois attaqués par le bolet destructeur poreux, parce que le sol est infecté, tandis que les poteaux immédiatement voisins restent sains et exempts de champignons pendant des années. Ceci prouve que la contamination par le vent ne fonctionne pas toujours.

Partant de ces observations, nous avons décidé d'infecter périodiquement les poteaux à l'essai, respectivement le sol à l'entour de ces poteaux, avec un bouillon de culture contenant différents champignons lignivores. On peut considérer cette mesure comme un complément à la contamination naturelle, qui est tout à fait accidentelle. Puisque tous les poteaux à l'essai sont traités avec le même bouillon de culture, ils sont tous attaqués par les mêmes sortes de champignons. On empêche ainsi que certains poteaux ne soient, par hasard, pas attaqués, ceci parce que les spores de certaines sortes de champignons ne sont pas présentes. On est en droit de s'attendre que, la base de départ étant la même, la dispersion des résultats soit beaucoup moins grande.

Le bouillon de culture servant à contaminer les poteaux est fabriqué comme nous le décrivons ci-après.

Nous prenons des récipients de 1 à 2 litres de capacité, à cols très ouverts; nous les remplissons de copeaux de bois de sapin et ajoutons un poids quadruple d'une solution aqueuse à 2 % d'extrait malté (Gloma pur de la maison Wander à Berne). Après avoir fermé les bords par des tampons d'ouate, on les stérilise dans un autoclave à 120 °C pendant 30 minutes. Puis, prenant toutes les précautions utiles, on ensemence les copeaux avec des fragments de mycélium provenant de jeunes cultures sur flocons d'avoine; il s'agit des champignons suivants:

<i>poria vaporaria</i>	souche EMPA	27
<i>poria incarnata</i>	»	45
<i>poria ferruginosa</i>	»	43
<i>coniophora cerebella</i>	»	6 resp. 62
<i>lentinus lepideus</i>	»	11
<i>lenzites abietina</i>	»	42
<i>trametes serialis</i>	»	43

Les bocaux ensemencés sont conservés sous une température de 22 à 24 °C. Dans ces conditions, les champignons recouvrent complètement les copeaux de bois en 4 à 6 semaines. Ces copeaux sont alors mélangés soigneusement avec un volume 1,5 fois plus grand de copeaux frais.

Pour contaminer les poteaux, on enlève la terre autour de ces derniers en creusant jusqu'à 20 ou 30 cm de profondeur, c'est-à-dire jusqu'à la cou-

ronne de pierres. Autour de chaque poteau, on répartit de façon régulière un litre de copeaux infectés, puis on recouvre à nouveau de terre. On a prévu de répéter cette opération chaque printemps pendant les premières années, puis tous les 2 ou 3 ans par la suite.

Les bois posés depuis 1952 dans le champ d'essais de Rathausen ont été, jusqu'ici, contaminés le 12 septembre 1952, le 11 mai 1953 et le 3 juin 1954 avec le mélange décrit.

#### 6. Contrôle des essais

Afin de pouvoir observer le déroulement des essais sans rien omettre, tous les poteaux à l'essai sont examinés chaque année deux fois du point de vue de l'infection par les champignons. On effectue le premier contrôle au printemps, et le second en automne; le deuxième est fait plus soigneusement, car il est le plus important. Lors du contrôle d'automne, il s'agit avant tout de constater les dégâts causés par les champignons au cours des mois de printemps et d'automne, qui sont favorables à leur croissance. Dans ce but, on dégage les poteaux en creusant légèrement. Tous les changements que l'on constate aux poteaux sont inscrits sur la fiche correspondante. Suivant l'état des poteaux, on leur fait subir aussi d'autres examens chimiques ou biologiques.

Nous publierons plus tard un rapport sur les résultats et les observations des deux contrôles effectués jusqu'ici, à savoir ceux du 11 au 12 mai 1953 et du 5 novembre 1953, et de celui qui aura lieu en octobre 1954.

#### D. Autres essais prévus

Les essais entrepris jusqu'ici, et que nous venons de décrire, ne concernent que le champ d'essais de

Rathausen. Le nouveau champ d'essais de Starkenbach rend possibles une série d'autres essais importants et intéressants, pour lesquels nous avons déjà arrêté les plans. On a prévu d'examiner différents procédés ultérieurs et procédés d'imprégnation double, ceci dans des conditions identiques pour tous, et du point de vue de leur adaptation aux conditions régnant en Suisse. Ces essais, qui sont prévus à la fois à Starkenbach et à Rathausen, contribueront à élucider la question de savoir jusqu'à quel point la protection assurée par l'imprégnation dépend de la quantité des précipitations.

On peut dire que ces essais représenteront un progrès certain dans le domaine de la protection des poteaux en bois contre les dommages causés par les champignons. Nous espérons et nous ne doutons pas que les essais en plein air, qui porteront sur de longues années, nous donneront des résultats précieux s'ils sont exécutés sérieusement et sans désespérer; ces résultats devraient se traduire en pratique par un prolongement général et sensible de la durée moyenne des poteaux en bois dans les réseaux de conduites aériennes.

#### Bibliographie

- [1] Gümman, E.: Einige Erfahrungen mit boucherisierten Leitungssäulen. Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen (1950), n° 9.
- [2] Wälchli, O.: Pilze auf Holzmasten, unter besonderer Berücksichtigung des Porenhautschwammes (*Poria vaporaria*). Bull. ASE, t. 44 (1953), n° 1, p. 14...20.
- [3] Bourdot, H. et Galzin, A.: Hyménomycètes de France, Sceaux, 1927.
- [4] Benfait, J. L. et Hof, T.: Buitenproeven met geconserveerde palen, 1ste mededeling. Serie III. Conservering en veredeling No. 3. Centraal Instituut voor Materiaal onderzoek. Circulaire 8, (Décembre 1948).
- [5] Colley, R. G.: The Evaluation of Wood Preservatives. The Bell System Technical J., t. 32 (1953), p. 120...169 et 425...505.

Adresse de l'auteur:

O. Wälchli, Dr. ès sc. nat., chef du département biologique du Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et Institut de recherches (EMPA), St-Gall.

## L'opinion des constructeurs américains au sujet des perspectives d'avenir des centrales nucléaires

621.311.25 : 621.039.4

[Selon: GE predicts competitive atom power in 10 years. Power, t. 98 (1954), n° 8, p. 83...180]

Une réunion de discussion concernant les problèmes de la production industrielle d'énergie électrique dans des centrales nucléaires s'est tenue le 24 mai 1954 à Washington; plus de 500 experts représentant, entre autres, les services publics électriques y participèrent pour apprendre de la bouche des constructeurs les propriétés et l'avenir des différents types de réacteurs nucléaires.

Au cours de cette réunion, le représentant de la «General Electric Co» a déclaré que, à son avis, les services publics électriques auraient en 1964 déjà un certain nombre de centrales nucléaires en service, centrales qui, bien que construites sans aucun subside du gouvernement, pourraient soutenir la concurrence avec les centrales conventionnelles. Il estime par ailleurs que les deux types de réacteurs qui ont le plus d'avenir sont d'une part celui qui emploie de l'eau ordinaire bouillante comme modérateur et comme réfrigérant, d'autre part celui où du graphite sert de modérateur et de l'eau ordinaire de réfrigérant.

Quant au représentant de la «Westinghouse Co», il décrit la centrale nucléaire pour laquelle cette

entreprise est chargée de construire le réacteur et l'échangeur de chaleur et qui est connue sous le nom de projet Duquesne<sup>1</sup>). Il s'agit d'une centrale ayant une puissance installée de 60 000 kW, qui sera installée près de Pittsburgh et exploitée par la «Duquesne Light Co». Le combustible employé dans ce réacteur sera de l'uranium naturel très peu enrichi. De l'eau ordinaire y servira de modérateur et de réfrigérant; on la maintiendra sous une pression de 140 kg/cm<sup>2</sup> afin d'éviter qu'elle se mette à bouillir. C'est le passage de cette eau à travers les échangeurs de chaleur qui produira une vapeur sous une pression de 40 kg/cm<sup>2</sup> ou plus, alimentant les turboalternateurs.

Reprenons en détail le rapport de la «General Electric Co». L'estimation qui y est faite du coût de l'énergie nucléaire se base sur des charges fixes de 13,7 % sur les installations, de 11,4 % sur le terrain et de 9,6 % sur le stock de combustible nucléaire, ce dernier étant supposé égal à 60 % d'une «charge» du

<sup>1</sup>) Voir «L'avenir des centrales nucléaires» Bull. ASE, Vol. 45 (1954), n° 19, p. 816...820 resp. Prod. et Distr. d'Énergie, Vol. 1 (1954), n° 10, p. 112...116.

réacteur. Comme le coût initial du combustible peut être, pour un réacteur de grande puissance, de 40 millions de dollars, la façon dont on tient compte du stock de combustible joue un rôle assez important dans tout calcul du coût de l'énergie nucléaire. A partir de l'instant où le réacteur a été mis en service, ce stock diminue régulièrement, puisque le combustible brûle. Après une année environ, quand le moment est venu d'introduire dans le réacteur du combustible nouveau et d'éloigner celui qui s'est consumé, le combustible se trouvant dans le réacteur aura approximativement atteint une « exposition » de 50 %, c'est-à-dire que sa valeur sera descendue à 50 % de la somme qu'il a coûté lors de l'achat. Pendant toute cette longue période où le combustible initial a brûlé à 50 %, il n'est pas nécessaire d'ajouter du combustible. L'économie de frais d'exploitation qui en résulte peut être utilisée pour « rembourser » le combustible qui s'est consumé.

En plus du combustible se trouvant dans le réacteur lui-même, il est nécessaire de prévoir une certaine réserve, se montant, par exemple, à 10 % d'une charge du réacteur. Si l'on analyse alors la question en détail du point de vue financier, on arrive au chiffre de 9,6 % de charges fixes à compter sur 60 % de la somme investie au départ pour une charge du réacteur, chiffre que nous avons cité plus haut.

Selon le représentant de la « General Electric Co », c'est en employant le type de réacteur dit « boiling reactor », où l'on utilise de l'eau ordinaire à la fois comme modérateur et comme réfrigérant, qu'on a le plus de chances de concurrencer un jour les centrales conventionnelles; ceci pourra être le cas d'ici peu de temps dans les régions des Etats-Unis où les combustibles conventionnels sont le plus cher. Ce réacteur a l'avantage de ne pas employer d'eau lourde, dont le coût est très élevé; d'autre part les sommes importantes qui sont en général investies pour transférer la chaleur d'un réfrigérant primaire aux échangeurs de chaleur produisant la vapeur ont disparu dans ce type de réacteur. En effet, la vapeur y est engendrée directement dans le réacteur, sans l'emploi d'un fluide intermédiaire pour les échanges de chaleur.

Comparons deux centrales de 300 MW de puissance électrique installée, l'une utilisant un réacteur nucléaire du type ci-dessus, l'autre brûlant du charbon, et admettons d'autre part que ces deux centrales aient un facteur d'utilisation de 80 %. Le tableau I met en regard différentes données techniques de ces deux centrales.

Tableau I

	Centrale avec « boiling reactor »	Centrale à charbon
Puissance électrique (capacité nette de la centrale) MW	300	300
Facteur d'utilisation de la centrale . . . . . %	80	80
Température de la vapeur °C	230	540
Pression de la vapeur . . kg/cm <sup>2</sup>	30	100
Rendement thermique net . %	24	35
Chaleur engendrée . . . MW	1250	857

Le tableau II donne une comparaison des frais de premier établissement des deux centrales considérées.

Sommes à investir par kW

Tableau II

	Centrale avec « boiling reactor » dollars	Centrale à charbon dollars
Installations . . . . .	195	140
Terrain . . . . .	2	2
Projet, plans, etc. . . . .	15	11
Mise en route . . . . .	14	7
Stock de combustible nucléaire . . . . .	17	—
Total	243	160

Comme on le voit, toutes les positions sont d'un montant plus élevé dans le cas de la centrale nucléaire, sauf en ce qui concerne le terrain; notez l'importance des sommes investies dans le combustible nucléaire. Le tableau III donne le coût du kWh pour chacune des deux centrales considérées.

Coût du kWh

Tableau III

	Centrale avec « boiling reactor » mills/kWh	Centrale à charbon mills/kWh
Charges fixes de capital .	4,65	3,0
Autres charges fixes (Salaires, etc.) . . . . .	0,70	0,5
Combustible . . . . .	1,35	3,4 <sup>1)</sup>
Total	6,7	6,9

<sup>1)</sup> Charbon à 140 cents par Gcal.

Ce tableau montre qu'une centrale nucléaire correspondant aux suppositions faites peut entrer en concurrence avec une centrale conventionnelle utilisant du charbon à 1,4 dollar par Gcal, un prix qui est actuellement courant dans plusieurs régions des Etats-Unis. Les charges fixes sont plus élevées pour la centrale nucléaire que pour la centrale conventionnelle. Les frais de combustibles par contre ne sont que de 1,35 mills par kWh dans le premier cas au lieu de 3,4 mills/kWh dans le second. Cette étude suppose que chaque tonne de combustible nucléaire puisse produire 240 GWh avant d'être remplacée; cette énergie correspond à la fission de 1 % du nombre total de noyaux contenus dans l'uranium employé. Comme la quantité d'uranium 235 fissible est, dans le cas de l'uranium naturel, de 0,7 % du total seulement, l'auteur admet une transformation en plutonium fissible d'un nombre non négligeable d'atomes d'uranium 238.

Enfin l'auteur de cette étude a admis que le prix de l'uranium n'augmentera pas de façon appréciable à l'avenir et que de l'uranium modérément enrichi pourra être obtenu du gouvernement à des prix acceptables. La centrale proposée ne s'occupera pas de régénérer l'uranium après son « exposition » dans le réacteur.

Au cours du même exposé, le représentant de la « General Electric Co » déclara que le type de réacteur qui emploie du graphite comme modérateur et de l'eau comme réfrigérant, c'est-à-dire qui se base sur les expériences faites avec les réacteurs utilisés à Hanford pour la fabrication de plutonium, a aussi un grand avenir. Des études ont été faites à ce sujet, se basant sur une unité de 700 MW. Le tableau IV rassemble les données techniques d'une telle centrale.

La puissance électrique nette de 700 MW serait obtenue au moyen de 5 unités de turbo-alternateurs

Tableau IV

Puissance électrique nette . . . MW	700
Facteur d'utilisation de la centrale . . . . . %	85
Température de la vapeur . . . °C	190
Pression de la vapeur . . . . kg/cm <sup>2</sup>	13
Température du réfrigérant à la sortie . . . . . °C	83
Température du réfrigérant à l'entrée . . . . . °C	280
Rendement thermique net de la centrale . . . . . %	23
Chaleur engendrée par le réacteur . . . . . MW	3000

de 150 MW, alimentés par de la vapeur à 190 °C provenant de 30 échangeurs de chaleur; ces échangeurs seraient alimentés à leur tour par de l'eau à 280 °C, qui les quitterait à une température de 83 °C. Le tableau V donne un aperçu des sommes qui devraient être investies dans une telle centrale.

Tableau V

	Sommes à investir	
	au total 10 <sup>6</sup> dollars	par kW installé dollars
Installations . . . . .	150	214
Terrains . . . . .	0,5	1
Projet, plans, etc. . . . .	12	17
Mise en route . . . . .	12	17
Stock de combustible nucléaire . . . . .	19,5	28
Total	194	277

Quant au tableau VI, il indique quelle sera le prix du kWh d'énergie électrique produit par une telle centrale.

Coût du kWh

Tableau VI

	Mills/kWh
Charges fixes de capital . . . . .	5,2
Autres charges fixes (salaires, etc.) . . . . .	0,6
Combustible nucléaire . . . . .	1,0
Total	6,8

D'après la «General Electric Co», tous ces chiffres se basent sur l'expérience actuelle des constructeurs. La plupart des recherches scientifiques sont faites, et l'on connaît aujourd'hui exactement le coût d'une centrale nucléaire. Malheureusement les calculs pour les deux types de réacteurs cités se basent sur un combustible possédant une capacité d'«exposition» de 240 GWh par tonne, c'est-à-dire un combustible qui n'est pas à disposition aujourd'hui; il n'est cependant pas douteux qu'il le sera un jour. Ce n'est que lorsque cette condition sera réalisée, que les frais de combustible atteindront vraiment le chiffre de 1,0 mills par kWh environ cité dans les tableaux.

Le représentant de la «Westinghouse Co» parla dans son exposé, comme nous l'avons déjà dit, de la centrale de 60 000 kW en construction près de Pittsburgh. Le système de réfrigération, qui sert à retirer la chaleur du réacteur et à la transmettre aux installations génératrices de vapeur, possède quatre circuits. Chacun comprend une pompe, une installation génératrice de vapeur, la tuyauterie et les vannes nécessaires; la pompe maintient l'eau en circulation entre le réacteur et les installations génératrices de vapeur. Ces dernières comprennent un échangeur de chaleur eau/eau, ainsi qu'un tambour de vaporisation et un séparateur. Des vannes permettent d'iso-

ler un circuit pour réparations, les trois autres continuant à fonctionner. Pour empêcher qu'elle ne se mette à bouillir, l'eau circule sous une pression de 140 kg/cm<sup>2</sup> et une température de 275 °C. La pression est obtenue par l'intermédiaire d'un réservoir qui est rempli d'une certaine quantité d'eau et d'une quantité égale de vapeur saturée à une température de plus de 315 °C. Des corps de chauffe électriques permettent de maintenir cette température dans le réservoir.

Le «noyau» du réacteur consiste dans de l'uranium très peu enrichi disposé en un certain nombre d'éléments enrobés d'un matériel résistant à la corrosion. La «charge» initiale du réacteur sera de 10 tonnes d'uranium; les éléments seront tous contenus dans un espace cylindrique de 180 cm de diamètre sur 230 cm de hauteur environ. Les plans ont été établis de telle façon que des éléments de différentes dimensions et des matériaux différents puissent être employés pour les «charges» futures. Les dimensions extérieures du récipient contenant l'uranium, qui sera habillé d'acier inoxydable, seront de 275 cm de diamètre sur 760 cm de hauteur.

Toute l'installation dite primaire (réacteur et échangeurs de chaleur) sera contenue dans une enveloppe d'acier pour empêcher que des matières radioactives ne s'en échappent accidentellement. L'exposé contient d'autres détails sur les échangeurs de chaleur et les pompes.

Comme l'uranium enrichi est très coûteux, la «Westinghouse Co» a essayé d'utiliser de l'uranium le moins enrichi possible; c'est pour la même raison qu'on n'emploie pas d'eau lourde.

Le représentant de la Westinghouse Co. termina son exposé en déclarant que, à son avis, personne ne peut encore dire aujourd'hui quel est le type de réacteur qui se montrera finalement comme étant le meilleur. C'est pourquoi il considère comme étant judicieux les plans de l'«Atomic Energy Commission» d'étudier, au cours des cinq prochaines années, les cinq types de réacteur qui semblent aujourd'hui être les plus prometteurs.

Sa.

## Communications des organes de l'UCS

### Commission pour les examens de maîtrise de l'USIE et de l'UCS

#### 67<sup>e</sup> Examen de maîtrise

Les derniers examens de maîtrise pour installateurs-électriciens ont eu lieu du 5 au 8 octobre 1954 à l'Ecole d'Agriculture de Marcelin à Morges. Les 13 candidats suivants, parmi les 23 qui s'étaient présentés de la Suisse alémanique et de la Suisse romande, ont subi l'examen avec succès:

Amacher André, Le Locle  
von Bergen Arthur, Wetzikon  
Ehrler Eduard, Küsnacht a.R.  
Freudiger Paul, Olten  
Gygax Werner, Seeburg (BE)  
Homberger Jacques, Bienne  
Kräher Eduard, Zollikon (ZH)  
Laverrière Ernest, Genève  
Mathieu Yvon, Sierre  
Schatzmann Johannes, Zürich  
Stauffer Heinz, Bern  
Rottet Pierre, Bienne  
Tissot Francis, Le Locle



### Extrait des rapports de gestion des centrales suisses d'électricité

(Ces aperçus sont publiés en groupes de quatre au fur et à mesure de la parution des rapports de gestion et ne sont pas destinés à des comparaisons)

On peut s'abonner à des tirages à part de cette page

	Städtische Werke Baden		Service de l'électricité, Ville de Neuchâtel		Elektrizitätswerk Stäfa		Elektrizitätswerk der Stadt Winterthur	
	1953	1952	1953	1952	1953	1952	1952/53	1951/52
1. Production d'énergie . kWh	27 897 000	29 445 000	23 171 540	25 872 890	—	—	988 500	680 180
2. Achat d'énergie . . . kWh	33 962 000	28 520 000	33 892 344	24 940 634	5 330 350	4 946 000	138 563 300	131 751 580
3. Energie distribuée . . kWh	59 988 820	56 541 150	57 063 884	50 813 524	5 330 350	4 946 000	130 532 700	125 858 700
4. Par rapp. à l'ex. préc. . %	+6,72	+15,54	+12,3	+10,5	+7,8	+8,0	+3,7	+6,3
5. Dont énergie à prix de déchet . . . . . kWh	236 000	475 000	—	—	—	—	12 419 800	20 066 250
11. Charge maximum . . kW	13 350	12 930	11 200	9 750	1 017	906	31 600	30 500
12. Puissance installée totale kW	80 054	76 604	—	—	—	—	236 660	225 530
13. Lampes . . . . . { kW	115 200 5 910	109 853 5 870	— —	— —	— —	— —	335 429 18 656	323 860 18 030
14. Cuisinières . . . . . { kW	862 6 278	825 6 043	— —	— —	— —	— —	6 469 42 859	6 270 41 280
15. Chauffe-eau . . . . . { kW	3 025 5 480	2 930 5 132	— —	— —	— —	— —	8 812 13 783	8 370 12 800
16. Moteurs industriels . . { kW	9 145 35 065	8 640 33 010	— —	— —	— —	— —	33 417 73 816	31 990 71 430
21. Nombre d'abonnements . .	5 678	5 628	—	—	1 680	1 630	43 400	46 000
22. Recette moyenne par kWh cts.	5,31	5,27	—	—	8,45	8,45	6,77	6,74
<i>Du bilan:</i>								
31. Capital social . . . . . fr.	—	—	—	—	—	—	—	—
32. Emprunts à terme . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
33. Fortune coopérative . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
34. Capital de dotation . . .	1 450 000	1 150 000	14 527 400	13 273 600	—	—	8 082 200	8 327 000
35. Valeur comptable des inst.	2 478 001	2 637 001	11 641 900	10 499 300	297 005	232 000	7 425 000	7 252 000
36. Portefeuille et participat.	—	—	—	—	—	—	—	—
37. Fonds de renouvellement	2 187 000	1 935 000	—	—	324 332 <sup>1)</sup>	291 671 <sup>1)</sup>	2 119 000	1 950 000
<i>Du compte profits et pertes:</i>								
41. Recettes d'exploitation . fr.	3 193 019	2 985 858	4 458 000	4 065 600	753 454	748 203	9 585 000	9 238 120
42. Revue du portefeuille et des participations . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
43. Autres recettes . . . . .	119 844	117 298	—	—	—	—	—	358 940
44. Intérêts débiteurs . . . .	27 428	33 318	627 800	556 000	5 405	1 480	416 000	398 730
45. Charges fiscales . . . . .	54 536	53 335	—	—	—	—	—	—
46. Frais d'administration . .	301 580	310 112	630 000	634 100	41 748	38 417	509 000	501 490
47. Frais d'exploitation . . .	317 788	347 319	426 300	406 200	353 595	372 150	1 818 000	1 859 920
48. Achat d'énergie . . . . .	1 281 288	1 139 380	1 359 400	1 052 200	224 238	206 857	4 354 000	4 174 270
49. Amortissements et réserves	590 077	593 344	640 600	624 800	73 468	74 299	1 223 000	1 412 630
50. Dividende . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
51. En % . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
52. Versements aux caisses pu- bliques . . . . .	141 000	141 000	533 700	543 600	55 000	55 000	1 264 000	1 183 110
<i>Investissements et amortissements:</i>								
61. Investissements jusqu'à fin de l'exercice . . . . . fr.	13 600 466	13 277 018	19 324 400	17 948 700	1 051 395	936 833	16 678 000	15 866 530
62. Amortissements jusqu'à fin de l'exercice . . . . .	11 122 465	10 640 017	7 682 500	7 449 400	754 390	704 833	9 253 000	8 614 580
63. Valeur comptable . . . . .	2 478 001	2 637 001	11 641 900	10 499 300	297 005	232 000	7 425 000	7 251 950
64. Soit en % des investisse- ments . . . . .	18,22	19,86	60,2	58,5	28,2	24,7	44,5	45,7

<sup>1)</sup> Fonds de réserve

Rédaction des «Pages de l'UCS»: Secrétariat de l'Union des Centrales Suisses d'Electricité, Seefeldstrasse 301, Zürich 8, téléphone (051) 34 12 12; compte de chèques postaux VIII 4355; adresse télégraphique: Electrunion Zürich.

Rédacteur: Ch. Morel, ingénieur.

Des tirés à part de ces pages sont en vente au secrétariat de l'UCS, au numéro ou à l'abonnement.