Effets de taille des rejets de chaleur dans l'atmosphère, incidences sur le choix des sites des centrales

Autor(en): **Jacquet, J. / Tschirhart, G.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **65 (1974)**

Heft 17

PDF erstellt am: **30.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-915453

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

2.5 Le bruit

Les tours de réfrigération, qu'elles soient humides ou sèches, à ventilation forcée ou à tirage naturel, font du bruit. Il provient:

a) des ventilateurs;

b) de la chute des gouttes d'eau;

c) de la résonance des ailettes dont sont munis les échangeurs des réfrigérants secs.

Le bruit ne constitue en général pas un problème considérable et, moyennant des précautions peu coûteuses, on peut l'amortir à un niveau compatible avec les exigences. Il s'agit de construction de murs ou de plantation d'arbres.

2.6 Esthétique

Les tours de réfrigération à tirage naturel des grandes centrales ont des dimensions importantes et peuvent difficilement être cachées.

Pour une centrale nucléaire de 1000 MW, on aurait:

- pour une tour humide:

hauteur	144 m
diamètre à la base	115 m
diamètre au sommet	69 m

- pour une tour sèche:

hauteur	271 m
diamètre à la base	238 m
diamètre au sommet	167 m

Les opinions sont très partagées quand il s'agit de juger l'aspect d'une tour dans un paysage. En général, une seule et grande tour est jugée préférable à un ensemble de tours moins hautes.

Si la hauteur est limitée, pour des raisons d'esthétique, on peut remplacer une tour par deux autres, de performances identiques, moyennant une augmentation des investissements de l'ordre de 9 %.

3. Conclusions

Les contraintes d'environnement ont une répercussion profonde sur les investissements et les frais d'exploitation des centrales électriques. Pour une unité nucléaire de 1000 MW, des restrictions au point de vue rejets thermiques peuvent avoir des répercussions qui se chiffrent en valeur actualisée à 100 millions de francs ou plus.

Pour éviter tout gaspillage, les capacités de nos sources froides, qui constituent une richesse naturelle, sont à utiliser au mieux et il convient d'examiner soigneusement les avantages et inconvénients que la fixation d'un critère restrictif peut présenter.

Adresses des auteurs:

J. Remeysen, directeur-adjoint, Société de traction et d'électricité, 31, rue de la Science, B-1040 Bruxelles.

J. Van Dievort, chef de service Société de traction et d'électricité, 31, rue de la Science, B-1040 Bruxelles.

G. Oplatka, conseiller scientifique, BBC/T-T, 5400 Baden.

Effets de taille des rejets de chaleur dans l'atmosphère, incidences sur le choix des sites des centrales

Extrait du rapport préparé par J. Jacquet et G. Tschirhart

Die Wahl des Standortes eines thermischen Kraftwerkes ergibt sich vor allem auf Grund von wirtschaftlichen und technologischen Überlegungen, wobei hauptsächlich der Abstand vom Konsumschwerpunkt der Energie sowie die Verfügbarkeit von Kühlwasser diese Wahl beeinflussen. Simulationsstudien betreffend den Betrieb von Kühlsystemen in Abhängigkeit der lokalen klimatischen Bedingungen können heute unter Verwendung von Modellen für die Entwicklung der Abwärmeabgabe an die Atmosphäre durchgeführt werden, wobei den Einschränkungen in einigen Gültigkeitsbereichen Rechnung getragen werden kann.

Le choix d'un site d'implantation de centrale thermique est conditionné en premier lieu par des considérations économiques et technologiques prenant en compte notamment des impératifs de proximité des centres de consommation d'énergie électrique et de disponibilités en eau de refroidissement. Il a été montré qu'une étude de simulation de fonctionnement de systèmes de réfrigération en fonction de données climatologiques locales est actuellement possible en utilisant des modèles d'évolution de rejets thermiques dans l'atmosphère tout en tenant compte des réserves exprimées sur leurs domaines de validité respectifs.

1. Introduction

Dans les centrales thermiques actuellement en exploitation, l'eau de circulation est utilisée soit en *circuit ouvert*, soit en *circuit fermé*.

A) En *circuit ouvert*, l'eau de circulation est captée froide dans une nappe d'eau naturelle (rivière, lac ou mer) et rejetée plus chaude (de 7 à 12 °C) dans la même nappe d'eau en évitant qu'elle ne soit recyclée dans le circuit de refroidissement.

L'eau chaude ainsi rejetée se refroidit selon quatre processus:

– *par évaporation* (35 à 45 % des calories rejetées);

– *par rayonnement* (25 à 35 %). Ces proportions sont variables avec le degré d'insolation;

– *par convection* avec l'eau froide du plan d'eau et *conduction* avec l'air (20 à 30 %). Ces proportions sont variables avec la nature de la nappe d'eau;

– *par conduction* des parois de la nappe d'eau (0 à 10 %). Ces proportions sont variables avec l'étendue et la profondeur de la nappe d'eau.

Ces valeurs montrent que la perte en eau, par refroidissement en circuit ouvert, exclusivement due à l'évaporation est relativement faible et varie selon les cas de *0,8 à 1,1 tonne d'eau par heure et par mégawatt*.

B) Le refroidissement de l'eau de circulation en *circuit fermé*, est basé sur l'utilisation des tours de réfrigération atmosphérique qui peuvent être de 2 types: «humides» ou «sèches».

Actuellement, les *réfrigérants de type «humide»* sont encore les plus communément utilisés.

Dans ces derniers, l'eau de circulation est, à l'intérieur du réfrigérant, essentiellement refroidie par évaporation, en proportion d'environ 80 %. Les 20 % restants sont refroidis par conduction avec l'air.

La quantité de vapeur d'eau rejetée dans l'atmosphère par un réfrigérant de type «humide» est d'environ le double de celle rejetée par la réfrigération en circuit ouvert, soit de *1,5 à 2,2 tonnes par heure et par mégawatt.*

A ce rejet de vapeur d'eau s'ajoute un rejet de gouttelettes d'eau entrainées par le courant d'air ascendant (primage) et qui est de l'ordre de 100 kg par heure et par mégawatt.

Si le réfrigérant est équipé de séparateurs de gouttes, cette valeur peut être ramenée à moins de 5 kg par heure et par mégawatt.

L'air saturé de vapeur d'eau est rejeté dans l'atmosphère à une température de 10 à 15 °C supérieure à la température ambiante et à une vitesse de l'ordre de 5 m/s dans le cas de réfrigérant à tirage naturel, cette vitesse pouvant être doublée avec des réfrigérants à tirage forcé.

Cet air saturé de vapeur d'eau en se refroidissant par mélange turbulent avec l'air ambiant peut donner lieu à la formation de nuages artificiels.

Dans le cas de *réfrigérants de type «sec»*, l'humidité absolue de l'air rejeté dans l'atmosphère n'est pas modifiée, mais la température est plus élevée (de l'ordre de 15 à 20 °C, au-dessus de la température ambiante).

Cette masse d'air chaud ne donne lieu à la formation de nuages que dans des cas très rares.

Du point de vue des rejets de chaleur dans l'atmosphère, la différence entre les deux systèmes réside en ce que les réfrigérants de type «humide» évacuent 80 % de la chaleur sous forme de chaleur latente (vapeur d'eau) et 20 % sous forme de chaleur sensible, alors qu'avec les réfrigérants de type «sec» la totalité de la chaleur est évacuée sous forme sensible.

La concentration sur un même site de plusieurs unités de production de puissance de plus en plus grande (tranches nucléaires de l'ordre de 12 à 1300 MWe) pose, entre autres, le problème des modifications climatiques locales dûs à l'importance des rejets de chaleur à l'atmosphère concentrés sur une aire relativement peu étendue lorsque la Centrale est équipée de systèmes de réfrigération atmosphérique.

Il s'agit en particulier de savoir si les panaches de condensation et les ascendances thermiques créés par les tours de réfrigération sont susceptibles d'engendrer des phénomènes météorologiques (essentiellement des nuages) dont l'échelle et le développement conduisent à des altérations significatives de certains éléments du climat (précipitations par exemple) et comment on peut prévoir, au niveau du choix des sites de centrales thermiques, l'impact de ces rejets de chaleur sur l'environnement.

2. Les différents types de nuages formés

2.1 Comparaison des panaches avec les nuages naturels

Les panaches formés par l'exploitation des tours de réfrigération «humides» présentent des caractéristiques physiques semblables à celles des nuages naturels, en particulier en ce qui concerne la teneur en eau liquide et le spectre dimensionnel des diamètres des gouttes.

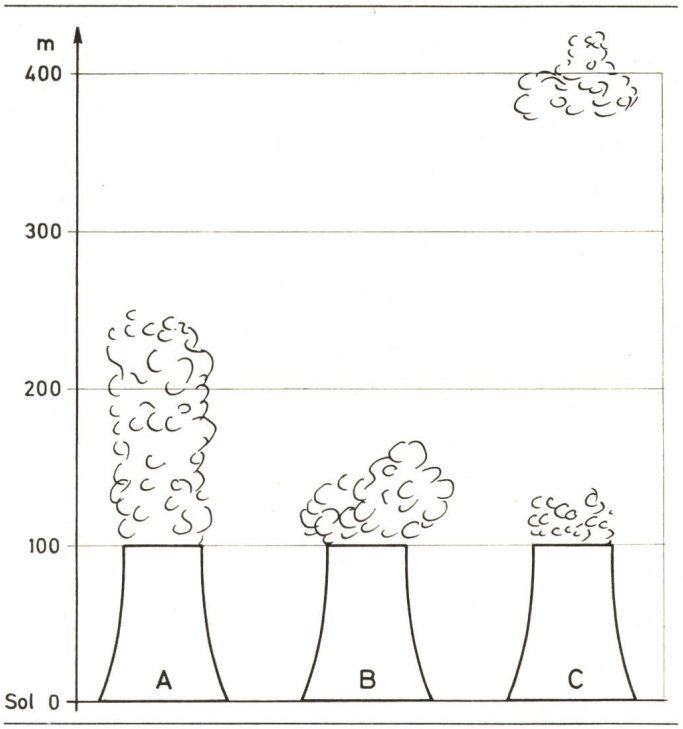

Fig. 1 Les 3 cas de développements verticaux des panaches (vent calme)

A: *Air instable:* Le panache se développe verticalement

B: *Air stable:* Le panache est stoppé dans son ascension et donne lieu à une certaine cumulification liée au réfrigérant.

C: *Air sélectivement instable et très humide en altitude.* Après complète évaporation le panache donne lieu à la formation d'un cumulus au niveau de saturation adiabatique.

A titre de comparaison, nous indiquons ci-après quelques caractéristiques essentielles des nuages naturels.

Morphologiquement les nuages peuvent être classés en deux groupes:

a) Les *nuages en couche* (type Stratus, Altostratus, Nimbostratus, etc.) dont la caractéristique physique principale est que leurs dimensions horizontales sont de beaucoup plus importantes que l'épaisseur.

b) Les *nuages cumuliformes* (Cumulus, Cumulonimbus) dont l'épaisseur est du même ordre de grandeur que les dimensions horizontales.

Des résultats expérimentaux montrent que pour qu'un nuage de type stratiforme puisse donner des précipitations atteignant le sol, son épaisseur doit être d'au moins 400 m, la base étant à une hauteur de 100 m au plus au-dessus du sol. De même, un nuage cumuliforme ne peut donner de précipitation que si son épaisseur est d'au moins 3500 m (tout au moins dans les régions tempérées et en pays de plaine).

On conçoit dès lors que si l'on excepte les précipitations dues au primage, les panaches émis par les tours de réfrigération humide ne peuvent en aucun cas réaliser les conditions ci-dessus et par conséquent, ne sont pas susceptibles de provoquer des précipitations notables.

D'ailleurs, un calcul d'ordres de grandeur permet de se rendre compte que même avec une centrale de grande puissance équipée de réfrigérants atmosphériques, le rejet de va-

peur d'eau dans l'atmosphère constitue un phénomène à échelle mésométéorologique, c'est-à-dire à une échelle bien inférieure aux phénomènes aérologiques courants (Cumulus donnant des averses, Cumulonimbus orageux, etc.).

Considérons, par exemple, une centrale nucléaire de puissance 5000 MWe. Les réfrigérants atmosphériques humides équipant cette centrale rejettent à l'atmosphère une quantité de vapeur d'eau qui peut approximativement être évaluée à 10 000 t/h.

Considérons par ailleurs un Cumulus humilis ou mediocris de base 1 km × 1 km = 10^6 m². Il s'agit là de nuages cumuliformes de basses couches (Cumulus de beau temps) dont les épaisseurs n'excèdent pas leurs dimensions horizontales et les hauteurs de bases varient entre 500 et 1500 m au-dessus du sol. Si ce Cumulus est alimenté par un courant ascendant de 5 m/s contenant 10 g/m³ de vapeur d'eau, le débit d'alimentation du nuage en vapeur d'eau est de 180 000 t/h, c'est-à-dire 18 fois celui correspondant au rejet des réfrigérants de la centrale précitée.

Il convient de bien remarquer qu'il s'agit là d'un *très petit Cumulus,* totalement inapte à donner des précipitations.

Avec un Cumulonimbus orageux puissant le débit d'alimentation en vapeur d'eau se chiffre en *dizaines de millions de tonnes par heure.*

2.2 Panaches formés par les réfrigérants de type «humide»

D'une manière générale les panaches formés par les tours de réfrigération «humide» peuvent être classés en trois catégories:

a) Le panache se développe verticalement ou quasi-verticalement.

b) Le panache prend une direction oblique formant avec le plan horizontal un angle de 30 à 60 °.

c) Le panache se développe horizontalement.

Plusieurs centaines de *prises de vues* de panaches des réfrigérants dans le nord de la France effectuées au cours des saisons froides des années 1971, 1972, 1973 et 1974 ont permis d'aboutir à la répartition fréquentielle ci-dessous de ces trois catégories:

Panaches verticaux:	8 %
Panaches obliques:	20 %
Panaches horizontaux:	72 %

Les panaches verticaux et obliques observés ont toujours été du type «court» (longueur horizontale inférieure à 500 m). Aucun cas de formation de nuages cumuliformes n'a été observé sur les sites en question dont les puissances installées ne dépassent pas 500 MWe.

2.3 Cas des réfrigérants de type «sec»

L'exploitation des réfrigérants de type «sec» est encore actuellement peu développée et ces systèmes n'équipent que des centrales de moyenne puissance (la plus importante étant celle de Razdan en URSS: 4 × 220 MWe).

Le panache d'air chaud rejeté ne donne jamais lieu à la formation d'une condensation immédiate comme dans le cas des réfrigérants de type «humide».

Les seuls nuages qui peuvent se produire sont du type Cumulus et dus à la condensation résultant du refroidissement par détente et par mélange de l'air chaud ascendant.

3. Conclusions

3.1 L'effet de taille des rejets thermiques dans l'atmosphère

La formation et l'évolution des panaches de condensation de la vapeur d'eau et les ascendances thermiques d'air non saturé liés au fonctionnement des tours de réfrigération atmosphérique est un problème paramétéorologique relativement récent.

Si le problème de l'estimation prévisionnelle de la longueur et de la largeur des panaches visibles obliques et horizontaux peut aujourd'hui recevoir des solutions pratiquement satisfaisantes, le problème des panaches verticaux, avec ou sans formations cumuliformes, reste encore sans solution définitive.

Il en résulte qu'il est difficile d'extrapoler avec certitude, à des centrales de très grande puissance, les résultats expérimentaux actuels, limités à des centrales dont la puissance est de l'ordre de 2000 MWe pour ce qui concerne les réfrigérants de type «humide» et inférieure à 1000 MWe pour les réfrigérants de type «sec».

La principale constatation est que, toutes choses égales d'ailleurs, l'importance des nuages qui peuvent se former n'est pas proportionnelle au débit d'air humide saturé des réfrigérants «humides» mais croît de façon dégressive avec les rejets de chaleur à l'atmosphère.

Les effets des ascendances thermiques d'air non saturé créées par les réfrigérants «secs» sur l'environnement atmosphérique ne sont pas tous négatifs: les vents locaux induits par le tirage, le réchauffement local des basses couches peuvent contribuer à la dissipation de certains types de brouillards au sol, au transport de polluants au-dessus de couches d'inversion. Mais l'échelle d'espace affectée par ces phénomènes reste très limitée. Il en est de même en ce qui concerne la possibilité de modification de temps à méso-échelle par la formation de cumulus précipitants: l'occurence de tels phénomènes est peu vraisemblable compte tenu de l'énergie nécessaire au développement des nuages naturels cumuliformes à grandes dimensions verticales.

3.2 Incidences sur le choix des sites de centrales thermiques

Le choix d'un site d'implantation de centrale thermique est conditionné en premier lieu par des considérations économiques et technologiques prenant en compte notamment des impératifs de proximité des centres de consommation d'énergie électrique et de disponibilités en eau de refroidissement.

Si, pour des motifs écologiques, il s'avère nécessaire de prévoir l'installation de tours de réfrigération, il importe de procéder, sur chaque site envisagé, à une évaluation prévisionnelle des risques de modifications météorologiques locales apportées à l'environnement par l'exploitation de divers types de réfrigérants.

Il a été montré qu'une telle étude de simulation de fonctionnement de systèmes de réfrigération en fonction de données climatologiques locales est actuellement possible en utilisant des modèles d'évolution de rejets thermiques dans l'atmosphère tout en tenant compte des réserves exprimées sur leurs domaines de validité respectifs. Les résultats de cette étude permettent alors de déterminer, pour chaque site sélectionné, en fonction des caractéristiques des réfrigérants, les fréquences d'occurrence des différents types de panaches avec leurs longueurs et leurs directions de déplacement. On

en déduit les échelles d'espace intéressées par ces phénomènes et l'importance de leurs conséquences éventuelles.

Ces données interviennent alors dans la balance technico-économique des choix entre différents types de tours de réfrigération et dans la recherche de leur disposition optimale sur un site donné.

L'accroissement de taille des rejets de chaleur dans l'atmosphère sur les sites de centrales thermiques de l'avenir impose de poursuivre ou de promouvoir des recherches fondamentales sur la physique des nuages et des brouillards ainsi que sur la mécanique des transferts turbulents dans les basses couches de l'atmosphère à l'échelle mésométéorologique afin d'améliorer la fiabilité des modèles de simulation permettant de prévoir et de contrôler l'impact réel de ces rejets sur l'environnement.

Adresses des auteurs:

J. Jacquet, chef de département, Direction des études et recherches EDF, 6, quai Watier, F-78400 Chatou.

G. Tschirhart, ingénieur météorologiste, Division météorologie et pollution atmosphérique de l'EDF, 6, quai Watier, F-78400 Chatou.

Nationale und internationale Organisationen
Organisations nationales et internationales

VSE UCS

UNIPEDE: Unter-Studienkomitee Belastungskurven

Die Sitzung des Unter-Studienkomitees vom 17. Mai in Dublin war vor allem der Überprüfung der zurzeit in Arbeit befindlichen Untersuchungen vorbehalten.

Expertengruppe für den Haushalt- und Dienstleistungssektor

Die folgenden Studien werden zurzeit von dieser Expertengruppe durchgeführt:

- Der Dienstleistungssektor
- Die Aktualisierung der Bibliographie betreffend Studien über die elektrische Raumheizung
- Der Haushaltsektor

Die Expertengruppe legt momentan den Hauptakzent ihrer Arbeiten auf den ersten der vorerwähnten Punkte und bereitet diesbezüglich eine Umfrage vor.

Expertengruppe für industrielle Verbraucher

Ein Bericht für den UNIPEDE-Kongress 1976 von Wien ist in Vorbereitung und wird sich mit folgenden Fragen befassen:

- Erzeugung und Verarbeitung von Kunststoff
- Kühlanlagen
- Erdölraffinerien
- Grossmaschinenbau

Zudem studiert diese Expertengruppe die Möglichkeit zur Ausarbeitung eines technologischen Handbuches. Diese Arbeit soll nach dem Wiener Kongress in Angriff genommen werden.

Expertengruppe Methoden und Geräte

Die Aktivität dieser Expertengruppe liegt zurzeit bei der Prüfung neuer Registriergeräte sowie der Erarbeitung neuer Methoden für Leistungsstudien.

Ein Schlussbericht zur Abschätzung der Einflüsse von meteorologischen Gegebenheiten auf den Leistungsbedarf wird für den Wiener Kongress ausgearbeitet.

Expertengruppe für Regionalstudien

Ein Bericht über die Ergebnisse der in den Wintern 1973/74 und 1974/75 durchgeführten Messreihen wird dem nächsten Kongress vorgelegt.

Weitere Studien und Tätigkeiten

Das Unter-Studienkomitee hat die Schaffung neuer Expertengruppen zum Studium der Charakteristiken und Prognosen über den Leistungsbedarf auf der Ebene der Hochspannungsnetze genehmigt. Ein provisorischer Tätigkeitsplan wurde festgelegt und weist folgende Punkte auf:

1. Einheitliche Kriterien bei der Analyse von Belastungskurven. Bestimmung von typischen Perioden, Tagen und Stunden
2. Bewertung von meteorologischen Einflussfaktoren
3. Abschätzung sozialwirtschaftlicher Einflüsse
4. Kriterien für kurz-, mittel- und langfristige Leistungsbedarfsprognosen
5. Betriebswirtschaftliche Fragen (Energieaustausch, Pumpbetrieb usw.)

F. Hofer, Bern

UNIPEDE: Sous-Comité d'Etudes des Courbes de Charge

La réunion du Sous-Comité du 17 mai à Dublin a été essentiellement consacrée à l'examen des travaux en cours.

Groupe d'Experts des Secteurs Domestique et Tertiaire

Les sujets actuellement étudiés par ce groupe sont les suivants:

- Le secteur tertiaire
- La mise à jour de la bibliographie relative aux études réalisées sur le chauffage électrique
- Le secteur domestique

Le groupe s'intéresse, pour l'instant, particulièrement au premier des points sus-mentionnés et prépare un questionnaire d'enquête.

Groupe d'Experts des Abonnés industriels

Un rapport, qui aura pour objet les secteurs industriels indiqués ci-après, sera présenté au Congrès de Vienne en 1976:

- Production et transformation du plastique
- Installations frigorifiques
- Raffineries de pétrole
- Construction de grandes machines.

D'autre part, ce groupe étudie l'élaboration d'un «Manuel Technologique» qui sera rédigé après le Congrès de Vienne.

Groupe d'Experts Méthodes et Appareillage

L'activité de ce groupe est axée sur l'examen de nouveaux types d'appareils enregistreurs ainsi que sur la recherche de nouvelles méthodes d'étude des charges.

Un rapport concernant l'évaluation de l'influence des facteurs météorologiques sur les charges sera présenté au Congrès de Vienne.

Groupe d'Experts des Etudes Régionales

Un rapport sur les résultats des mesures effectuées au cours des hivers 1973/74 et 1974/75 sera présenté au prochain Congrès.

Autres études et activités

Le Sous-Comité a approuvé la création d'un nouveau Groupe d'Experts, qui étudiera les caractéristiques et les prévisions des charges au niveau des réseaux primaires. Un premier plan d'études a été défini de la façon suivante:

1. Critères unifiés pour l'évaluation des courbes de charge; détermination des périodes, jours et heures typiques.
2. Evaluation de l'influence des facteurs météorologiques.
3. Evaluation de la responsabilité des facteurs socio-économiques.
4. Critères de prévision des charges à court, moyen et long terme; modèles sectoriaux et globaux.
5. Evaluation des effets de gestion (échanges, pompage, etc.).

F. Hofer, FMB