

Le stockage de l'électricité : une nécessité pour « L'Énergie au futur »

Raymond Chenal

1. Situation actuelle – Cas de la Suisse

L'énergie renouvelable, qu'elle soit thermique ou électrique, présente une particularité fort gênante : elle est parfois abondante quand elle est inutile et absente dès qu'on en a besoin.

La chaleur du soleil est, à ce point de vue, peu coopérative. En effet, dans nos régions dites tempérées, on aimerait bien chauffer nos maisons en hiver avec la chaleur dont on doit se protéger en été. C'est une problématique excitante qui devrait trouver, à l'ère où la technique fait des prouesses tous les jours, au moins un début de bonne solution.

L'énergie électrique, quant à elle, présente aussi quelques fantaisies. Voici, pour s'en convaincre déjà, le graphique de consommation et de production d'un jour du mois de juin 2000 en Suisse, en fonction des heures d'une journée. On retrouvera approximativement le même profil de consommation (mais pas de production !) pour tous les pays industriellement développés.

La consommation suit fidèlement, on s'en serait douté, les activités humaines. La production des centrales thermiques, qu'elles soient nucléaires ou classiques, ne peuvent travailler qu'à charge constante, c'est-à-dire produire uniquement du « ruban ».

Les centrales hydrauliques « au fil de l'eau », donc à très faible accumulation, ont une petite possibilité de moduler leurs puissances en fonction des besoins.

Mais ce sont les centrales à accumulation qui, seules, ont la propriété d'adapter instantanément leurs productions aux fluctuations de la consommation.

En Suisse, plus de la moitié (57%) de la production hydro-électrique provient des centrales à accumulation. Cette production permet de couvrir les « pointes » journalières et les besoins du pays en hiver (accumulation saisonnière). C'est aussi une source importante de revenus pour les entreprises électriques suisses qui exportent aux bons moments (donc à des prix élevés) cette précieuse énergie, vers les pays d'Europe qui ne sont pas si bien lotis en ouvrages d'accumulation.

Car, faut-il le rappeler, l'électricité ne peut pas être stockée directement ou alors en très faible quantité (batteries, piles). Autrement dit, à une augmentation de consommation, même faible, décidée sans préavis en un lieu quelconque, doit aussitôt correspondre une augmentation de production équivalente, quelque part ailleurs, dans le réseau de distribution.

Afin d'ajuster le mieux possible la production à la consommation et d'utiliser le « ruban » des centrales thermiques produites

Afin d'ajuster le
 my2ø2ø2ðñðñð2y2i2y2ø2y2ê2â2y2y2â2y2y2y2y2B2B2y2ØØØ_ØØ2ØØØ_ØØ2Æ22_22_22yy
 2ø2ø2ðñðñð2y2i2y2ø2y2ê2â2y2y2â2y2y2y2y2B2B2y2ØØØ_ØØ2ØØØ_ØØ2Æ2y2ø2ø2ðñðñð2
 y2i2y2ø2y2ê2â2y2y2â2y2y2y2y2B2B2yy2ø2ø2ðñðñð2y2i2y2ø2y2ê2â2y2y2â2y2y2y2y2B2B2y2ØØØ_ØØ2
 ØØØ_ØØ2Æ22_22_22222222222222222222y2ø2ø2ðñðñð2y2i2y2ø2y2ê2â2y2y2â2y2y2y2y2B2B2y2ØØØ_ØØ2Ø
 ØØ_ØØ2Æ^y2ø2ø2ðñðñð2y2i2y2ø2y2ê2â2y2y2â2y2y2y2y2B2B2y2ØØØ_ØØ2ØØØ_ØØ2Æ22_22_222y2ø2ø2ðñ
 ðñð2y2i2y2ø2y2ê2â2y2y2â2y2y2y2y2B2B2y2ØØØ_ØØ2ØØØ_ØØ2Æ22_22_2222222222222³/s.

Le principe est simple : durant les heures où la production est excédentaire, donc à son plus bas prix, typiquement de 1h00 à 4h00 du matin, on pompe de l'eau dans un bassin supérieur et on la turbine ensuite durant les périodes de forte consommation. L'illustration montre une centrale équipée de quatre groupes ternaies. La machine électrique fonctionne tantôt comme alternateur entraîné par la turbine (la pompe est dénoyée), tantôt comme moteur qui entraîne la pompe (la turbine est dénoyée).

Toutefois, cette opération ne se fait pas sans perdre de l'énergie ; le rendement est de l'ordre de 70 %. Autrement dit, si la centrale produit, par exemple, 100'000 kWh durant une heure et qu'au lieu d'injecter cette énergie dans le réseau, on l'utilise pour refouler de l'eau dans le bassin supérieur, elle produira plus tard seulement 70'000 kWh en turbinant ce volume d'eau auparavant pompé.

Il y a d'autres moyens de transformer l'énergie électrique, sous des formes diverses, connues, à développer ou à créer, et de la restituer ensuite :

- Σ Pile à combustible : fabrication de l'hydrogène par électrolyse de l'eau.
- Σ Volant d'inertie : pourrait « lisser » les pointes journalières locales de consommation. Applications possibles dans les transports.
- Σ Air comprimé : en développement. Applications possibles dans les transports.
- Σ Batteries chimiques : nombreuses applications à faible puissance ; des progrès attendus.
- Σ Supercapacité : accumulateur de charge électrique basé sur le principe du condensateur ; en développement.
- Σ ? ?

Ces divers moyens n'ont cependant pas permis, jusqu'à présent, de stocker des quantités appréciables d'énergie, mais ils présentent un potentiel de développement, lequel, ne s'inscrivant pas dans une perspective commerciale immédiate, reste actuellement quelque peu confidentiel.

2. L'énergie au futur

Imaginons un jour de l'année 20xx en Suisse. Le « ruban » de l'énergie nucléaire, environ 3,0 GW, y compris ce qui reste encore de la production des centrales thermiques, a disparu. Seules, les énergies renouvelables assurent la production d'électricité dans le pays.

Les mesures d'économie d'énergie (autrement dit, l'éradication partielle du gaspillage) ont ramené la consommation annuelle de 56'000 GWh en 2000, pertes d'acheminement comprises, à celle de 1985, soit **45'000 GWh**, hypothèse certainement réaliste.

Cette production annuelle se répartit selon l'histogramme ci-dessous (fig. 3).

Mais on n'évitera pas les fluctuations de la demande de puissance durant la journée, à l'image du graphique de la fig. 1.

Nous sommes au mois de juin. Il fait beau ce jour-là et le vent souffle bien sur toute la Suisse. La pointe de puissance consommée atteint vers 10h30 : **7,10 GW**.

À ce moment, la puissance produite par les diverses sources d'énergie disponibles se répartit selon l'histogramme de la figure 4 ci-dessous, à gauche.

Soit un total de **8,12 GW**.

On observe donc que la puissance globale produite naturellement, sans utiliser celle des centrales à accumulation, dépasse nettement les besoins du moment : + **1,02 GW**.

On ne peut pas se passer de la production des centrales à accumulation qui, seules, peuvent régler les paramètres du réseau électrique (fréquence, tension, $\cos\varphi$), mais, en la circonstance, on utilisera le minimum de cette puissance de réglage.

Par contre, on profitera de cette journée favorable pour accumuler l'énergie excédentaire : pompage dans les barrages, fabrication de l'hydrogène, etc. ...

Autre scénario, six mois plus tard, nous sommes en décembre. Le ciel est couvert sur tout le pays et il n'y a pas un souffle de vent. De plus, à cette saison, la production des centrales hydrauliques au fil de l'eau est au plus bas et la consommation est maximale. La pointe de puissance atteint **7,8 MW**. Petite consolation, comme il fait froid, les installations de couplage chaleur-force (bois, biogaz) fonctionnent à plein régime.

Cette puissance, en fonction des diverses sources d'énergie disponibles, se répartit selon l'histogramme de la figure 5 ci-dessus, à droite.

Soit un total de **4,30 GW**.

Le déficit est donc de **3,50 GW** que les centrales à accumulation et les autres installations de stockage sont chargées de combler.

On notera que la puissance globale maximale actuelle des centrales à accumulation suisses est considérable : plus de 7,8 GW, pour une capacité annuelle de 22'600 GWh. Cependant, une partie seulement de cette capacité est disponible puisque les centrales à accumulation ont la tâche de pourvoir aux défaillances d'autres sources d'énergie et, comme on l'a vu plus haut, de régler le réseau électrique tout au long de l'année.

Est-il besoin de préciser qu'il y a peu de place pour une libéralisation du marché de l'électricité dans une gestion rationnelle des sources renouvelables. En effet, les règles des mouvements et des stockages de cette énergie ne seront plus dictées par le profit mais uniquement par la nécessité de répondre aux fluctuations de la demande et de la production.

3. En résumé

Les chiffres exprimés ci-dessus résultent d'estimations prudentes. Ils sont, bien entendu, susceptibles d'être révisés. Résumons-les :

Σ Limitation de la consommation moyenne annuelle à environ 45'000 GWh, soit – 19% par rapport à celle de 2000.

À l'exception de la période 1993 - 1995, les ménages et les services, qui représentent près de 60% de la consommation suisse, sont en grande partie responsables de son augmentation quasi continue : + 37% de 1985 à 2000. Or, dans ce secteur, le potentiel d'économie, sans affecter le confort de vie, est très important. Dans la perspective de « L'Énergie au futur », la consommation d'électricité dépendra donc beaucoup du succès de la chasse au gaspillage, à commencer, bien entendu, par l'éradication du chauffage électrique direct.

À contrario, on peut estimer que la gestion rationnelle de l'énergie-chaleur (régulations, automatismes), l'accroissement certain des moyens de transport, individuels et collectifs, mus par l'électricité et les pertes dues au stockage vont générer une demande supplémentaire.

Au bilan global, le chiffre de 45'000 GWh/an paraît cependant tout à fait réaliste.

Σ Production moyenne annuelle de 4'900 GWh d'électricité photovoltaïque.

Cette importante prévision de production est basée sur l'hypothèse la plus basse de surface de capteurs pouvant économiquement être installés sur les toitures en Suisse, soit 50 km², ainsi que sur le rendement actuellement connu des cellules (env. 98 kWh/m²/an).

Σ Production moyenne annuelle de 1'500 GWh d'énergie éolienne. Ce chiffre est inférieur aux estimations d'un potentiel réalisable : 1'628 GWh/an.

L'énergie éolienne présente la caractéristique intéressante de produire le 70% de sa production annuelle durant les six mois de l'hiver.

Σ Augmentation et diversification des moyens de stockage.

Indépendamment de l'approvisionnement saisonnier et de la couverture des pointes journalières de puissance, de nouveaux moyens de stockage de l'électricité, ou de vecteurs pouvant restituer cette énergie, sont indispensables pour pallier les carences, parfois soudaines, de production des principales énergies nouvelles (soleil et vent).

De plus la mobilité, individuelle ou collective, va requérir des moyens performants d'accumulation embarquée d'électricité.

4. En guise de conclusion

Cette tentative de projection dans « l'Énergie au futur » de la gestion de l'électricité n'a pas d'autre prétention que de montrer que l'abandon des énergies non renouvelables (essentiellement nucléaire en Suisse) est réalisable sans bouleverser nos habitudes de vie.

Elle fait ressortir, en outre, que ce transfert vers le « tout renouvelable » requiert la mise en place de concepts et de techniques qu'il est indispensable et urgent de définir et de développer avant que notre société ne doivent brutalement faire face à des pénuries d'énergie aux conséquences incalculables et à d'irréversibles bouleversements climatiques.
