



## JPR-Focus no. 02/23

---

*La newsletter de JPR Concepts & Innovation dans le nouveau format et toujours gratuite.*

*Publiée en trois langues - allemand, français, anglais - maintenant 3 à 4 fois par an.*

*Points de vue approfondis et holistiques sur les questions d'actualité.*

*Les textes de ce bulletin d'information peuvent être utilisés avec plaisir dans d'autres bulletins d'information et pages Web. Cependant, une référence au "JPR-Focus" en tant que source est nécessaire.*

---

Chères lectrices et lecteurs

Je vous souhaite une chaleureuse bienvenue au second numéro de JPR-Focus de 2023.

La transition énergétique a été décidée il y a très, très longtemps selon les critères actuels. Aujourd'hui, elle a fait son temps en tant que mot à la mode et a été remplacée par d'autres mots-clés tels que le changement climatique et la décarbonisation.

Au début, l'horizon 2050 semblait nous donner beaucoup de temps. Entre-temps, la question du changement climatique est devenue plus urgente. En outre, l'ampleur de la tâche a été identifiée comme allant bien au-delà de la question de l'approvisionnement en énergie. Toutefois, la véritable portée de cette tâche n'est pas encore pleinement reconnue aujourd'hui. Enfin, les événements en Ukraine ont une fois de plus renforcé l'urgence.

Pour beaucoup, le rythme de mise en œuvre est tout à fait insuffisant. Les raisons en sont multiples. Deux d'entre elles méritent d'être soulignées. La première est la sous-évaluation de la complexité de la tâche. Les gens sont encore plongés dans les pensées du siècle dernier, selon lesquelles seules quelques solutions peuvent apporter une réponse à toutes les questions. À l'avenir, nous devons trouver une variété de combinaisons. D'autre part, les changements sont beaucoup plus profonds qu'on ne le pense et nécessitent donc une approche différente et globale.

Le rapport suivant a pour but d'apporter quelques éclaircissements et de proposer une solution possible. Je vous souhaite une bonne lecture.

Bien cordialement  
Jean-Pierre Rickli

---

## Le réseau électrique du futur

### 1. Introduction

La transition énergétique a été décidée il y a une bonne décennie. Elle repose sur les piliers suivants :

- La substitution de l'approvisionnement en énergie - chaleur et électricité - des sources d'énergie fossile et nucléaire par des ressources renouvelables.
- L'arrêt des centrales nucléaires existantes dès que leur fonctionnement sûr ne sera plus garanti. Cela devrait être le cas au plus tard en 2035. Aucune nouvelle centrale nucléaire ne sera construite.
- Un déficit de production étant prévisible, il devait être compensé par des économies de l'ordre de 30 %.
- La mobilité a été délibérément ignorée, car elle ne peut être influencée directement par la Suisse, bien qu'elle contribue à environ 30 % de la consommation d'énergie fossile.

Entre-temps, on s'est mis en route et la mise en œuvre a commencée. L'autoroute initialement prévue s'est avérée être un chemin rocailleux et étroit. De nombreux facteurs ont conduit à cette évolution malheureuse. Les plus importants sont énumérés ici en ordre dispersé :

- L'utilisation de termes qui ne reflètent pas les compétences et les responsabilités. Nous avons une loi sur l'énergie au niveau fédéral. Comme le gouvernement fédéral n'est responsable que de l'électricité, cette loi n'est en fait qu'une loi sur l'électricité. Le secteur du bâtiment, et donc le chauffage des bâtiments, relève des compétences des cantons. Cependant, les deux niveaux n'utilisent que le mot énergie et le comprennent comme quelque chose de spécifique. Cette loi fédérale sur l'énergie ne couvre donc grosso modo qu'un tiers de notre consommation d'énergie. Un tiers relève de la compétence des cantons et le tiers restant a été exclu. Si une installation est d'une certaine taille et doit produire de la chaleur ainsi que de l'électricité, le processus d'approbation doit passer par les autorités fédérales et cantonales.
- L'approvisionnement en énergie est considéré comme une question d'importance stratégique. Cette importance accrue a conduit à la mise en place d'un grand nombre de lois. Ces lois reposent sur un approvisionnement énergétique centralisé et font souvent obstacle à une conversion rapide aux sources d'énergie renouvelables.
- Il n'est plus possible de réaliser des économies de l'ordre de 30 % simplement en augmentant l'efficacité. Comme nous l'avons déjà montré dans un précédent JPR Focus (voir JPR Focus No. 01/19), le potentiel d'économies par l'amélioration de l'efficacité est relativement faible - le niveau d'efficacité actuel est déjà très élevé ; les améliorations ne peuvent être réalisées qu'au prix d'un effort de plus en plus important - et même à un moment donné, le maximum de ce qui est possible a été atteint. Par conséquent, de telles économies ciblées ne peuvent être réalisées qu'en s'abstenant. Or, la tendance générale observée est inverse. Ainsi, dans la mise en œuvre pratique, l'inventaire de l'énergie consommée est la toute première étape, suivie d'une remise en question de chaque élément pour savoir s'il est nécessaire ou non. Personne n'aime parler de ces choses-là.
- La discussion est toujours menée uniquement au niveau de la quantité d'électricité, c'est-à-dire le kWh, le MWh ou même le TWh. C'est certainement important pour le marché et le commerce. Pour l'exploitation du réseau, cependant, cela n'a pas beaucoup d'importance. Ce

qui est important, c'est la puissance qui est actuellement appelée ou qui peut être appelée. En général, on en parle peu. Pourquoi ? Par ignorance et aussi parce que les gens préfèrent considérer les sujets critiques comme des "détails à résoudre par des spécialistes" plutôt que de se brûler les doigts. Nous y reviendrons plus tard.

- En raison des caractéristiques des sources d'énergie renouvelables - faible densité énergétique, disponibilité limitée dans le temps, production locale, pas ou peu ajustable à la consommation - le passage des anciennes formes d'énergie aux énergies renouvelables ne se résume pas à un simple changement de fournisseur pour l'acheteur ou le consommateur, comme beaucoup le pensent encore. Des transformations profondes sont souvent nécessaires.
- Avec de tels adaptations nécessaires et une part cible de 40 %, il faut s'attendre à des changements substantiels dans le réseau électrique. Une nouvelle approche est nécessaire et de petits ajustements basés sur la situation actuelle peuvent difficilement être couronnés de succès.
- La prise de conscience du fait que la production d'électricité à partir de sources d'énergie fossiles n'est de loin pas la seule responsable de la misère climatique a conduit à intégrer de plus en plus de secteurs dans la problématique - souvent de manière détournée - tels que la mobilité et sa conversion à des véhicules électriques. Cela n'a en rien facilité les choses, car sa part de 30 % doit tout à coup être couverte principalement par l'électricité. La mobilité aérienne reste un problème à part entière. Les solutions sont encore loin d'être trouvées. Seules des idées pour certaines applications sont imaginables.
- La transition énergétique a clairement été reléguée à l'arrière-plan. Aujourd'hui, on parle de décarbonisation. Cela ouvre la prochaine boîte de Pandore. Il ne faudra pas longtemps pour que l'on se rende compte que le charbon, le pétrole et le gaz naturel ne sont pas seulement des sources d'énergie, mais aussi des sources de matières premières qui doivent également être remplacées. L'hydrogène est le candidat idéal à cet égard. Cela nous ramène à l'électricité nécessaire pour l'électrolyse. La spirale se poursuit et le réseau électrique ne le sait pas encore.
- La réflexion et l'action en politique et dans les entreprises sont encore fortement influencées par la croyance qu'il n'y aura qu'une ou que quelques solutions à l'avenir. Le fait que le futur sera caractérisé par une multitude de solutions et de combinaisons n'est pas encore réalisé. Par conséquent, il y a beaucoup de guerres de tranchées pour chaque solution.
- Il n'y a pas d'évaluation réaliste de la disponibilité des ressources et des capacités de production. L'évaluation est, dans chaque cas, politiquement adaptée au calendrier de réalisation des objectifs.
- Il manque une vision de haut en bas du problème, ainsi qu'un concept global.

Comme nous le voyons, nous sommes déjà confrontés à un nombre considérable de questions que nous ne pouvons pas résoudre simplement en appliquant quelques cosmétiques à la situation existante. Une approche structurée et holistique est nécessaire. Le présent rapport a pour but d'apporter une petite aide et d'indiquer des solutions possibles.

## 2. La structure du réseau actuel et ses fonctionnalités

L'impact de la décarbonisation sur le système électrique n'est pas le même pour toutes les parties du système. Parfois, la partie physique n'est pas affectée, mais seulement les performances de transport ou la clientèle, parfois il s'agit davantage des tâches elles-mêmes. Afin de mieux évaluer ces impacts, une brève description du réseau actuel et de ses fonctionnalités est donnée ici.

En principe, le réseau électrique suisse est structuré de manière très similaire à la plupart des réseaux dans le monde. Il se compose de différents niveaux de tension pour un transport et une distribution efficaces de l'électricité. Le courant alternatif, dont la fréquence habituelle en Europe est de 50 hertz, passe en cascade des niveaux de tension les plus élevés au plus bas, le réseau de distribution.

Sept niveaux de tension sont définis. Les centrales électriques sont connectées aux 5 niveaux supérieurs (niveaux 1 à 5). Ces niveaux servent à transporter l'électricité au niveau international, national et suprarégional. Le principe du contrôle de la charge de ces niveaux via la fréquence est relativement simple, même si sa mise en œuvre n'est pas toujours aussi aisée, en particulier dans un environnement très dynamique. La fréquence du réseau est donnée par la vitesse des machines de production connectées. Si la charge du réseau diminue, les machines de production rencontrent moins de résistance, ce qui se traduit par une augmentation de la vitesse ou de la fréquence. Il suffit alors de fermer les organes d'alimentation en conséquence et la puissance est ajustée. Inversement, si la charge du réseau augmente, la vitesse ou la fréquence sera plus faible et il faudra alors ouvrir les organes d'alimentation. En alternative à la régulation des machines alimentant le niveau concerné, il est possible de réguler la puissance à partir des niveaux de tension supérieurs.

Il s'agit d'une méthode très directe et intrinsèquement fermée de régulation de la puissance. De cette manière, une variation de la demande d'électricité est compensée presque instantanément par un ajustement de la ligne de production. Même des changements importants peuvent être absorbés de cette manière, à condition qu'il y ait un certain degré de prévisibilité. La grande inertie des masses en rotation compense les événements très brefs et, dans le cas de problèmes plus durables, laisse un certain temps pour réagir jusqu'à ce que les mesures prennent effet. Cette situation ne changera pas beaucoup en Suisse grâce à la part importante des centrales hydroélectriques.

Cela nous amène à la question déjà mentionnée dans le problème de l'énergie de la considération réduite à la quantité d'énergie (kWh, MWh, GWh, TWh). Pour les opérateurs de réseau, la puissance actuellement échangée est importante pour la stabilité du réseau et elle peut changer en très peu de temps. On parle très peu de cette question. Peut-être parce que la question est très bien résolue aujourd'hui. Voici deux exemples :

- Il est tôt le matin, tout dort, y compris le soleil, et la consommation d'électricité des ménages est pratiquement nulle. Dans la demi-heure qui suit, tous les radio-réveils sonnent. La Suisse se réveille - que ce soit l'heure d'été ou d'hiver - les chambres sont éclairées, l'eau pour le thé ou le lait est chauffée, les machines à café démarrent. Les douches sont occupées, les cheveux sont séchés. Tout cela en électrique, bien sûr. Les télévisions ou radios sont allumées pour connaître les dernières nouvelles de la nuit et la météo du jour. Ce pic de consommation, qui dure environ 2 heures, signifie la mise en marche de la puissance de centrales électriques ; sur les 24 heures de la journée, ces 2 heures n'en représentent qu'un douzième en termes de consommation d'énergie.

- Un événement sportif majeur a lieu : un match de football international de la Coupe du monde. Le match approche de la mi-temps. Les télévisions et les lumières tamisées sont allumées. L'arbitre siffle la fin de la mi-temps et, en quelques secondes, les salles s'illuminent, les cuisinières se mettent en marche pour chauffer l'eau, les machines à café fonctionnent à plein régime, les gens font la queue devant les toilettes. Une capacité de centrale électrique est nécessaire pour faire face à ce surcroît de production. Au bout d'une demi-heure exactement, tout est terminé, jusqu'à la fin du match, où la consommation grimpe à nouveau en flèche. Les incertitudes de la planification sont les minutes supplémentaires du match et son résultat. L'opérateur n'a que quelques minutes pour connaître le début exact du pic et sa durée dépend de savoir si l'équipe nationale a gagné et s'il y a encore beaucoup à discuter et à fêter, ou si les gens, frustrés, iront rapidement se coucher.

Le niveau de moyenne tension (niveau 6) a une double fonction. D'une part, il reçoit l'énergie des petites centrales électriques qui lui sont raccordées, ce qui fait qu'il est également régulé en fréquence. D'autre part, il sert à distribuer l'électricité aux consommateurs industriels, aux plus grands consommateurs tels que les hôpitaux et à toutes les stations moyenne tension pour alimenter le réseau de distribution (niveau 7).

Le niveau 7 est conçu comme un niveau de consommation pure selon le principe des flux d'énergie en cascade. Comme la charge de ce niveau ne peut pas être régulée par des machines de production, elle doit l'être par la tension. Selon les lois de l'électricité, la tension est la plus élevée près de la station d'alimentation. À partir de là, en fonction de la charge et de la distance, elle diminue régulièrement. La tension est donc réglée dans les stations de moyenne tension.

Cependant, avec l'essor de l'énergie photovoltaïque, le principe du niveau de consommation pur n'est plus strictement respecté. Cela a conduit à des constellations où des surtensions locales se sont produites, avec les conséquences correspondantes pour la durée de vie des appareils connectés.

Le réseau d'alimentation des chemins de fer occupe une place particulière. Sa fréquence est différente, 16 2/3 Hertz, et par conséquent il est géré séparément du réseau général. Il est exclu de la présente réflexion, bien que si l'approvisionnement des chemins de fer augmente, une extension des liens actuels entre les deux réseaux devra être prise en compte.

### **3. Où et comment l'électricité sera-t-elle produite à l'avenir ?**

L'hydroélectricité est la seule source d'énergie renouvelable en Suisse permettant une production d'électricité significative au niveau de centrales électriques. Elle continuera à alimenter les niveaux de réseau 1 à 5. Il n'y a donc pas grand-chose qui change. Toutefois, la production perdue des centrales nucléaires ne sera pas remplacée de manière significative à ces niveaux. Malgré les affirmations des promoteurs des centrales solaires en montagne, leur importance à ces niveaux pour l'approvisionnement futur en électricité sera plutôt faible. Elles pourront peut-être remplacer quelques pour cent de la production des centrales nucléaires.

L'autre source renouvelable qui peut être exploitée est le photovoltaïque. Toutefois, elle ne peut être exploitée que très localement en Suisse, dans les zones d'habitation. Son potentiel est relativement important et doit être utilisé de manière efficace. Diverses études et conceptions de maisons aux

normes énergétiques élevées montrent qu'elle pourrait couvrir environ 70 % des besoins des ménages - chaleur et électricité.

D'autres sources d'énergie telles que l'énergie éolienne, la biomasse, la géothermie profonde et moyenne apporteront certainement aussi leur contribution, mais seulement localement ou, dans le meilleur des cas, régionalement, là où le photovoltaïque s'avérerait insuffisant.

L'énergie éolienne pour la production d'électricité pure. Pour la biomasse, il y aura deux applications principales. La première est la production combinée de chaleur et d'électricité. Certaines industries ont besoin de chaleur industrielle à un niveau de température qui ne peut être atteint que par combustion ou oxydation (hydrogène). Une conversion énergétique efficace consiste à combiner cette production de chaleur avec la production d'électricité. Les centrales de chauffage urbain constituent une autre application. La biomasse permet le transfert saisonnier, la production de chaleur pour le chauffage des bâtiments et la production d'électricité pour compenser en partie la production réduite d'électricité provenant de l'énergie photovoltaïque.

L'énergie géothermique occupe une place particulière. En Suisse, la géothermie de moyenne profondeur n'est utilisée que pour le chauffage urbain en raison du faible niveau de température qui peut être atteint. La géothermie profonde permet de produire de l'électricité. Toutefois, celle-ci ne sera pas utilisée pour alimenter le réseau, mais principalement pour les besoins propres du réseau de chauffage urbain. L'alimentation du réseau électrique n'est envisageable qu'en été. Cependant, cela pourrait être avantageux tôt le matin pour couvrir une demande plus importante si les photovoltaïques étaient insuffisantes pour des raisons météorologiques.

## 4. Comment intégrer la production future dans le réseau ?

### 4.1 Principes de base

Nous avons vu qu'il existe un écart d'environ 30 % dans la conversion des sources d'énergie fossiles aux sources d'énergie renouvelables, et ce déjà lorsque la transition énergétique a été décidée. À l'époque, les quelque 30 % de mobilité routière n'étaient même pas pris en compte. Depuis, ils sont inclus dans la décarbonisation. Ici, l'électricité est la seule chose qui compte vraiment en tant que substitut, indépendamment du fait que l'électricité provienne d'une batterie ou d'une solution "Power to X". Il est question d'énormes quantités d'électricité.

La décarbonisation de l'industrie révélera d'autres lacunes dans l'approvisionnement en électricité. Il est donc primordial d'utiliser l'électricité de la manière la plus efficace possible.

Lors de la gestion de l'électricité dans le réseau, des pertes se produisent à différents endroits :

- Dans le transport
- Lors d'un changement de tension
- Lors de la conversion du courant alternatif en courant continu ou vice-versa
- Lorsque l'énergie est transformée d'une forme à l'autre
- Lors du stockage et la reconversion en électricité.

On parle et on écrit beaucoup sur l'efficacité. On oublie souvent que les économies les plus importantes sont réalisées lorsque les actions et la consommation ne sont pas du tout effectuées. Il suffit de laisser l'interrupteur en position "arrêt". Pour de nombreux appareils, il est même préférable que l'interrupteur soit placé tout à l'avant et non, pour des raisons de coût ou de commodité, après des fonctions qui continuent à fonctionner en arrière-plan et à consommer du courant. Dans ce cas, vous avez vraiment fait une économie de 100 %. En revanche, l'optimisation des fonctions ou des processus ne permet souvent d'obtenir que quelques pour cent, sans tenir compte de l'effort d'optimisation. Bien entendu, toutes les actions ne peuvent pas être évitées. C'est alors, et alors seulement, que l'optimisation doit avoir lieu.

La conséquence de l'application de ce principe est que l'électricité doit être consommée si possible sur le site de production. Ainsi, dans certaines circonstances, plusieurs conversions pourraient être évitées.

#### 4.2 Intégration au niveau 7

Ce niveau jouera un rôle central à l'avenir. Selon les avis unanimes de différentes études, la part principale de la production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelables se fera à ce niveau et dans une mesure comparable à celle de la consommation individuelle.

Cela signifie, compte tenu des principes d'efficacité, que la production locale doit être consommée en premier lieu là où elle est produite. Si la production ne peut être consommée immédiatement, mais dans un délai raisonnable, elle doit être stockée localement dans la mesure du possible.

En outre, le contrôle de la charge par la fréquence ne fonctionne plus comme dans l'ancien réseau. La majeure partie de la production se fait en courant continu et la fréquence n'est plus un indicateur de la charge. Elle n'est nécessaire que pour les différents entraînements des consommateurs dans le réseau. Étant donné qu'aujourd'hui, dans de nombreux appareils, le courant alternatif est d'abord converti en courant continu avant d'être utilisé, la question se pose de savoir pendant combien de temps la conversion en courant alternatif sera encore nécessaire.

Le contrôle simple et univoque de la charge via la tension de la station de moyenne tension a également fait son temps. Une surtension ou une sous-tension peut se produire n'importe où dans le réseau en fonction des constellations de production et de consommation. Elles doivent alors être gérées de manière décentralisée, localement. Le contrôle de la charge au niveau local ne concernera plus seulement la production ou l'approvisionnement en électricité. Elle influencera les deux parties. En cas de surproduction – tension élevée - l'électricité est d'abord stockée puis mise à disposition des autres. En cas de sous-production, les installations de stockage seront vidées ou l'électricité sera achetée à d'autres.

Toutes ces considérations déterminent la structure du futur niveau 7 de la grille. Ce niveau se composera de nombreux îlots. Chacun d'entre eux aura au moins une installation de production, une installation de stockage, une connexion à un îlot voisin et un système de contrôle qui détermine, selon certains critères, où l'électricité doit être acheminée pour couvrir la demande de l'îlot (consommation et stockage) ou d'où elle doit être tirée pour couvrir la demande.

L'îlot le plus petit est une maison. Ces petits îlots sont ensuite reliés pour former un îlot plus grand, la rue ou le quartier. Ceux-ci forment à leur tour une unité plus grande jusqu'à ce qu'ils soient connectés au niveau 6, la station de moyenne tension.

Une telle structure permettrait d'équilibrer rapidement et directement les fluctuations de la demande, même celles décrites au chapitre 2, sans transport d'électricité à grande échelle. Si le stockage est conçu pour environ 70 à 80 % de la valeur de référence, il est possible d'obtenir une bonne sécurité d'approvisionnement en utilisant efficacement les matériaux précieux qui ont été nécessaires pour la fabrication du stockage.

L'activité à ce niveau sera donc très dynamique, avec des flux et des directions de flux changeants. Si le potentiel solaire est réellement exploité, ce niveau de réseau pourrait être considéré comme autosuffisant et n'échanger de l'électricité avec le niveau moyenne tension que dans des cas exceptionnels.

Le gestionnaire de réseau n'est alors plus principalement responsable de l'approvisionnement, mais d'un échange efficace entre le voisinage proche et lointain et de la gestion tout aussi efficace des excédents par le biais du stockage ou de la fourniture à un niveau suprarégional.

La mesure bidirectionnelle des flux de courant et la protection deviennent alors des tâches complexes.

#### 4.3 Intégration au niveau 6

En raison du caractère fortement local et de la capacité disponible limitée des sources d'énergie renouvelables en Suisse, les centrales électriques basées sur des sources d'énergie renouvelables seront connectées principalement à ce niveau. À l'avenir, elles devront principalement approvisionner les consommateurs industriels et assurer l'équilibrage interrégional. Il y aura donc une forte dynamique à ce niveau. De nombreuses centrales "power-to-X" seront probablement alimentées à partir de ce niveau pour l'équilibrage saisonnier. Cela serait également raisonnable, car les différences saisonnières dans la consommation d'électricité auront un impact important sur ce niveau 6.

Étant donné que les excédents qui n'ont pas pu être équilibrés localement sont acheminés vers ce niveau pour l'équilibrage régional ou suprarégional, la dynamique susmentionnée est renforcée par les flux d'énergie bidirectionnels.

#### 4.4 Intégration aux niveaux 1-5

À première vue, les possibilités de produire de l'électricité à partir de sources d'énergie renouvelables à ces niveaux semblent plutôt limitées. En y regardant de plus près, les réflexions suivantes s'imposent.

L'électricité produite par les centrales au fil de l'eau ainsi que par les centrales éoliennes et solaires est utilisée en priorité. Toutefois, si la charge du réseau est si faible que même la production de ces centrales devrait être réduite, il faut les laisser en charge et stocker l'électricité excédentaire. Différentes options sont possibles : Le pompage-turbinage, une solution "Power to X" et, si nécessaire, une batterie. Si le stockage est installé à proximité d'une centrale de production, les pertes

liées au transport de l'électricité peuvent également être évitées, de même que, le cas échéant, les pertes liées à la conversion de la tension. Étant donné que de nombreux autres facteurs entrent en jeu, une étude plus détaillée est nécessaire dans chaque cas.

À l'avenir, les pics de demande réguliers et prévisibles seront principalement couverts directement au niveau 7. Il s'agit là d'un allègement bienvenu, car il reste les pics de demande de l'industrie, qui doivent désormais être couverts par un parc fortement réduit de centrales hydroélectriques contrôlables et pouvant être appelées. Les événements irréguliers et surtout inattendus d'une plus grande ampleur restent la tâche de ce parc de machines réduit.

Le choix de la "bonne" solution dépend de nombreux facteurs tels que l'excédent d'énergie en cause, l'état du réseau, la dynamique actuelle du marché et de la consommation, l'état de remplissage des lacs de barrage, la nécessité d'un déplacement saisonnier de la charge, l'état de charge des batteries, etc.

Les principaux fournisseurs à ces niveaux seront principalement les centrales hydroélectriques. Le transport international mis à part, les autres producteurs à partir de sources renouvelables joueront un rôle plutôt marginal.

## 5. Tâches à accomplir pour la mise en œuvre

Maintenant que nous voyons où nous allons, il est possible d'identifier les obstacles et les tâches à venir et de trouver des moyens de les résoudre.

L'ensemble du secteur de l'électricité est très réglementé. Les niveaux du réseau, leurs tâches et les redevances sont régis par des lois. Maintenant, les juristes doivent s'asseoir avec les spécialistes du réseau des sociétés d'exploitation, reconnaître le tissu de lois et de règlements qui s'est développé au fil du temps et l'adapter aux nouvelles exigences. Il s'agit là d'un premier pas vers une meilleure sécurité de planification pour le nouveau réseau.

Les devoirs et les droits des constructeurs, des propriétaires et des locataires sont définis dans divers ouvrages, souvent au niveau cantonal. De nombreuses ordonnances sur les émoluments utilisent ces termes. Certaines de ces réglementations ne tiennent pas compte des possibilités d'échange de prestations et de copropriété. Certains s'y opposent même totalement. Ici aussi, un examen approfondi et une révision s'imposent. Une coordination intercantonale serait souhaitable.

Nous avons vu et expérimenté à plusieurs reprises que l'abondance illimitée de l'approvisionnement en énergie est un conte de fées, et encore plus avec un approvisionnement basé sur les énergies renouvelables. En outre, les conditions locales sont très différentes. Certains endroits bénéficient de conditions très favorables. Dans d'autres, en revanche, elles sont beaucoup moins bonnes : ombres importantes, mauvaise orientation, formes de toit inadaptées, etc. Par conséquent, le principe devrait être d'exploiter au maximum toutes les possibilités à un endroit donné, de sorte que l'on puisse également distribuer quelque chose aux endroits moins favorisés.

Lorsque l'électricité est nécessaire pour le chauffage en hiver, pour la pompe à chaleur par exemple, l'installation de capteurs solaires avec stockage de la chaleur doit absolument être examinée.

L'utilisation de cette chaleur pourrait permettre d'économiser plus d'électricité que les modules photovoltaïques n'en produiraient sur la surface occupée par les capteurs solaires en hiver.

Si vous souhaitez utiliser l'énergie de manière prudente et responsable, la toute première étape consiste à prendre conscience de vos propres besoins. Comme nous sommes tous très différents, nous avons également des besoins différents. Même si les différences en termes de watts ou de wattheures ne sont pas très importantes, il vaut la peine de se soumettre à cet exercice pour mieux accepter la situation et avoir le sentiment d'avoir été pris en compte.

Ce chiffre de consommation sert ensuite de base au dimensionnement de la capacité de stockage. Elle dépend des conditions de vie des résidents. Comme valeur de départ pour l'optimisation, on peut prendre environ 70 % de la consommation journalière. De cette manière, il est possible de couvrir 2 ou 3 jours de mauvais temps. La couverture des pics de demande réguliers en fait également partie. Cependant, l'espace de stockage doit rester assez flexible, car les circonstances de la vie peuvent changer et les besoins de stockage aussi. Il est également possible que la production propre ne génère pas un excédent suffisant pour le stockage. Dans ce cas, le stockage doit être chargé à partir du réseau ou le réseau doit le fournir.

L'électricité qui n'est pas consommée immédiatement ou qui n'est pas stockée en vue d'une utilisation à court terme est alors injectée dans le réseau et peut être utilisée par d'autres. L'inverse est également possible. Cela crée un échange dynamique dans les environs immédiats du réseau. La valeur statistique doit à nouveau être stockée dans une unité de stockage pendant quelques jours. Ce stockage se situe au point de transition vers le prochain petit réseau local construit de manière similaire. Ces petits réseaux pourraient à leur tour s'équilibrer dans un réseau plus grand où une certaine capacité de stockage serait à nouveau disponible. Un tel développement de la capacité de stockage à partir de la base peut contribuer de manière significative à la stabilité du réseau ainsi qu'à une meilleure sécurité opérationnelle et d'approvisionnement. En outre, une capacité de stockage constituée de cette manière sera toujours inférieure à celle d'un stockage central. Cela signifie que les matières précieuses et critiques sont utilisées de manière responsable, notamment parce que le réseau existant pourrait continuer à être utilisé sans pratiquement aucun changement.

Des outils d'optimisation pour toutes ces tâches doivent être développés.

## **6. Opportunités d'affaires pour les gestionnaires de réseau**

Comme nous l'avons vu dans les chapitres précédents, c'est avant tout l'environnement commercial des acteurs du réseau de distribution qui va changer. D'une part, le champ d'activité se déplacera de la simple fourniture d'électricité vers la gestion dynamique des flux d'électricité dans les deux sens et leur stockage dans le réseau.

Cela signifie que la principale source de revenus d'aujourd'hui, à savoir la fourniture d'électricité, deviendra beaucoup moins importante. Au lieu de cela, il y aura d'autres tâches, nouvelles, et la complexité de l'activité augmentera. Le modèle d'affaires - acheter l'électricité le moins cher possible, déterminer les coûts d'entretien et éventuellement d'extension du réseau, et à partir de là, en tenant compte d'une dépense raisonnable pour l'administration, déterminer le prix de vente - est complètement inadéquat dans ces nouvelles conditions.

Les coûts de l'infrastructure du réseau ne diminueront pas, bien au contraire. Il ne suffira plus de mesurer l'électricité achetée aux points d'entrée et l'électricité livrée aux consommateurs et de facturer ces derniers en conséquence. Tous les flux d'électricité devront être enregistrés dans les deux sens, et en termes absolus, puisque la structure des prix pourrait être différente selon le sens du flux. Pour cela, des points locaux ou des tronçons de réseau pourraient être surchargés par l'échange et l'équilibrage des besoins. De telles situations devraient alors être reconnues à temps et des mesures correctives prises, ce qui nécessitera des points de mesure et éventuellement des raccordements supplémentaires.

Le réseau de distribution coordonnera et optimisera donc l'approvisionnement de base et le garantira en cas de perturbations et de conditions météorologiques inhabituelles, ainsi qu'en cas de différences saisonnières dans les habitudes de consommation. Si des acteurs individuels prennent en charge ces tâches, leur performance doit être mesurée et rétribuée en conséquence. Des points de mesure et des structures tarifaires appropriés doivent être créés à cet effet.

De nombreux consommateurs seront dépassés par ces nouvelles tâches. Les gestionnaires de réseau pourraient alors proposer des "solutions de contracting".

Aux niveaux supérieurs du réseau (niveaux 1 à 5), les changements seront moins importants. Ils resteront essentiellement les mêmes, seules leurs priorités changeront. La quantité d'électricité diminuera parce que la production des centrales nucléaires sera remplacée par la production solaire au niveau 7. En contrepartie, les services du réseau deviennent plus importants et ne peuvent plus passer inaperçus dans le volume total. Cela signifie que toute la structure des coûts et des rentrées d'argent doit être revue.

Toutes ces mesures ont un coût. Le plancher des prix de l'énergie a été dépassé depuis longtemps. L'augmentation des coûts de l'électricité est donc inévitable. Nous devons en tenir compte et adapter notre choix de solutions en conséquence. La question de savoir dans quelle mesure la consommation sera affectée est encore ouverte.

## 7 Cas spéciaux

L'énergie ferroviaire a déjà été mentionnée. Il n'a pas été examiné si l'augmentation de la demande d'électricité des CFF due à l'extension du service de transport pouvait être compensée par la production de leurs propres centrales électriques. Une extension de leurs propres installations de production est toutefois douteuse. Le réseau de 50 Hz devrait donc assurer l'équilibre.

Couvrir les besoins énergétiques du trafic aérien sans recourir aux combustibles fossiles reste une question ouverte. À mon avis, ce ne devrait pas être l'hydrogène. Le déchet des piles à combustible ou de l'oxydation directe - l'eau - est inoffensif au niveau du sol. Dans la haute atmosphère, où elle serait libérée sous forme de vapeur, elle est très nocive - destruction de la couche d'ozone, fort effet de serre - ce qui exclut pratiquement son utilisation pour la propulsion des avions. Il ne reste donc que le kérosène d'aviation issu de la synthèse d'hydrogène, de CO<sub>2</sub> extrait de l'air et d'eau. Mais les quantités à produire sont tellement gigantesques, sans parler des coûts, qu'une production en Suisse ne peut être envisagée.

Dans le cas de la mobilité routière, certains rêves ont déjà été brisés par les événements en Ukraine. Aujourd'hui, il n'y a suffisamment d'électricité pour les véhicules électriques que s'il y a suffisamment de pétrole et de gaz naturel. Si ce n'est pas le cas, il faut compter sur un temps extrêmement doux, surtout en hiver, et sur le fait que tout le monde économise l'électricité pour que les quelques voitures électriques puissent consommer de l'électricité, à moins qu'elles ne puissent être chargées par leur propre système solaire.

Il convient de noter que les voitures électriques n'ont de sens en termes de protection de l'environnement que si l'électricité qui les alimente est d'origine photovoltaïque ou au moins climatiquement neutre. Le niveau d'approvisionnement primaire pour cette électricité dans notre pays est donc le niveau 7. Dans le cas contraire, la seule option est de recourir au méthanol produit par un procédé similaire à celui utilisé pour le kérosène d'aviation. Bien entendu, ce méthanol est importé de l'étranger.

Les stations de charge centralisées sont alimentées par le niveau 6. Ce niveau pourrait être le goulot d'étranglement de l'approvisionnement en énergie à l'avenir. Notamment parce que l'électricité et la chaleur pour les bâtiments, en hiver, sont produites et mises à disposition par des centrales thermiques et que la chaleur est distribuée par des réseaux de chauffage urbain.

L'hydrogène est pratiquement la seule matière première possible pour remplacer les produits fossiles qui ne sont plus acceptables. Cela se produira probablement principalement à l'étranger, comme c'est le cas pour les carburants destinés à la mobilité.

Bien entendu, des solutions locales, insulaires et surtout de niche seront possibles chez nous, dans des endroits particulièrement appropriés.

## 8 Conclusions

Ce rapport permet de tirer les conclusions suivantes :

- Le réseau de distribution sera essentiellement autosuffisant et alimenté par l'électricité solaire. Il assurera principalement l'équilibrage entre les producteurs/consommateurs (prosumers) et entre les îlots du réseau, ainsi que le stockage partiel correspondant. En cas de pénurie d'électricité, il prélèvera de l'énergie aux niveaux supérieurs par l'intermédiaire des stations à moyenne tension.
- Les producteurs/consommateurs veilleront à produire autant d'électricité que possible tout en consommant le moins possible eux-mêmes, de sorte que le surplus d'électricité puisse être mis à la disposition des autres après que le stockage de leur propre demande a été effectué.
- Le stockage fait partie du prix de l'électricité, que ce soit sur son propre système ou sur le réseau.
- Les modèles d'affaires des opérateurs de réseaux doivent être redéfinis. Les tâches restent essentiellement les mêmes, mais leurs priorités changent fortement, tout comme la structure des revenus et des coûts.
- La structure juridique - fédérale et cantonale - doit être revue. De nombreuses réglementations ne sont valables que pour un approvisionnement central en sources d'énergie fossiles et nucléaires. Une révision en profondeur s'impose. Ce n'est qu'à cette condition que les changements susmentionnés pourront être apportés au réseau.

- Il y aura une multitude de solutions et de technologies, variant selon les régions, les exigences et les besoins. Le monde sera d'une diversité et d'une multiplicité rafraîchissantes.

J'espère avoir apporté un peu de clarté dans ce domaine avec cet essai. Il est décevant de constater le peu de clairvoyance dont ont fait preuve les entreprises, les hommes politiques et les experts dans leurs déclarations médiatisées. Il n'y a pas nécessairement de la mauvaise volonté derrière tout cela, mais certainement beaucoup d'ignorance et de nombreux conflits d'intérêts. Peut-être que les idées énumérées ici peuvent en apporter d'autres et nous rapprocher de l'objectif.

Jean-Pierre Rickli

---

---

*Faites participer vos amis et connaissances à ce bulletin. Il suffit de le faire suivre ou mieux laissez-les s'inscrire !*

*Les numéros antérieurs du JPR-Focus sont accessibles sous News/Archiv de notre site ou directement en cliquant ici : <http://www.jpr.ch/newsarchiv.cfm>*

---

---

*JPR Concepts & Innovation*

*J.-P. Rickli*

*Coaching - Gestion du savoir - Innovation - Energie*

*Höchstrasse 47*

*8610 Uster*

*Tél. : +41 (0) 44 9404642*

*Courriel : [jprickli@JPR.ch](mailto:jprickli@JPR.ch)*

*Abonnement ou désabonnement : simplement par le site web [www.JPR.ch](http://www.JPR.ch) ou par courriel à [jprickli@JPR.ch](mailto:jprickli@JPR.ch)*