



JPR-Focus no. 01/22

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,
Chers lecteurs

Je vous souhaite une chaleureuse bienvenue au premier numéro de JPR-Focus de 2022.

Il est désormais évident que notre approvisionnement énergétique futur reposera sur des sources d'énergie, sinon entièrement renouvelables, du moins pauvres en carbone.

De nombreux fournisseurs des technologies correspondantes l'ont compris. Ils mènent donc une campagne intensive pour positionner leur technologie comme celle de l'avenir. Des plans ambitieux sont élaborés et des promesses tout aussi grandioses sont faites. Mais tout cela est-il une réalité durable ?

Dans cette contribution, nous tenterons d'apporter une réponse réaliste à ces questions et, en prenant l'exemple de la Suisse, de voir à quoi pourrait ressembler l'offre.

Je vous souhaite une lecture divertissante.

Cordialement
Jean-Pierre Rickli

Modèle d'approvisionnement énergétique possible pour la Suisse

1. Introduction

La voie est clairement tracée pour un approvisionnement énergétique basé sur les énergies renouvelables.

Toutefois, il apparaît de plus en plus clairement que la conversion est beaucoup plus complexe que prévu. Il ne s'agit pas seulement de remplir le réservoir avec un autre carburant ou d'installer un nouveau raccord pour l'alimentation. Souvent, il ne s'agit pas non plus de simplement raccorder la maison à deux nouveaux câbles électriques.

De plus en plus de dirigeants d'entreprises et de sociétés, de politiciens de toutes les couleurs et de particuliers se rendent compte que la bonne volonté est nécessaire mais loin d'être suffisante. Il faut beaucoup de temps, beaucoup d'argent et de patience pour arriver à la conclusion que la solution optimale doit être une combinaison de sources locales. En d'autres termes, la solution optimale est principalement donnée par les possibilités disponibles à l'endroit concerné et non par les besoins. Les conditions extérieures sont déterminantes et imposent des contraintes.

Dès lors, la discussion sur la source ou le vecteur d'énergie du futur n'a pas d'importance. La réponse est simple : toutes, mais pas dans la même mesure partout. Toutefois, il est possible d'établir des priorités et de dégrossir les solutions. Elles sont nécessaires pour planifier les travaux de développement et les infrastructures. Nous aurons donc besoin de la réponse aux questions suivantes :

- Où nous mène le voyage ?
- Comment pouvons-nous y arriver ?

Avec ce rapport, nous voulons tenter de donner, si ce n'est une réponse définitive, au moins quelques indices sur ce que pourrait être l'avenir.

2. Qu'est-ce qui change par rapport à aujourd'hui ?

2.1 Les caractéristiques des sources renouvelables

Nous avons analysé en détail ces caractéristiques dans le JPR Focus 01/21. Voici pour rappel les plus importantes d'entre elles :

- Elles sont localement disponibles partout. Partout, il y a du rayonnement solaire, des mouvements d'air (vents) et dans de nombreux endroits, l'eau coule et la biomasse croît. Cependant, leur disponibilité est également très différente localement. Il y a des endroits où l'on trouve beaucoup d'un type ou d'un autre ou des endroits où la disponibilité est équilibrée mais à un niveau moyen ou faible. Cette disponibilité change en fonction de l'heure de la journée, du temps et est souvent influencée par les saisons.
- Les énergies produites localement (vent, soleil, eau courante) ne peuvent pas simplement être transportées pour être utilisées. Elles doivent d'abord être converties en une autre forme, en un vecteur énergétique (électricité, gaz ou liquide). Ceux-ci peuvent alors également être utilisés pour le stockage de l'énergie.
- Le stockage est également nécessaire pour ces énergies. Il sert de tampon entre l'offre et la demande. Cela permet également une utilisation optimale de l'énergie incidente.
- Les formes d'énergie renouvelables ont une densité énergétique relativement faible. Cela signifie que leur utilisation nécessite une grande surface de terrain. Seule leur conversion en électricité, en gaz ou en combustibles liquides les amène à une densité comparable aux vecteurs énergétiques actuels.

- Ce besoin supplémentaire de surface n'est généralement pas disponible à l'endroit où l'énergie est demandée. Ces zones sont déjà utilisées à d'autres fins. L'utilisation multiple est donc essentielle, ce qui limite aussi fortement l'utilisation pour l'énergie.

En résumé, on peut dire que le temps des polyvalents et des solutions uniques est révolu. Il s'agit alors de trouver la combinaison des différents types d'énergie disponibles en fonction des besoins respectifs.

La meilleure connaissance possible des besoins énergétiques est donc une condition préalable à l'utilisation optimale des sources d'énergie locales. Si les besoins sont supérieurs à l'offre locale, des solutions d'approvisionnement seront envisagées à l'échelle régionale, interrégionale, nationale, puis internationale. C'est là que les vecteurs énergétiques vont jouer un rôle. La réponse à ces questions sera alors d'une grande importance pour les entreprises, l'industrie et les autres grands consommateurs.

2.2 Les caractéristiques des vecteurs énergétiques

2.2.1 L'énergie électrique

L'électricité jouera sans aucun doute un rôle central dans l'approvisionnement énergétique futur. Elle se transporte relativement bien, même sur de longues distances. Elle est flexible et polyvalente. Les besoins les plus divers tels que l'éclairage, l'entraînement de machines de toutes tailles, la chaleur et la mobilité peuvent être couverts par l'électricité.

Dans le réseau actuel, l'équilibre entre l'offre et la demande est assuré par les centrales électriques. Leur production est régulée de manière à maintenir la fréquence ou la tension dans des limites étroites. Pour ce faire, on peut par exemple augmenter ou diminuer la quantité d'énergie stockée fournie à la centrale. De cette manière, l'offre est constamment adaptée à la demande.

Les sources renouvelables ne peuvent pas être modulées et beaucoup ne sont pas toujours disponibles lorsque vous avez besoin d'électricité. En outre, nous les utiliserons le plus possible pour des raisons d'efficacité. La conséquence en est que nous devons stocker l'électricité produite si elle ne peut être consommée immédiatement.

À l'avenir, l'énergie électrique sera de plus en plus souvent produite d'abord sous forme de courant continu - photovoltaïque - et également consommée comme telle en raison de la numérisation. La transmission d'une puissance élevée sur de longues distances se fera également de plus en plus en courant continu afin de réduire les pertes de transmission. Par conséquent, les solutions de réseau à courant continu ou d'îlots de réseau pourraient faire l'objet d'une attention accrue à l'avenir.

2.2.2 L'hydrogène

L'élément hydrogène est souvent considéré aujourd'hui comme le sauveur ou la solution à tous nos problèmes. C'est peut-être un peu exagéré. Cependant, il jouera un rôle important, car il ne sera pas seulement utilisé pour la production d'électricité, mais aussi pour la production de chaleur et, ce qui est également très important, comme matière première en chimie organique. C'est là qu'il trouve sa principale utilisation aujourd'hui.

L'hydrogène sous forme pure ne peut être trouvé qu'en très petites quantités sur terre. Cela signifie que cette substance doit d'abord être produite. Deux sources sont disponibles pour cela : l'eau et les

hydrocarbures. Ces derniers sont aujourd'hui les principaux fournisseurs. Dans un monde décarboné, seule l'eau reste disponible comme source. La production passe alors par l'électrolyse, qui nécessite beaucoup d'électricité. Peut-être que de nouveaux procédés seront développés ? Mais on en est encore loin.

Par conséquent, les très grandes usines de production d'hydrogène devront être situées là où il y a suffisamment d'eau et d'électricité, ou là où l'une est disponible et l'autre peut être facilement apportée. Il peut s'agir, par exemple, d'endroits où l'électricité des parcs éoliens offshore arrive à terre ou de sites côtiers où l'électricité des centrales solaires à concentration (CSP) peut être facilement exploitée.

A partir de là, l'hydrogène devra être transporté plus loin ou consommé directement. Comment ? Nous y reviendrons plus loin dans ce rapport. Nous devons tenir compte des propriétés particulières de l'hydrogène en tant qu'élément le plus petit et de sa haute capacité d'allumage.

2.2.3 Le méthane

Le méthane, CH₄, se trouve dans la nature sous forme de gaz. Il est le principal composant du gaz naturel. Ce gaz est principalement produit dans les processus de fermentation de la matière organique - compostage, putréfaction, digestion - et est un agent de serre très puissant.

Le compostage industriel de la biomasse permet de produire du biogaz. Celui-ci peut ensuite être brûlé dans un moteur à gaz pour produire de l'électricité. Cependant, si le biogaz est purifié de sa teneur en CO₂ (environ 35 %), on obtient du méthane de qualité similaire à celle du gaz naturel.

La méthanisation est un autre procédé qui fait encore l'objet d'essais et de démonstrations. L'hydrogène provenant d'une installation d'électrolyse est combiné au CO₂ séparé de l'air. Cela produit du méthane, qui peut être traité comme du gaz naturel.

Les deux procédés - compostage et méthanisation - sont des procédés dits neutres en CO₂. L'utilisation du méthane ne contribue que marginalement à l'augmentation du CO₂, car il a été obtenu à partir du CO₂ extrait de l'air, soit celui stocké dans la biomasse, soit directement.

2.2.4 Le méthanol

Le méthanol ou alcool méthylique peut être produit de manière similaire au méthane à partir de la biomasse ou de la combinaison d'hydrogène provenant d'installations d'électrolyse et de CO₂ de l'air. Les processus de production sont différents de ceux du méthane : la production à partir de la biomasse est éprouvée et la production à partir de l'hydrogène et du CO₂ est expérimentale.

Le méthanol, contrairement au méthane, est liquide et peut être transporté dans des camions-citernes ou stocké dans de grands réservoirs. Son contenu énergétique est inférieur à celui de l'essence. Son comportement de combustion est également différent. Les moteurs à combustion actuels doivent donc être adaptés pour fonctionner avec ce carburant. Cependant, la technologie correspondante est non seulement connue, mais également éprouvée.

2.3 La production des vecteurs énergétiques

Avec les formes d'énergie fossile fournies par la nature, le monde est relativement simple. Le charbon, le pétrole et le gaz naturel, bien que pas répandus partout, sont suffisamment abondants à certains endroits. Leur contenu énergétique est élevé, ils sont relativement faciles à transporter, soit

en vrac, sous forme liquide dans des réservoirs et des conduites, soit sous forme gazeuse, liquéfiée dans des réservoirs ou sous forme de gaz dans des conduites.

En outre, ils sont presque tous polyvalents. Ils conviennent aussi bien pour la production de chaleur que d'électricité. Ils sont largement utilisés dans la mobilité, notamment sous forme liquide. Ils jouent également un rôle essentiel dans de nombreux processus en tant que composants ou matières premières pour de nouvelles matières et de nouveaux produits, par exemple dans l'industrie sidérurgique, la chimie organique et l'industrie des plastiques.

Leurs désavantages sont :

- Leur caractère épuisable. Ils sont encore abondants, en termes de quantité. Cependant, les efforts pour les extraire sont en constante augmentation.
- Leur exploitation à grande échelle a libéré en quelques décennies autant de CO₂ dans l'air que ce qui avait été stocké pendant des millions d'années. Cela a conduit à un fort déséquilibre. Nous le constatons au niveau du climat.

Si nous suivons la voie des énergies renouvelables et de la durabilité, nous devons nous passer de ces hydrocarbures et suivre l'exemple de la nature. La production de tous ces produits, qui nous sont indispensables aujourd'hui, doit donc être générée à partir de l'eau et de l'air à l'aide de l'électricité. L'hydrogène et l'oxygène seront extraits de l'eau et l'air sera utilisé comme fournisseur de CO₂. Cette façon de faire, comme nous l'avons déjà dit, ne constitue pas nécessairement une décarbonisation des processus, mais elle les rend quelque peu neutres.

Le développement de nouveaux procédés de fabrication est en cours. Mais la route est difficile et longue. Le changement prendra encore bien du temps et beaucoup d'efforts.

Il est donc clair que la production d'électricité jouera un rôle central. D'une part, elle sera le principal vecteur énergétique pour l'éclairage, les entraînements et le chauffage des bâtiments. D'autre part, l'électricité sera nécessaire pour la production d'hydrogène en tant que matière première pour les processus industriels tels que l'industrie de l'acier et la chimie. L'hydrogène est très important dans la mobilité et dans le stockage de l'énergie, notamment dans le stockage à long terme, par exemple pour compenser les différences saisonnières.

Il devrait donc également être clair qu'il y aura des limites à la fois à la consommation d'énergie et à la production industrielle. Dans une société durable basée sur les énergies renouvelables, ces deux aspects devraient être réduits de manière drastique. Car, comme on l'a déjà vu, couvrir la consommation actuelle d'électricité par des sources d'énergie renouvelables est un déjà défi majeur. Mais lorsque l'électricité doit également fournir la matière première d'une économie en expansion, il est naturel de se poser des questions critiques et d'adopter une attitude prudente. Du moins jusqu'à ce que des sources "vraiment durables" soient découvertes.

2.4 La distribution des vecteurs énergétiques

Comme nous l'avons vu, les caractéristiques des combustibles fossiles

- Valeur énergétique élevée
- Grande flexibilité dans l'application comme source énergétique
- Diversité en tant que source de matières premières pour l'industrie
- (Encore) haute disponibilité dans certaines régions du monde

ont conduit à une structure et à une distribution en cascade, semblable à celle d'un arbre où la nourriture est extraite du sol par les racines et transportée le long du tronc vers les branches jusqu'aux plus fines ramifications.

La distribution du pétrole et des produits pétroliers tels que l'essence, le gazole, le fioul domestique, etc. fonctionne selon ce principe, mais les moyens de transport sont différents. Dans le cas du pétrole brut, les pétroliers arrivent dans un port de déchargement. De là, il est acheminé par oléoducs vers les raffineries. De là, les différents produits sont finement distribués via des véhicules-citernes sur la route ou par le rail. Les différences entre l'offre et la demande sont absorbées par le degré de remplissage des réservoirs de stockage.

Le gaz naturel est, quant à lui, distribué par un immense réseau de gazoducs. Ce réseau est divisé en différents niveaux de pression. Le niveau le plus élevé est relié aux installations de production et distribue le gaz naturel aux différents pays connectés. À chaque connexion de pays, le système national est rempli. Le niveau de remplissage est atteint lorsque la pression parvient à la valeur correspondante. La vanne de contrôle de remplissage correspondante régule alors la pression en fonction de la consommation du pays. A partir de là, les consommateurs nationaux sont alimentés. Des gros consommateurs au niveau de pression le plus élevé aux petits consommateurs au niveau le plus bas. Une telle vanne de contrôle est située en amont de chaque étage de pression, qui en régule le remplissage.

Le réseau électrique est structuré par niveaux de manière très similaire au réseau de gaz. Toutefois, le niveau de remplissage ou de charge n'est pas appelé pression, mais fréquence dans les niveaux supérieurs et tension dans les niveaux inférieurs. Les stations de contrôle sont alors appelées transformateurs.

Le passage aux énergies renouvelables va fortement modifier ce type d'approvisionnement. D'une part, l'offre ne sera plus exclusivement centralisée, mais fortement décentralisée en distribution fine et partiellement centralisée pour les gros consommateurs. D'autre part, comme nous l'avons déjà vu, la combinaison des formes d'énergie consommées sera très différente localement. La structure quantitative s'en trouvera bouleversée.

L'approvisionnement en énergie aura donc les caractéristiques de base suivantes :

- La demande de combustibles liquides va diminuer de façon considérable. A l'avenir, ces sources d'énergie ne seront nécessaires que pour des applications de niche et principalement comme stockage d'énergie saisonnier dans de grands réservoirs. En outre, une part non négligeable sera produite localement. On peut presque dire que les grands pipelines d'approvisionnement, les énormes raffineries et les infrastructures correspondantes ne seront plus nécessaires à l'avenir, du moins pas pour le secteur de la mobilité. Une autre question est celle de l'approvisionnement en matières premières de l'industrie chimique. Il pourrait encore y avoir une certaine demande. Le passage à une production sans CO₂ ou neutre prendra encore du temps, à condition que cela soit possible pour tous les produits.
- Le réseau de gaz naturel tendra à être similaire au réseau de pétrole, pour les mêmes raisons. Toutefois, ce réseau jouera un rôle important pendant la période de transition. Il pourrait soutenir la montée en puissance de la production d'hydrogène et de méthane et, peut-être, prendre en charge une partie de la distribution du méthane. Sans modifications, il ne pourra pas être utilisé pour le seul transport de l'hydrogène.

- Le réseau électrique sera également soumis à de forts changements. Le réseau de distribution, le niveau de tension le plus bas, sera alors principalement alimenté de manière décentralisée. Comme la direction des flux de courant peut changer en fonction de la situation de charge, le contrôle et la protection de ce sous-système deviendront assez complexes. Cette adaptation a déjà été amorcée. Les niveaux de tension supérieurs seront ainsi déchargés de l'alimentation du réseau de distribution. Ils sont nécessaires pour l'alimentation des gros consommateurs, pour l'équilibrage des charges au niveau interrégional et national, pour le transport sur de longues distances et pour l'alimentation de secours.

3. Comment allons-nous couvrir nos besoins en énergie ?

Nous avons vu dans JPR-Focus 01/21 que nous avons besoin de l'énergie pour les besoins fondamentaux suivants :

- Chauffage des bâtiments
- Eclairage
- Appareils ménagers
- Commande et entraînements dans les installations industrielles
- Chaleur de processus et froid
- Mobilité

Nous voulons maintenant voir comment nous pourrions satisfaire ces besoins à l'avenir.

3.1 Chauffage des bâtiments

Le chauffage des bâtiments consiste à amener l'air à une température tiède de 21 à 23 °C et l'eau chaude sanitaire à un peu plus de 50 °C. La thermodynamique nous dit que les meilleures sources pour cela doivent avoir une température légèrement supérieure, c'est-à-dire une température allant jusqu'à 100 °C. Cela permet de limiter les pertes thermodynamiques.

De telles températures sont disponibles :

- A la fin des cycles de travail, comme chaleur perdue pour ainsi dire.
- A la fin des processus d'échange de chaleur industriels, pratiquement comme chaleur résiduelle.
- Dans les systèmes de refroidissement des machines et des installations industrielles.
- Dans les panneaux solaires hybrides.
- Dans les collecteurs solaires.
- Dans les systèmes qui utilisent mieux la chaleur ambiante ou la chaleur géothermique - par exemple, les procédés de pompe à chaleur.
- Dans la géothermie de moyenne profondeur.

D'après ma propre expérience, il y a plus qu'assez d'énergie pour le chauffage des bâtiments à ce niveau de température. Les solutions de base sont également relativement claires :

- La première chose à envisager est d'installer des collecteurs solaires sur le toit et, avec un ballon de stockage d'eau chaude, de couvrir les besoins en eau domestique et, au moins partiellement, les besoins en eau chaude en utilisant l'eau préchauffée comme eau d'entrée pour la pompe à chaleur. De cette façon, la puissance de la pompe à chaleur peut être

réduite. Cette solution a longtemps été négligée car elle n'était pas subventionnée, et donc inintéressante pour les optimiseurs de subventions.

- Les panneaux solaires devraient être prévus en complément pour couvrir l'énergie électrique du système de chauffage - pompe à chaleur, pompes de circulation, vannes, commandes, etc. Les panneaux solaires hybrides pourraient également remplir cette tâche. Ils peuvent fournir de l'électricité et de la chaleur.
- Dans un environnement urbain, cette solution se heurte à ses limites. Les bâtiments sont plus grands, plus hauts et l'espace disponible est plus réduit. De plus, les bâtiments sont plus proches les uns des autres et les problèmes d'ombre portée sont fréquents. Une solution avec un petit réseau de chauffage local ou urbain est plus probable. Le système de chauffage pourrait fonctionner à la biomasse. Comme il aurait alors une certaine taille, un couplage chaleur/électricité serait certainement une option judicieuse. D'autres producteurs d'électricité pourraient également injecter leur chaleur résiduelle dans le réseau.

Le gros problème de la production de chaleur couplée à la production d'électricité à ce bas niveau de température est que cela se produit toute l'année, même si vous n'avez pas besoin de chauffer les maisons. Cela soulève inévitablement la question du stockage. C'est probablement le plus grand défi de cette application énergétique.

Avec le changement climatique, le refroidissement des pièces en été est de plus en plus considéré comme un problème critique. Contrairement au chauffage, qui utilise de l'énergie de faible valeur (énergie perdue), le refroidissement nécessite de l'énergie de grande valeur, principalement de l'électricité. Ce problème n'est pas seulement dû à la hausse des températures. Il provient également de la conception de la construction, qui est faite pour conserver la chaleur dans les pièces le plus efficacement possible. Ainsi, en été, il n'est guère possible de se débarrasser la nuit de la chaleur accumulée pendant la journée.

Pour y parvenir de manière peu énergivore, des mesures architecturales sont impératives, tant au niveau de la structure que de l'aménagement des alentours.

3.2 L'éclairage

L'éclairage est probablement le plus petit des problèmes.

Le passage forcé aux lampes dites à économie d'énergie, qui a également ouvert la voie aux lampes LED, a permis de réduire considérablement la demande en électricité pour l'éclairage. Dans les zones rurales et les petits bâtiments, cette demande peut être satisfaite relativement facilement avec des cellules solaires. Pour les immeubles collectifs de taille moyenne, une optimisation entre production et consommation sera nécessaire. Le tout, bien sûr, avec un stockage adéquat de l'électricité.

Dans les zones urbaines, les solutions de production combinée de chaleur et d'électricité et les petits réseaux de chauffage urbain pour les agglomérations ou les quartiers entreront certainement en compte.

3.3 Les appareils ménagers et de bureau

Si l'électricité ne peut plus être obtenue aussi facilement, à moindre coût et en quantité suffisante à partir du réseau, les gens devront réfléchir à ce sujet et à leurs priorités.

Peut-être qu'il serait alors également temps de remettre en question la propagande des vendeurs d'appareils :

- Le rendement seul du moteur est-il vraiment la mesure de toutes choses en matière d'efficacité énergétique ? La puissance n'entre-t-elle pas également en ligne de compte ?
- La télévision à écran plat de la taille du mur du salon est-elle vraiment nécessaire ? Puis-je profiter de mon programme d'horreur quotidien sans restriction d'âge, le journal télévisé, sur un écran plus petit et moins gourmand ?
- Le temps d'échauffement de 15 secondes du fer à repasser puissant que l'on a vanté est-il si important pour moi que je ne puisse pas me contenter des 30 secondes du fer à repasser à moitié puissant ?
- Dois-je vraiment avoir un réfrigérateur qui peut contenir 10 bouteilles de bière ? Puis-je me contenter d'un réfrigérateur plus petit ne pouvant en contenir que 4 ?
- Est-il nécessaire de laisser l'ordinateur fonctionner la nuit ? Les quelques secondes nécessaires au démarrage sont-elles vraiment insupportables ?
- Et...et...et...

L'expérience avec des maisons à énergie zéro ou même à énergie positive montre que si l'on se penche sur ses besoins réels, l'approvisionnement local devient possible.

Pour les entreprises, des questions similaires se posent pour les appareils ménagers tels que les machines à café, les distributeurs de boissons, les petites cuisines, mais aussi pour les équipements de bureau. Selon la taille de l'entreprise et ses besoins, les solutions sont à envisager au niveau local, avec un réseau de chauffage urbain avec cogénération ou au niveau régional.

3.4 La commande et l'entraînement dans les installations industrielles

C'est ici que nous entrons lentement dans le vif du sujet du passage aux énergies renouvelables. C'est peut-être pour cela que cette question n'est pas tellement abordée dans le débat public, voire pas du tout. C'est compréhensible ! Il est plus facile de parler de ce qui est faisable - les points 4.1 à 4.3 comme nous l'avons vu, c'est-à-dire aussi les premiers 30% de notre consommation d'énergie - que de s'attaquer à des questions controversées qui sont de réduire les 30% de consommation de l'industrie. Les économies et les mesures d'efficacité ne peuvent pas simplement faire disparaître ces parts.

À l'exception des très petites installations industrielles ayant des besoins proportionnellement faibles, une solution d'approvisionnement régionale, interrégionale ou même nationale sera nécessaire. Une combinaison de différentes solutions pourrait améliorer la sécurité d'approvisionnement.

Il n'y aura guère de solutions universelles, au mieux des solutions locales. La condition préalable sera la saisie des besoins actuels et leur évolution dans le temps. La quantité d'énergie disponible et la solution d'approvisionnement choisie influenceront alors, voire limiteront ou détermineront la taille de l'entreprise et son développement futur.

3.5 La chaleur de processus et le froid

Tout d'abord, il est nécessaire de clarifier les termes car le froid n'est pas simplement l'opposé de la chaleur, du moins pas lorsqu'il s'agit de le produire. Dans les processus industriels, la chaleur et le froid sont définis par rapport à la température respective de l'air ambiant. Les processus de chauffage ont une température cible supérieure à celle de l'air ambiant et inférieure pour les processus de froid. Cela signifie que, dans certains cas, une installation est considérée comme une installation de refroidissement lorsque la température de l'air est élevée et peut fonctionner comme une installation de chauffage lorsque la température de l'air est plus basse.

Aujourd'hui, la chaleur industrielle est principalement générée par des processus de combustion afin de pouvoir atteindre les températures requises. Les combustibles les plus courants sont le charbon, le gaz, le pétrole et, dans une moindre mesure, la biomasse ; les déchets peuvent également être utilisés comme combustible.

Les processus de refroidissement nécessitent principalement du courant électrique comme forme d'énergie.

Si, à l'avenir, seules les énergies renouvelables doivent servir à produire de la chaleur industrielle, il y aura un changement majeur. La totalité de la part du charbon, du gaz et du pétrole devrait être remplacée par d'autres procédés. Aujourd'hui, c'est surtout la "combustion" de l'hydrogène qui est envisagée. On devrait plutôt parler d'oxydation exothermique. Selon la technologie disponible aujourd'hui, cet hydrogène devrait être produit par électrolyse, c'est-à-dire à l'aide du courant électrique.

Compte tenu des énormes quantités d'hydrogène nécessaires prévisibles, il sera essentiel de fixer des priorités. Peut-être faudra-t-il alors remettre en question le concept même de production industrielle gigantesque ?

Relativement peu de changements seront apportés aux processus de refroidissement. La demande principale restera celle de l'électricité. Il est possible qu'à l'avenir, les solutions avec des refroidisseurs thermiques deviennent de plus en plus intéressantes. Une combinaison avec le stockage de la chaleur serait envisageable.

3.6 La mobilité

C'est une patate très chaude. D'une part, parce qu'avec environ 50% de la consommation totale d'énergie, un énorme paquet est devant nous. D'autre part, parce que selon les statistiques fédérales, près de 38% de la consommation totale dépend des sources d'énergie fossiles. Enfin, parce que ce secteur a un impact profond sur la vie de chacun d'entre nous. Ainsi, toute discussion sur la mobilité devient très vite émotionnelle.

Si nous abandonnons les combustibles fossiles, c'est l'ensemble du système de transport qui sera touché : le transport individuel et le trafic pendulaire avec des véhicules individuels, le trafic de transport des marchandises ainsi que le trafic de vacances sur terre, sur mer et dans les airs.

Que des véhicules à propulsion électrique - avions, navires, camions ou voitures particulières - puissent être construits et exploités n'est pas le véritable débat. Les vraies questions sont les suivantes :

- Quelle est la charge utile : personnes ou marchandises ?
- Jusqu'où peut aller le voyage ?
- Combien de temps dure alors le voyage ?
- Combien de temps après le voyage ou après un arrêt puis-je repartir ?

Chacune de ces questions est assortie de restrictions plus ou moins importantes, en fonction des applications spécifiques. Dans la plupart des cas, on fait référence aux progrès encore à venir dans les technologies respectives.

Deux technologies entrent fortement en considération aujourd'hui :

- Le moyen de transport électrique avec système de stockage de l'électricité embarqué.
- Les moyens de transport électriques avec générateurs d'électricité embarqué, principalement des piles à combustible, qui sont alimentées (une fois de plus) par de l'hydrogène.

Les deux solutions ont leurs propres contraintes et avantages. Pour cette raison, aucune ne gagnera la course à elle seule. Toutes deux auront leurs applications de prédilection, où elles pourront faire valoir leurs avantages.

Cependant, si tout devait être converti à la propulsion électrique, tout ce qui aurait été réellement résolu serait le problème des émissions de composés contenant du carbone ; en supposant, bien sûr, que l'électricité provienne de sources d'énergie renouvelables.

Diverses questions qui apparaissent ne sont donc pas abordées, alors qu'elles pourraient se développer comme de véritables gâcheurs de jeu, comme par exemple :

- Les véhicules électriques n'émettent pas de particules par leur pot d'échappement. En revanche, ils ont des pneus et des freins, tout comme les véhicules à moteur à combustion. Cela signifie qu'ils produisent également des particules par abrasion. Celles-ci ne se retrouvent pas tant dans l'air que dans nos assiettes. Ce problème est de plus en plus reconnu. La transition énergétique n'apporte aucun changement à cet égard.
- Les piles à combustible ont de grandes chances de jouer le rôle le plus important dans le transport aérien. Leur "déchet" est de l'eau, donc plutôt non toxique, qui est susceptible d'être rejetée dans l'atmosphère pendant le vol. Si cela ne se faisait pas, l'avion serait beaucoup plus lourd à l'atterrissage qu'au décollage ; l'eau est en effet beaucoup plus lourde que l'hydrogène. Il ne semble donc pas y avoir de problème à ce niveau. Mais ce que les gens oublient, c'est que l'eau, dans l'atmosphère, est un gaz à effet de serre très puissant. Pensez aux nuits tropicales où le ciel est couvert de nuages et où il n'y a pratiquement pas de refroidissement pendant la nuit. Le climat changerait encore plus vite !

Les scientifiques et les ingénieurs auront toujours quelque chose à faire !

4. Vision de l'approvisionnement futur en énergie

Tant que nous ne pourrons pas vraiment exploiter « l'énergie libre » ou le "LENR", nous devons envisager une vision de l'approvisionnement en énergie telle que celle présentée ci-dessous.

Là où la densité de construction est plutôt faible - petits bâtiments, distance moyenne entre les bâtiments - les bâtiments seront principalement chauffés grâce à l'énergie photovoltaïque, aux pompes à chaleur, au solaire thermique ainsi qu'au stockage de la chaleur et de l'électricité, c'est-à-dire localement.

Lorsque la densité des bâtiments est plus élevée ou lorsqu'il existe des consommateurs locaux d'électricité ou de chaleur industrielle, un mini-réseau de chauffage urbain pourrait être utile. En fonction de la situation géographique et de la configuration de ces réseaux, soit différents réseaux pourraient être interconnectés pour des raisons de sécurité d'approvisionnement, soit des fournisseurs de chaleur supplémentaires pourraient également être inclus dans le réseau. La consommation locale d'électricité plus élevée ou la chaleur industrielle nécessaire, par exemple pour les boulangeries ou les laiteries locales, seraient alors produites par une centrale de production combinée de chaleur et d'électricité.

Le combustible pourrait être la biomasse locale ou régionale, le biogaz ou le méthane et le méthanol produits à partir d'hydrogène vert, ainsi que l'hydrogène lui-même. Étant donné que relativement peu d'usines utiliseraient du biogaz ou de l'hydrogène, elles seraient probablement directement reliées à une usine de production locale. Le réseau de distribution de gaz à mailles fines d'aujourd'hui serait donc largement obsolète.

En région urbaine, l'alimentation en électricité pour l'éclairage, les appareils ménagers et de bureau pourrait être assurée de manière similaire par différents mini-réseaux. Dans la mesure du possible, les différents bâtiments disposeraient de leur propre production d'électricité à partir de panneaux photovoltaïques et pourraient couvrir au moins une partie de leurs propres besoins. Leur propre stockage d'électricité permettrait un certain degré d'autosuffisance. Le surplus serait injecté dans le mini-réseau et mis à la disposition des autres consommateurs. Le réseau dispose également d'une installation de stockage pour amortir les fluctuations. Les nombreux mini-réseaux seraient interconnectés pour assurer l'équilibrage des charges.

Ainsi, le réseau de distribution d'aujourd'hui serait encore largement utilisable. Toutefois, ses fonctions sont très différentes. En voici un bref aperçu :

- Il se composerait de nombreux mini-réseaux individuels mais interconnectés.
- Il ne servirait plus principalement à l'approvisionnement, mais à l'équilibrage des charges, pour chaque producteur/consommateur, entre les producteurs/consommateurs du réseau et entre les autres réseaux voisins.
- L'énergie pourrait circuler dans les deux sens à tout moment et dans n'importe quel segment du réseau.
- Si l'électricité produite est excédentaire et ne peut être reprise par les réseaux voisins, elle pourrait être injectée dans le niveau de tension immédiatement supérieur et être ainsi disponible à l'échelle régionale, interrégionale ou nationale.
- Cela rendra la surveillance et la protection complexes et difficiles.

Nous arrivons maintenant aux grands consommateurs d'électricité pour la commande et les entraînements des installations industrielles. Ces derniers couvriront leurs besoins en électricité à l'échelle suprarégionale et nationale et obtiendront leur électricité à partir des niveaux de transport. Ce sera également le cas pour les grands consommateurs de processus du froid. Ces niveaux de réseau sont reliés à des centrales électriques.

Les grands consommateurs de chaleur de processus couvriront, comme jusqu'à présent, leurs besoins avec leur propre centrale de production combinée de chaleur et d'électricité. Ils utiliseront le biogaz, le méthanol ou directement l'hydrogène comme combustible. Pour l'utilisation de l'hydrogène, la proximité d'une usine de production sera déterminante. Exceptionnellement, il pourrait s'agir de biomasse si elle est directement disponible, comme dans le cas d'une raffinerie de sucre.

Il convient de noter qu'aucune grande centrale solaire ou éolienne ne peut être installée en Suisse. Cela signifie qu'aucune production d'hydrogène à grande échelle ne peut avoir lieu. Il n'y aura donc que des installations relativement petites qui pourront fournir des solutions isolées locales ou régionales, à caractère industriel ou de mobilité. Le transport de l'hydrogène sera également une solution spécifique dans chaque cas.

Nous en sommes maintenant à la mobilité. Ce secteur connaîtra les plus grands changements. Comme nous l'avons déjà mentionné au point 3.6, l'ère des produits polyvalents, les dérivés du pétrole, est révolue. Il faudra désormais rechercher des solutions spécifiques en fonction du moyen de transport, de la voie de transport, de la distance de transport, de l'objectif et du lieu.

Par conséquent, nous rencontrerons de nombreuses solutions isolées différentes. Des sources d'énergie différentes ne signifient pas nécessairement des technologies d'entraînement différentes. Une invention a été présentée au Salon des inventeurs de Genève il y a plus de 10 ans, qui permet de changer la source d'énergie d'une pile à combustible en tournant un interrupteur.

L'aviation devra se concentrer sur les domaines où elle est forte et sans concurrence. Il s'agit :

- Des connexions outre-mer
Il n'y aura pratiquement aucun changement par rapport à aujourd'hui en termes de concurrence. Toutefois, en raison du passage à la propulsion par moteur, c'est-à-dire à la propulsion par hélice, les vols risquent d'être plus longs. À moins que l'industrie ne trouve le moyen de produire de grandes quantités de carburant d'aviation à partir d'hydrogène. Il est peu probable que le biokérosène, basé sur la biomasse, joue un rôle majeur en raison des quantités limitées. Les nouveaux procédés seront probablement coûteux et augmenteront considérablement les coûts de transport. Autant de raisons de réduire le volume de transport par rapport à aujourd'hui.
- De la vitesse
Cet avantage des avions électriques sur les trains à grande vitesse va considérablement diminuer. Compte tenu des temps d'enregistrement et du trajet entre l'aéroport et la ville, l'avantage restant serait déjà perdu. Cela signifie que les vols court-courriers seraient éliminés. Pour les vols moyen-courriers, cela dépendra de l'expansion du transport ferroviaire. Si l'occupation de l'espace aérien le permet et si le transport terrestre ne se développe pas, les taxis aériens pourraient constituer une niche.

Dans le transport par eau, les technologies vont diviser le marché de manière relativement claire. Selon la situation de l'offre, des solutions locales sont tout à fait concevables. Pour l'essentiel, toutefois, la situation pourrait se présenter comme suit :

- Trafic de plaisance : Electrique avec batteries.
- Transport de passagers sur les lacs intérieurs et ferries : Electrique avec piles à combustible. Eventuellement localement, méthanol ou similaire produit à partir d'hydrogène.
- Outre-mer : Electrique avec piles à combustible.

Le transport terrestre sera clairement divisé à l'avenir :

- Le transport à longue distance - passagers et marchandises - sera principalement assuré par le rail, au niveau international, national et régional. En Suisse, on continuera probablement à trouver des entraînements électriques avec de l'électricité de centrale comme aujourd'hui. De cas en cas, on trouvera également des entraînements électriques avec des piles à combustible.
- La distribution fine des marchandises sera assurée, principalement au niveau local, dans certains cas également au niveau régional par la route. Les véhicules seront essentiellement électriques. Avec des piles à combustible pour les trajets plus longs et moins prévisibles et avec des batteries pour les trajets courts et prévisibles.
- Le transport individuel motorisé, privé et professionnel, va fortement diminuer. Les principales raisons en sont les prix de l'énergie et les restrictions sur le choix de la solution d'entraînement. Aucune des nouvelles technologies n'est une solution universelle. Il sera donc inévitable d'établir des priorités. En outre, il existe la possibilité de solutions locales autonomes. Ainsi, les petites voitures seront utilisées en premier lieu, le plus souvent électriques avec des batteries dans le transport local. Le covoiturage à la demande ou par accord sera de plus en plus utilisé. De même, les véhicules spéciaux seront de plus en plus souvent loués à la demande pour des tâches de transport. Avec le développement des véhicules autonomes, ces services vont se développer.
- Pour les courtes distances, l'intérêt continuera de croître pour les bicyclettes ainsi que pour les bicyclettes de transport, qu'elles utilisent la seule force musculaire ou qu'elles soient à assistance électrique.

Dans ces conditions et compte tenu des différences entre les conditions locales et régionales, le développement de vastes réseaux de recharge pour l'électricité ou l'hydrogène n'a guère de sens.

5. Comment allons-nous y arriver ?

Les tendances suivantes peuvent être identifiées à partir des considérations précédentes :

- Les besoins primaires des gens - température ambiante confortable, éclairage et appareils ménagers ou de bureau - pourront être satisfaits localement grâce aux énergies renouvelables.
- L'approvisionnement local étant très différent, les solutions optimales seront également différentes au niveau local. Il en résultera également des mini-réseaux locaux comme solutions insulaires. Ceux-ci seront ensuite connectés dans la mesure du possible.
- Ainsi, aucune forme d'énergie n'est à elle seule la solution. L'optimum sera généralement une combinaison. Il ne s'agit donc pas de concurrence, mais de coopération et de complémentarité.
- La solution la plus durable va dans le sens de l'utilisation de toutes les formes d'énergie disponibles localement. De cette manière, les petites entreprises et les prestataires de services locaux peuvent également être approvisionnés.

Pour y parvenir, il convient de reprendre l'idée d'un cadastre énergétique lancée par JPR Concepts & Innovation en 2005. L'idée n'était pas seulement de déterminer la surface de toiture existante, comme c'est le cas avec certaines applications disponibles aujourd'hui, mais de recenser l'ensemble du potentiel énergétique de la parcelle.

Les informations sur les énergies réellement disponibles doivent être documentées. Il convient de déterminer le rayonnement solaire incident en tenant compte de l'emplacement de la parcelle, des ombres projetées par les grands bâtiments, les collines ou les arbres voisins, au cours de la journée et en fonction des saisons. En outre, les conditions de vent sur la parcelle (micro-éoliennes) ou dans les environs (grandes éoliennes), les possibilités géothermiques, les fournisseurs locaux de chaleur et/ou d'électricité, les fournisseurs locaux d'hydrogène, etc. doivent également être documentées.

Cela permettrait d'améliorer les installations existantes et de mieux intégrer les nouveaux projets. La planification de l'approvisionnement local et régional serait également améliorée. Les éventuels déficits d'approvisionnement à combler par l'ajout de sources d'énergie suprarégionales ou nationales pourraient être abordés de manière plus ciblée.

Le potentiel et la nature du concept de mobilité locaux seraient alors considérés et les besoins régionaux ou interrégionaux clarifiés.

Nous pouvons maintenant porter notre attention sur les grands consommateurs d'électricité et de chaleur. Nous devons garder à l'esprit que la solution la plus durable est toujours celle qui est la moins éloignée. Le transport implique toujours des pertes et réduit donc la durabilité. Les premières questions sont donc les suivantes : existe-t-il un grand producteur d'électricité, une centrale hydroélectrique ou un parc éolien ? La biomasse est-elle disponible à des fins énergétiques ? À l'échelle locale ou régionale, ou tout au plus interrégionale ? Existe-t-il un producteur local ou régional d'hydrogène ou de méthanol ? Existe-t-il un potentiel local dans ce domaine ?

Remarque :

En raison de la température élevée de la flamme, la biomasse devrait être réservée aux applications de production combinée de chaleur et d'électricité et de production de chaleur industrielle. Les concepts techniques actuels sont toutefois basés sur des installations relativement grandes. JPR Concepts & Innovation, en collaboration avec l'EPFL, a développé un concept de petites turbines à vapeur, qui a été présenté à Milan en 2007. De telles installations pourraient permettre d'abaisser considérablement la limite de puissance des applications de cogénération.

Les réponses aux questions ci-dessus seront également décisives pour déterminer le concept de mobilité régionale et interrégionale.

La recherche de la solution la plus durable déterminera donc aussi de manière significative la taille des installations industrielles respectives. Dans ce contexte, les méga- ou giga-fabriques appartiendront au passé. L'exception sera la production de l'électricité et de la matière première (hydrogène). C'est là que se trouveront les grands sites industriels de l'avenir.

Comme nous l'avons observé dans ce rapport, le stockage de l'énergie a un rôle crucial à jouer.

La chaleur provenant du rayonnement solaire et la chaleur résiduelle des processus doivent être stockées afin d'être disponibles pour le chauffage des bâtiments le moment venu. L'eau chaude est utilisée à cette fin dans la plupart des cas aujourd'hui. Cette solution est très efficace. Cependant, elle nécessite un espace relativement important, qui n'est souvent pas forcément disponible dans les bâtiments anciens.

Le stockage avec de l'eau présente également l'inconvénient suivant : le point d'ébullition de l'eau est de 100 °C sous la pression atmosphérique normale. Des températures plus élevées dans des

conteneurs non pressurisés sont possibles, mais uniquement en utilisant d'autres médias, qui ne sont pas nécessairement durables. Des solutions plus durables doivent encore être découvertes. Par exemple, certains processus industriels pourraient également être alimentés par la chaleur solaire. Avec l'électricité, la situation est beaucoup plus compliquée. Elle doit être stockée à différentes fins. Il existe donc aussi différentes solutions.

- Comme la chaleur pour le chauffage des bâtiments, l'électricité produite pendant la journée, si elle n'est pas consommée directement, doit être stockée pour les activités du soir et de la nuit. Cela permet de maintenir en fonctionnement les appareils d'éclairage, de divertissement et autres appareils ménagers ainsi que les équipements de fonctionnement technique. En raison de la capacité de stockage requise, les batteries locales sont généralement la solution.
- Des capacités de stockage doivent également être prévues dans les mini-réseaux. Il s'agit non pas de compenser en priorité les fluctuations entre le jour et la nuit, mais les différences entre les différents producteurs/consommateurs. Ces capacités de stockage sont beaucoup plus importantes que celles des producteurs/consommateurs individuels, mais peuvent également être assurées par des batteries pour les fluctuations à relativement court terme. Des solutions durables sont encore recherchées.
- Dans le cas de fluctuations à plus grande échelle, comme les différences saisonnières entre l'hiver et l'été, il s'agit souvent de grandes quantités d'énergie qui doivent également être utilisées de manière flexible. La conversion en vecteurs énergétiques substantiels tels que l'hydrogène, le méthane, le méthanol, la biomasse ou les produits issus de la pyrolyse partielle ou totale est recommandée. Il existe encore un énorme potentiel de développements possibles dans la production, le stockage, le transport et la retransformation en électricité et en chaleur de ces produits.
- L'équilibrage à court terme de grandes quantités d'énergie dans le réseau de transport est très bien assuré aujourd'hui par les centrales de pompage-turbinage. C'est pourquoi ces unités resteront très importantes.
- Enfin, et surtout, il y a les applications mobiles. Les besoins de stockage de ces applications sont satisfaits par les batteries. Ce secteur va prendre énormément d'importance avec la mobilité. Des solutions plus durables que celles d'aujourd'hui doivent encore être développées.

Comme nous pouvons le constater, il reste encore beaucoup à développer. Certaines solutions sont déjà opérationnelles en tant que prototypes. Mais le chemin vers la maturité industrielle est encore très long. Le stade de développement des différentes technologies est également très différent. Par conséquent, nous ne devrions pas attendre, pour opérer la transformation, que la dernière technologie soit également devenue verte.

La conversion du charbon à l'hydrogène dans les hauts fourneaux ne peut certainement pas être réalisée du jour au lendemain. D'énormes quantités d'hydrogène sont nécessaires pour cela. Il est donc logique d'amorcer cette conversion avec de l'hydrogène qui n'est pas entièrement vert. La construction de petites installations d'électrolyse "vertes" décentralisées pour couvrir d'autres besoins permettrait ensuite d'acquérir de l'expérience dans l'exploitation et la construction de ces grandes installations. Cela permettrait également de tester des modèles de stockage à petite échelle.

On peut s'attendre à quelque chose de similaire avec la méthanisation pour obtenir du méthane ou du méthanol, avec des installations permettant de capter le CO₂ de l'air et de maîtriser le processus.

6. Résumé

Les principales conclusions suivantes peuvent être résumées à partir de ce qui précède :

- Dans le futur, le réseau de distribution d'électricité d'aujourd'hui sera un réseau d'équilibrage et de redistribution entre les différents producteurs / consommateurs locaux et régionaux. Il sera composé de nombreux mini-réseaux. Tout surplus de production sera injecté dans le réseau de transport.
- Le réseau de transport d'électricité est relié aux centrales électriques. Il assure l'équilibrage entre les régions, l'approvisionnement en cas d'urgence et l'approvisionnement des gros consommateurs s'ils ne peuvent couvrir leurs besoins au niveau local ou régional.
- La demande de chauffage des bâtiments est assurée exclusivement au niveau local/régional. Des solutions individuelles ainsi que de petits réseaux de chauffage urbain, éventuellement interconnectés pour des raisons de sécurité d'approvisionnement, se chargeront de cette tâche. Des sources d'énergie externes peuvent intervenir en cas d'urgence.
- Les consommateurs de chaleur industrielle feront fonctionner leurs installations de cogénération chaleur-force avec des sources d'énergie locales/régionales ou, si nécessaire, interrégionales. Cet approvisionnement déterminera à l'avenir la taille de l'installation industrielle.
- Les caractéristiques des différentes sources d'énergie nouvelles assureront une forte spécialisation des moyens de transport et une moindre concurrence entre eux. Le transport aérien se concentrera sur les lignes d'outre-mer et les longs courriers. Il deviendra plus lent et donc moins attractif. Le transport ferroviaire sera déterminant pour le transport terrestre interrégional, national et international des personnes et des marchandises. Le transport routier prendra le relais au niveau local et régional.
- Etant donné que diverses industries ont besoin d'énormes quantités d'hydrogène comme matière première, les grands consommateurs industriels seront situés à proximité de la grande production d'hydrogène. Les applications dans le secteur de l'énergie auront donc tendance à être considérées comme des solutions de niche. Une conversion du réseau de gaz actuel en réseau d'hydrogène est donc très peu probable.
- Le besoin de développer des options de stockage de l'électricité reste important. Celles-ci sont très diverses, tout comme le champ d'application de l'électricité.
- D'un point de vue purement formel, l'utilisation d'hydrogène "vert" serait certainement la meilleure solution, du moins pour les puristes. La condition pour cela serait que les technologies pour cela soient disponibles, testées et aussi déjà utilisées au niveau de production prévu. Comme c'est loin d'être le cas, il faudrait dès aujourd'hui poursuivre le développement avec l'hydrogène habituellement produit aujourd'hui ou avec l'électricité qui n'est pas tout à fait verte. Cela permettrait d'acquérir une expérience précieuse et d'amener les technologies à maturité. Cela peut contribuer à une transition rapide et, surtout, plus efficace.

Comme nous pouvons le constater, nous avons encore un long et difficile chemin à parcourir. C'est un défi pour nous tous. Nous devons à nouveau vivre avec la nature et pas seulement à ses dépens. Les lois de la nature doivent également revenir au premier plan, car nous en faisons partie et n'en sommes pas séparés.

C'est ainsi que nous créerons les conditions d'un avenir durable, c'est-à-dire un avenir où les changements pourront être pris en charge par la nature et à son rythme.

Votre

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

Fax : +41 (0) 44 9404643

Courriel : jprickli@JPR.ch

Abonnement ou désabonnement : simplement par le site web www.JPR.ch ou par courriel à jprickli@JPR.ch