

Berne, mars 2023

## Réflexions du Conseil Scientifique de l'aeesuisse

### **La bonne ressource, au bon endroit et pour le bon usage – lignes directrices pour une plus grande indépendance énergétique**

**Face aux menaces qui pèsent actuellement sur l'approvisionnement en énergie, la Suisse prend elle aussi conscience de sa grande dépendance en la matière : les produits pétroliers, le gaz naturel et les combustibles nucléaires sont importés à 100 %. En somme, notre indépendance énergétique atteint à peine 30 %. À titre de comparaison, notre autosuffisance alimentaire, souvent qualifiée d'insuffisante, s'élève à près de 60 % !<sup>1</sup> La mise en application de quelques principes simples pour une utilisation optimale des sources d'énergie locales permettrait d'améliorer sensiblement ce rapport en matière d'approvisionnement énergétique.**

Pour accroître notre indépendance et notre résilience énergétiques, il est indispensable de convertir massivement notre approvisionnement aux ressources locales. Cette stratégie est totalement en phase avec l'objectif de la Confédération de ne plus émettre de CO<sub>2</sub> d'ici 2050. Mais au-delà des objectifs climatiques, la situation actuelle en matière d'approvisionnement devrait nous inciter à agir plus rapidement.

La Suisse dispose potentiellement d'un vivier considérable de ressources renouvelables indigènes qui, à condition d'être utilisées à bon escient, nous permettraient de couvrir durablement la majeure partie de nos besoins, sans devoir recourir à l'importation de produits fossiles. Bien que renouvelables, nos ressources énergétiques locales sont toutefois limitées en termes de disponibilité à un endroit ou à un moment donné. « Renouvelables » ne signifie donc en aucun cas « infinies » et encore moins « gratuites », mais plutôt « inépuisables ». C'est pourquoi, il est essentiel de réduire nos besoins en énergie tout en utilisant nos ressources renouvelables de manière durable.

Ce principe de base n'est toutefois pas suffisant. Si nous n'utilisons pas nos ressources de façon intelligente, nous perdrons une grande partie du potentiel. Si une région se dote par exemple d'un chauffage à distance au bois alors qu'elle possède un potentiel géothermique ou aquathermique, la ressource bois est perdue pour d'autres applications ou pour une utilisation à un autre endroit. De même, utiliser de l'électricité pour alimenter un chauffage électrique direct plutôt qu'une pompe à chaleur (efficacité de 400 %) revient à gaspiller potentiellement 75 % de l'énergie électrique consommée.

Compte tenu de la diversité et de la répartition géographique des ressources et des besoins, il est essentiel d'optimiser leur exploitation afin de ne pas perdre une partie de ces ressources en raison d'une utilisation inefficace. Cette prise de position décrit les principes clés d'une utilisation optimale de nos ressources indigènes dans le but de maximiser notre indépendance énergétique.

---

<sup>1</sup> Taux d'autosuffisance brut, incluant le fourrage importé ; le taux d'autosuffisance net sans les intrants importés est d'environ 50 %. Cf. « Rapport sur les risques relatifs à l'approvisionnement économique du pays 2021 ».

## Lignes directrices pour l'utilisation des ressources pour la production de chaleur<sup>2</sup>

Le chauffage des locaux et les processus industriels représentent environ 50 % de la consommation totale d'énergie finale en Suisse. De nombreuses ressources énergétiques peuvent assurer notre approvisionnement en chaleur, mais toutes ne se valent pas. Il convient tout d'abord de faire la distinction entre les ressources « situationnelles » et « non situationnelles ». Les ressources situationnelles ne sont pas transportables et sont donc uniquement exploitables dans un périmètre limité autour de leur emplacement : par exemple la chaleur dissipée par l'industrie et les stations d'épuration, la géothermie de moyenne et grande profondeur ou encore la chaleur issue de l'environnement (sous-sol, cours d'eau). Les ressources non situationnelles sont en revanche faciles à transporter et à stocker : bois-énergie, biogaz, biocombustibles, etc.

Il faut également tenir compte du potentiel « exergétique » d'une ressource, c'est-à-dire sa capacité à fournir certains services énergétiques à forte valeur ajoutée. À titre d'exemple, en raison de sa basse température, l'eau de mer est une ressource à faible exergie, ne pouvant servir qu'à la fourniture de chauffage ambiant et éventuellement d'eau chaude au moyen d'une pompe à chaleur. Le bois, en revanche, est une ressource à haute exergie dont la combustion à plus de 1000°C peut servir à produire de l'électricité ou dans le cadre de procédés industriels.

Compte tenu de ces différences de propriétés des ressources utilisables pour la production de chaleur, celles-ci devraient être exploitées selon les principes ci-après afin de privilégier la sécurité d'approvisionnement nationale :

- 1. Priorité à l'utilisation locale des ressources situationnelles (p. ex. géothermie avec pompe à chaleur)*

Utiliser une ressource non situationnelle lorsqu'une ressource situationnelle existe revient à laisser le potentiel de la ressource situationnelle inutilisé, tout en gaspillant le précieux potentiel de la ressource non situationnelle, qui aurait pu être mis à profit ailleurs.
- 2. Répartition régionale optimale des ressources non situationnelles (p. ex. bois-énergie et biogaz)*

Les ressources non situationnelles devraient être employées pour les applications à haute température, dépassant généralement 120°C (processus industriels), et lorsqu'elles ne sont pas en concurrence avec des ressources situationnelles.
- 3. Promotion du couplage chaleur-force pour la production de chaleur et d'électricité dans les processus de combustion (p. ex. bois-énergie et biogaz)*

Afin d'exploiter pleinement le potentiel des ressources à haute exergie, il convient d'éviter les chaudières à bois décentralisées et les poêles à granulés individuels, qui ne sont pas utilisables pour la cogénération en l'état actuel des technologies. Le choix de privilégier les installations de CCF n'est pas uniquement motivé par leur rendement global plus élevé, mais aussi par leur potentiel de production décentralisée d'électricité en hiver. Pour en tirer profit, il convient de les combiner avec des réseaux thermiques et/ou des micro-réseaux électriques.

---

<sup>2</sup> Cette réflexion se concentre essentiellement sur les ressources destinées à la production de chaleur. L'utilisation de ressources pour la production de froid ne doit bien sûr pas être négligée. Cet aspect semble toutefois moins critique à l'heure actuelle, étant donné que la production de froid est surtout nécessaire en été, lorsque la production d'électricité photovoltaïque est élevée.

#### 4. *Utilisation prioritaire de certaines ressources via les réseaux de chaleur*

La chaleur issue de l'industrie et des stations d'épuration, des aquifères de moyenne profondeur, des lacs, des eaux souterraines et, en dernier lieu, du bois-énergie est idéalement distribuée au moyen de réseaux de chaleur et mise à disposition de nombreux consommateurs. Pour une exploitation optimale du potentiel, les réseaux de chaleur devraient couvrir des zones de desserte pertinentes et suffisamment grandes.

Conformément à ces lignes directrices, on obtient l'ordre suivant en matière d'utilisation des ressources situationnelles décentralisées pour la production de chaleur : eaux souterraines, géothermie, air ambiant. Ce n'est que lorsque ces derniers ne sont pas disponibles localement en quantité suffisante qu'il convient d'avoir recours au bois-énergie et au biogaz (ressources non situationnelles). Dans le cas contraire, le taux de couverture des ressources indigènes diminue et les besoins d'importation augmentent.

Une planification optimale doit également tenir compte du fait que la demande de chaleur sera amenée à diminuer en raison des rénovations énergétiques et de la densification de l'habitat, prévue en raison de l'évolution démographique.

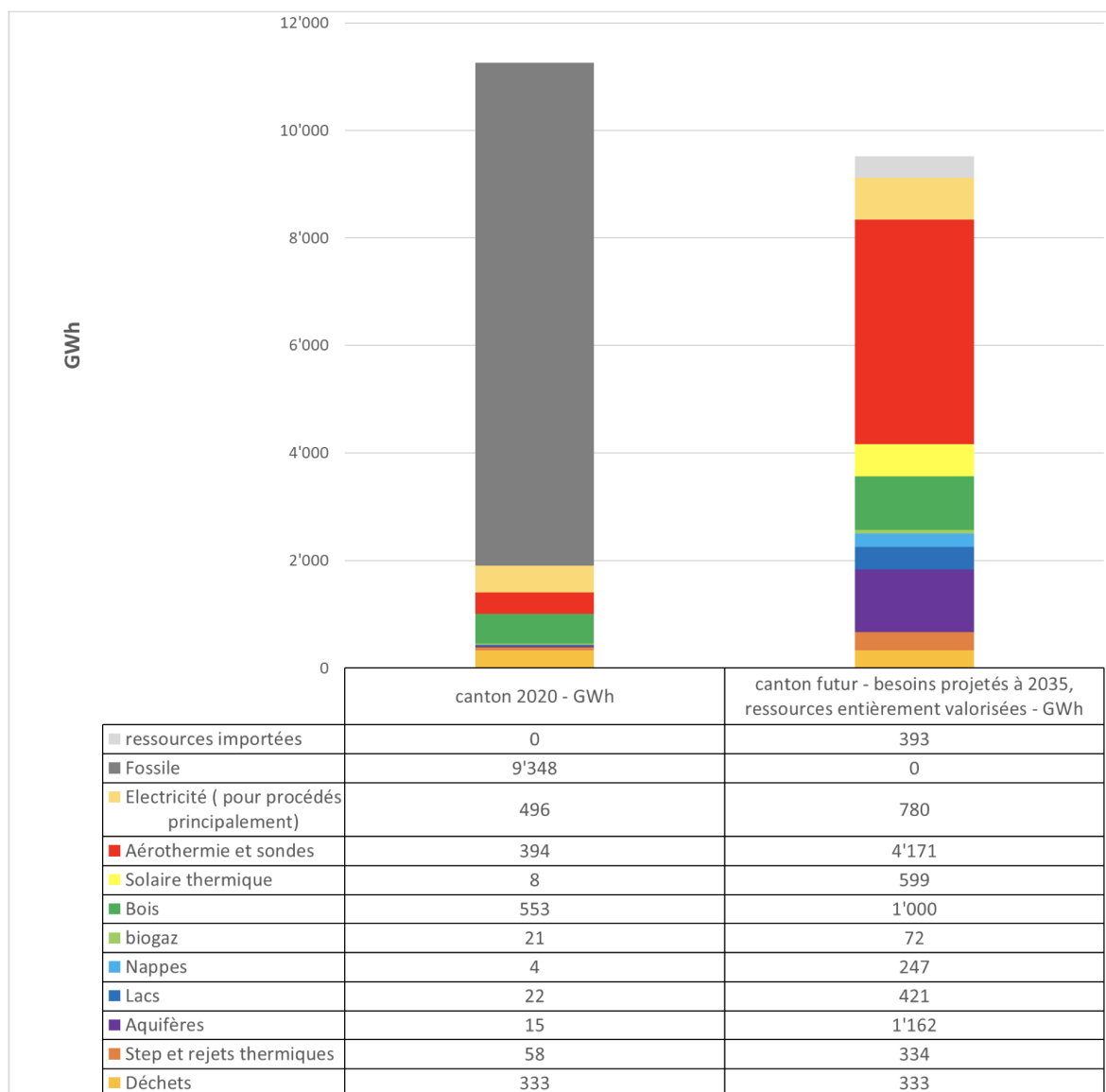
#### **Mise en œuvre pratique des lignes directrices : l'exemple du canton de Vaud**

Le canton de Vaud a récemment publié ses « Perspectives chaleur »<sup>3</sup>, basées sur l'application des principes susmentionnés. L'illustration suivante donne un aperçu des ressources actuellement utilisées pour le chauffage dans ce canton et des perspectives à l'horizon 2035. La part des énergies renouvelables dans l'approvisionnement en chaleur pourrait passer de 17 % aujourd'hui à 96 % ! Ces « Perspectives chaleur » illustrent l'importance décisive des ressources situationnelles, dont le potentiel représente près de 80 % des besoins en chaleur du canton.

Une exploitation « sauvage » et désordonnée des ressources renouvelables, sans mise en œuvre des lignes directrices, limiterait le taux de couverture à 50-60 % au lieu des 96 % potentiellement atteignables. La différence devrait être importée, probablement sous forme de sources d'énergie fossiles. Cet exemple montre que l'application d'un ordre de priorité au choix des ressources est aussi importante que l'utilisation efficace des ressources elles-mêmes.

---

<sup>3</sup> Direction Générale de l'Environnement – Vaud, « Perspectives chaleur - Perspectives de valorisation du potentiel de chaleur renouvelable du canton de Vaud », 13.07.2021 / VD08032  
[https://www.vd.ch/fileadmin/user\\_upload/themes/environnement/energie/fichiers\\_pdf/VD08032\\_Rapport\\_final\\_Perspectives\\_chaleur\\_VD\\_v7.pdf](https://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/environnement/energie/fichiers_pdf/VD08032_Rapport_final_Perspectives_chaleur_VD_v7.pdf)



Vue d'ensemble des ressources utilisées dans le canton de Vaud dans les zones propices aux réseaux et aux systèmes décentralisés, ainsi que pour les processus industriels (situation 2020 et projections pour l'avenir).

## Lignes directrices pour l'utilisation des ressources pour la production d'électricité

Alors que la qualité de la chaleur dépend de sa température (principe d'exergie), il n'y a pas de différence de qualité de ce type pour le courant électrique : chaque kilowattheure (kWh) électrique présente le même niveau d'exergie et peut fournir les mêmes services, quelle que soit son origine. La question de la hiérarchisation des ressources se pose malgré tout : un kWh d'électricité produit en hiver, quand la Suisse dépend dans une large mesure des importations

d'électricité, a plus de valeur qu'un kWh produit en été, lorsque la production des centrales suisses dépasse la consommation d'électricité du pays.<sup>4</sup>

De plus, la forte valeur exergétique de l'électricité permet des applications aussi utiles que variées (éclairage, télécommunications, électromobilité, etc.).

Dans ce contexte, les principes suivants devraient s'appliquer à l'utilisation de l'électricité :

1. *Priorité aux applications nécessitant de l'énergie à haute valeur exergétique*  
L'électricité doit avant tout être utilisée pour des usages nécessitant une énergie hautement exergétique. Les autres utilisations, en particulier le chauffage électrique direct, doivent autant que possible être évitées.
2. *Éviter une utilisation inefficace de l'électricité*  
Afin d'éviter le gaspillage d'électricité en hiver, tous les cantons ont interdit les chauffages électriques dans les nouveaux bâtiments, ainsi que le remplacement des chauffages électriques avec des systèmes de distribution de chaleur. En outre, l'utilisation de pompes à chaleur devrait être évitée dans des bâtiments très mal isolés, ou bien ces derniers devraient préalablement faire l'objet d'un assainissement énergétique. Si ceci n'est pas possible, il convient d'utiliser des énergies renouvelables alternatives pour le chauffage.
3. *Encourager la production d'électricité en hiver*  
Les installations photovoltaïques en façade ou en altitude, ainsi que l'énergie éolienne, dont la production est la plus élevée en hiver, doivent être développées. De cette manière, le développement accéléré des installations photovoltaïques permettrait de conserver davantage d'eau dans nos barrages de l'automne au printemps, ce qui réduirait les importations d'électricité de l'étranger.<sup>5</sup>
4. *Promouvoir le stockage saisonnier d'énergie*  
Grâce au stockage saisonnier de l'électricité, les excédents de production estivaux peuvent couvrir – au moins partiellement – les besoins hivernaux. À l'heure actuelle, la capacité des barrages ne permet qu'un transfert été-hiver limité (9 TWh) car, en fin d'été, les barrages sont remplis et aucune capacité supplémentaire n'est donc disponible. C'est pourquoi, il faut soit surélever certains barrages (potentiel de 2 TWh supplémentaires), soit mettre en place d'autres formes de stockage saisonnier. Les solutions envisageables sont le Power-to-Heat, qui utilise des accumulateurs de chaleur saisonniers pour réduire les achats d'électricité pour produire de la chaleur avec des pompes à chaleur en hiver, ou le Power-to-X, qui permet de transformer l'électricité excédentaire en vecteurs d'énergie chimiques (hydrogène, méthane, méthanol ou autres) pouvant éventuellement être reconvertis en électricité et en chaleur.<sup>6</sup>

## Conséquences de la non-application de ces lignes directrices

La mise en œuvre des lignes directrices décrites ci-dessus doit permettre d'optimiser l'utilisation des ressources et de maximiser l'indépendance énergétique vis-à-vis de l'étranger.

<sup>4</sup> Ce principe s'applique évidemment aussi à la production de chaleur.

<sup>5</sup> cf. Thomas Nordmann à propos de l'utilisation optimale des réservoirs hydroélectriques suisses : <https://www.srf.ch/news/wirtschaft/fuellstaende-der-speicherseen-stromhandel-mit-wasserreserven-ein-zielkonflikt>

<sup>6</sup> En raison de leur volume et de leur coût, les batteries décentralisées ne constituent pas une forme appropriée de stockage saisonnier, mais peuvent servir au stockage quotidien ou hebdomadaire.

En revanche, la non-prise en compte de ces lignes directrices aurait diverses conséquences négatives :

- Un développement insuffisant des réseaux de chauffage urbain dans les zones favorables entraînerait une sous-utilisation des ressources situationnelles existantes. C'est notamment le cas des ressources à fort potentiel (lacs, aquifères, géothermie), dont l'exploitation n'est économiquement viable qu'au-delà d'une taille critique avec une zone de desserte suffisamment étendue. Si ces réseaux de chauffage urbain ne sont pas réalisés à temps, la ressource sera perdue pour plusieurs décennies, jusqu'à ce que les systèmes décentralisés installés en lieu et place arrivent en fin de vie. Pour éviter cela, il convient d'envisager des systèmes incitatifs ou des obligations de raccordement.
- Dans les zones qui ne sont pas adaptées à un réseau de chaleur, une utilisation insuffisante des sondes géothermiques entraînerait un recours excessif aux pompes à chaleur air-eau (qui consomment le plus d'électricité en hiver, lorsque celle-ci est la moins disponible) et une utilisation inappropriée du bois-énergie.
- Si la combustion du bois et du biogaz ne sert pas en priorité à alimenter des processus industriels à haute température, ces processus devront continuer à utiliser des ressources fossiles (mazout, gaz naturel) faute d'alternatives.
- L'électricité est un bien précieux qui doit être employé pour des usages à forte valeur ajoutée et de manière très efficiente, afin d'éviter une pénurie. Cela est d'autant plus vrai qu'il est indispensable de poursuivre l'électrification de l'économie et de la société.

## **Obstacles à une utilisation optimale des ressources**

Un certain nombre d'obstacles empêchent actuellement la mise en œuvre de ces lignes directrices :

- En raison des contraintes d'espace dans le sol et des interventions structurelles nécessaires, c'est là où ils seraient les plus efficaces, à savoir dans les zones densément construites, que les réseaux thermiques sont les plus difficiles à mettre en place. De plus, les possibilités de sources de chaleur et de construction de centrales sont limitées. Cela rend les réseaux thermiques plus chers et implique un risque d'investissement plus élevé par rapport aux solutions décentralisées. De plus, les communes ne disposent pas toujours des ressources et des compétences nécessaires pour mettre en œuvre de tels projets.
- Le facteur temps est également un aspect critique pour la rentabilité des réseaux thermiques : plus les consommateurs potentiels de chaleur dans une zone de desserte sont nombreux à changer de vecteur d'énergie de chauffage avant que le réseau ne soit prêt, moins ce dernier sera rentable.
- L'acceptation sociétale de certaines solutions susceptibles de contribuer fortement à la transition énergétique est limitée. C'est notamment le cas pour les éoliennes ou la surélévation des barrages.
- Le manque de connaissances sur certaines ressources (notamment la géothermie) et sur les technologies correspondantes retarde leur mise en œuvre pratique.

- Les acteurs en charge des décisions d'avenir sont souvent des adeptes du statu quo. À titre d'exemple, les régions qui ont toujours misé sur la valorisation locale de leur propre bois-énergie sont peu enclines au changement.
- Il manque des systèmes incitatifs, voire des obligations pour le raccordement aux réseaux thermiques. Les solutions décentralisées sont souvent privilégiées, ce qui nuit à la rentabilité des réseaux de chaleur.
- Des systèmes d'incitation ou des prescriptions font également défaut en matière d'intégration des nouvelles énergies renouvelables dans les réseaux thermiques. Au lieu d'investir dans le développement de l'énergie solaire et du stockage thermique, on passe de chaudières à gaz à des chauffages au bois, ce qui ne fait qu'aggraver la pénurie de bois-énergie.
- Seules les grandes communes sont dans l'obligation de se doter d'un plan directeur énergétique. De plus, il n'y a pas de réelle obligation de mise en œuvre (contraignant pour les autorités, mais pas pour les propriétaires). De ce fait, l'utilisation stratégique et optimisée des ressources, notamment situationnelles, n'est pas assurée et risque d'être empêchée pendant des années.<sup>7</sup>
- Le manque de coordination entre les régions, les cantons et les communes rend difficile toute harmonisation nationale des stratégies et, par conséquent, l'exploitation de tout le potentiel associé à un usage optimal des ressources.

## Conclusion

Si ces lignes directrices étaient respectées de façon systématique et coordonnée, nous serions en mesure de couvrir la quasi-totalité de nos besoins énergétiques avec des ressources indigènes et renouvelables. En revanche, si ces lignes directrices ne sont pas prises en compte, ou si elles le sont trop tardivement, nous serons contraints de continuer à importer des quantités considérables de ressources énergétiques fossiles et d'exposer notre société à une pénurie d'énergie que nous ne pouvons pas contrôler.

En somme, notre indépendance énergétique dépend de notre capacité à employer la bonne ressource, au bon endroit et pour le bon usage !

---

<sup>7</sup> cf. à ce sujet la prise de position du Forum Stockage d'énergie Suisse : « Pas de plan d'aménagement du territoire sans plan directeur énergétique »

[https://speicher.aeesuisse.ch/wp-content/uploads/sites/15/2022/04/FESS\\_Waermespeicher\\_Position\\_Energierichtplan\\_220107.pdf](https://speicher.aeesuisse.ch/wp-content/uploads/sites/15/2022/04/FESS_Waermespeicher_Position_Energierichtplan_220107.pdf)



**Prof. Dr Luca Baldini**  
*Porte-parole du Conseil Scientifique de l'aeesuisse*  
Co-dirigeant du Centre for Building Technologies and Processes ZBP à la Haute école des sciences appliquées de Zurich (ZHAW)



**Prof. Dr Christophe Ballif**  
Directeur du PV-Lab@EPFL et du Sustainable Energy Center@CSEM



**Prof. Dr Massimiliano Capezali**  
Président du Pôle de compétences Énergies de la Haute École d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud (HEIG-VD)



**Prof. Dr Andreas Häberle**  
Directeur de l'Institut de technique solaire SPF, directeur de la division Énergies renouvelables et techniques environnementales (EEU) de la Haute École spécialisée de la Suisse orientale (OST)



**Prof. Dr Martin Patel**  
Professeur à la chaire en efficacité énergétique de l'Université de Genève



**Prof. Dr Greta Patzke**  
Professeure au département de chimie de l'Université de Zurich



**Prof. Dr Andrea Vezzini**  
Professeur en électronique industrielle à la Haute école spécialisée bernoise et directeur du centre Stockage d'énergie de la BFH



**Dr François Vuille**  
Directeur de l'énergie du Canton de Vaud et ancien directeur exécutif du Energy Center de l'EPFL

---

## Le Conseil Scientifique de l'aeesuisse

Dans le cadre des travaux de l'aeesuisse, le conseil scientifique fait office de think tank et de groupe de réflexion sur des dossiers politiques et des questions de fond dans tous les domaines de la politique énergétique et climatique. Il comprend plusieurs universitaires de renommée mondiale, disposant d'un réseau national et international.

Le Conseil Scientifique a trois missions clés :

- **Expertise** : le conseil scientifique mène une réflexion autour des évolutions actuelles et participe à l'élaboration et à la définition de positions et de contenus.
- **Communication** : il contribue activement à forger l'opinion publique et politique par l'intermédiaire d'articles spécialisés, de présentations événementielles et de contacts avec les autorités et les milieux politiques.
- **Réseau** : il entretient et développe son réseau, afin de contribuer à un positionnement positif de l'aeesuisse dans l'économie, la science et la société.