



SunAlpes

Fondation et structures économiques pour le développement de l'énergie solaire dans les Alpes

Pourquoi des centrales solaires dans les Alpes ?

Une réponse au pic pétrolier, à la fonte des glaciers et à la volonté du peuple suisse de s'impliquer davantage dans la démarche du développement durable en respectant le charme pérenne alpin.

Rapport élaboré par :

Yassine ALLANI, Dr EPFL,

Président SunAlpes

Les Diablerets, le 8 mai 2006



www.sunalpes.ch

Route du Col de la Croix
1865 Les Diablerets (VD)

024-492 16 47 - 48
contact@sunalpes.ch

Table des matières

<i>Contexte:</i>	<u>3</u>
<i>1- Pourquoi des centrales hydro-electro-thermo solaires dans les Alpes ?</i>	<u>5</u>
<i>1-1 Les centrales solaires dans le monde : situation actuelle et perspectives</i>	<u>5</u>
<i>1-2 Les régions alpines : un choix judicieux et respectueux pour l'environnement</i>	<u>10</u>
<i>1-3 Préservation du patrimoine alpin en conformité avec une application concrète et optimale de la loi sur les énergies renouvelables</i>	<u>10</u>
<i>1-4 Avantages environnementaux</i>	<u>11</u>
1-4-1 Réduction des émissions de CO ₂	<u>11</u>
1-4-2 Stabilisation des terrains résultant de la fonte des glaciers	<u>12</u>
1-4-3 Valorisation des infrastructures existantes	<u>12</u>
<i>1-5 Respect du paysage alpin</i>	<u>12</u>
<i>1-6 Les technologies solaires suisses appliquées au domaine de l'agro-industrie (secteur grand consommateur d'énergie mais le moins visé par les acteurs du développement des énergies renouvelables !)</i>	<u>13</u>
<i>2- Projets SunAlpes - Commune des Diablerets: Unités agroalimentaires alimentées par une centrale solaire à cogénération</i>	<u>15</u>
<i>3- Projets SunAlpes – TPC (Transports Publics du Chablais)- Commune d'Ormont-Dessus: transport ferroviaire solaire alpin alimenté à l'aide d'une centrale solaire novatrice</i>	<u>18</u>
<i>3-1 Objectifs</i>	<u>18</u>
<i>3-2 Postulats technologiques de la nouvelle technologie de centrale TRIGENER</i>	<u>19</u>
<i>3-3 Divers critères de conception à considérer</i>	<u>20</u>
<i>3-4 Résumé de l'étude effectuée en collaboration avec les TPC et la commune d'Ormont-Dessus:</i>	<u>23</u>

Contexte:

Dans un contexte de crise énergétique mondiale annoncée, le besoin d'une gestion optimale des ressources naturelles va se faire sentir d'autant plus durement qu'il est mal compris ou sous-estimé. Cette crise va créer de multiples opportunités pour mettre en œuvre et développer des systèmes énergétiques alternatifs, principalement basés sur les énergies renouvelables. L'utilisation de l'énergie solaire constitue une chance pour revitaliser de manière durable certains secteurs de l'économie, notamment dans les cantons alpins. Il est toutefois à craindre que dans un contexte de crise énergétique tout et n'importe quoi surgisse de manière inadéquate. C'est pourquoi le cœur de l'activité de SunAlpes est de promouvoir et mettre en œuvre des approches novatrices en matière d'analyse et de conception de systèmes énergétiques: le DSM *demand side management*.

Cette approche, simple dans son esprit, est pourtant assez révolutionnaire dans le secteur des infrastructures énergétiques. Elle correspond en fait à un renversement d'attitude qui effectué correctement peut permettre de réellement faire face aux défis posés par la fin de l'ère des énergies fossiles pas chères. Ainsi, SunAlpes s'engage à orienter ses actions sur le terrain par une politique de labellisation énergétique construite sur des *analyses de cycle de vie* et d'optimisation *exergétiques*. Son effet sera de garantir des taux de couverture optimum en énergies renouvelables, compte tenu des incitations qu'offre le cadre institutionnel, des contraintes de production écologique et de l'exigence de rentabilité économique.

La mise en œuvre d'un tel programme requiert un suivi particulier des projets et des transferts de technologie, impliquant savoir et savoir faire. SunAlpes les place aussi au cœur de son activité et les envisage tant en Suisse que dans les pays émergents.

Dans ce contexte, SunAlpes est soutenu par l'OFEN (Office Fédéral de l'Energie) ainsi que par sa tutelle DETEC (Département de l'Environnement, Transport, Energie et Communication) qui, par le biais de son chef Monsieur Moritz Leuenberger, a reçu des encouragements et incitations à de tels transferts de technologies (Citation: selon la lettre de Monsieur le Président de la Confédération à SunAlpes du 8 mars 2006 disponible sur la page Events: *en vous souhaitant plein succès dans vos projets solaires, en particulier dans leur exportation vers les régions de la ceinture solaire de la Terre. M.L.* ; lire également interview du 9 février 2006 de Monsieur Urs Wolfer responsable de la filière solaire à l'OFEN Terre et Nature page 11, disponible sous revue de presse SunAlpes).

A ce jour, plusieurs entreprises privées de renommée mondiale ainsi que des institutions de recherche suisses et internationales, comme notre partenaire le CSEM, soutiennent SunAlpes et envisage de s'y joindre. Dans un premier temps la démarche SunAlpes sera de mettre en place, dans le cadre d'une fondation, d'un Fonds privé d'investissement destiné au développement d'une capacité R&D industrielle et au transfert de technologie vers les pays émergents. Les secteurs visés sont typiquement le tourisme, l'agro-industriel, l'agro-alimentaire et les transports. Dans cette phase de démarrage nos objectifs particuliers dans les secteurs de l'industrie, du tourisme et de l'agriculture sont :

- Mettre en œuvre d'abord dans les régions alpines suisses un développement durable qui soit en réelle adéquation avec l'ampleur de la crise énergétique qui se profile.
- Créer et entretenir des réseaux de compétences autour du label, renforcer la formation dans le domaine des énergies renouvelables.
- Développer et commercialiser les premiers produits et technologies sous le label Sunalpes, d'abord dans les régions alpines, puis à l'étranger, notamment dans les pays en voie de développement par des transferts de technologie.
- Gérer ces réalisations sur le terrain comme des vitrines technologique et économique sous forme d'un espace d'attractions didactiques autour de projets phares.

Parmi les projets on peut citer les suivants répartis selon deux groupes d'activités cohérentes :

- **Projet pilote agro-alimentaire d'Isenau avec réalisation immédiate:** Etude technique et réalisation du projet agro-alimentaire solaire d'Isenau (mini-centrale alpine à cogénération solaire): voir lettre de soutien de la commune en annexe ; voir également <http://www.sunalpes.ch/Revue%20de%20presse%20SunAlpes.pdf> page 5 et la SunAlpes News, <http://www.sunalpes.ch/SunAlpes%20news.pdf>
- **Promotion d'un projet d'envergure dans une perspective de réalisation en 2008:** Etude technique du projet d'une centrale alpine hydro-solaire thermodynamique alimentant un réseau labellisé (village Les Diablerets, Remontées, Enneigement mécanisé, Traction ASD/TPC) : voir note technique de projet présentée à l'attention de Monsieur le C. E. Marthaler ayant pour objet la centrale solaire SunAlpes et la pérennisation de l'ASD :<http://www.sunalpes.ch/Annexe%20STAMM%2006/Doc%20travail%20stamm%20mars%2006.pdf>

1- Pourquoi des centrales hydro-electro-thermo solaires dans les Alpes ?

Une réponse au pic pétrolier, à la fonte des glaciers et à la volonté du peuple suisse de s'impliquer davantage dans la démarche du développement durable en respectant le charme pérenne alpin.

1-1 Les centrales solaires dans le monde : situation actuelle et perspectives

Forts de plusieurs centaines de Mégawatts (MWe) construit en Californie (Projets SEGS vers les années 80 totalisant plus de 400 MWe, utilisant des concentrateurs à foyer linéaire cylindro-parabolique LS3), des projets Solar One (1982-1985) et Solar Two (1997-2000) et avec près de 2000 MWe en projet dans le monde, les concepts de centrales électro-thermo-solaires de deuxième génération émergent aujourd'hui, grâce notamment aux politiques incitatives qui se mettent en place dans quelques pays comme les USA, l'Espagne et l'Australie.



Photo 1-1-a : 5 centrales solaires à vapeur de type SEGS, de 30 MWe chacune, utilisant des concentrateurs paraboliques de type LS3 (SEGS 3-4 à Kramer Junction en Californie USA)
http://www.fplenergy.com/portfolio/contents/segs_viii.shtml

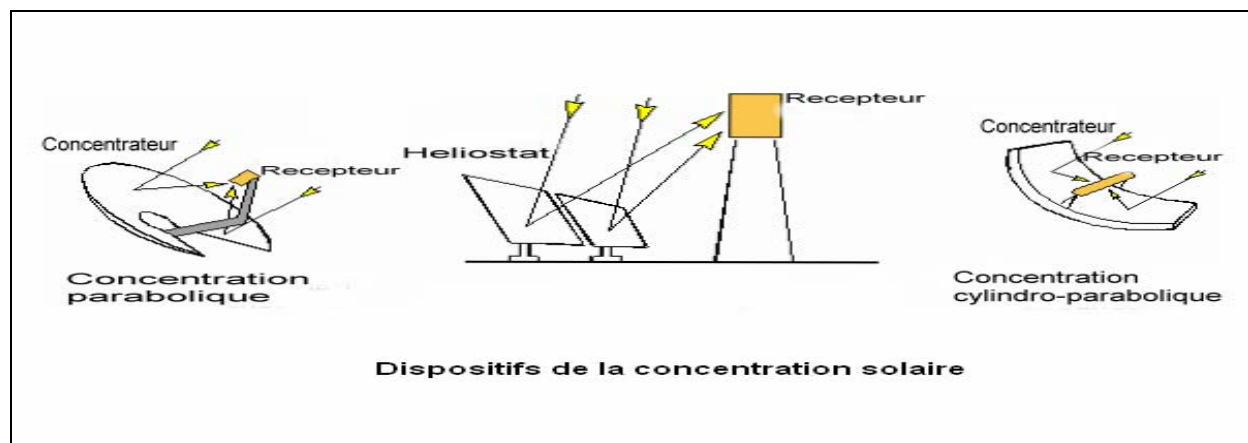




Photo 1-1-b: Concentrateurs cylindro-paraboliques de type LS3 à Kramer Junction, Californie

Quelques chiffres de performances techniques et économiques (réf CNRS), portant sur des technologies de concentration, ayant été prouvées dans le cadre de plusieurs projets à travers le monde, peuvent être donnés par le tableau suivant suivis de quelques photos relatives à des installations de référence:

	Efficacité thermique	Puissances des installations	Taux de concentration	Température de travail	Prix du champ solaire	Coût total d'investissement
Technologie de capteur solaire	%	MWth	soleils	°C	€/m ²	€/kWe
Cylindro-parabolique : LS3, CEP...etc.	70	80 à 300	60 à 400 soleils	270 à 450 (huile) ; jusqu'à 900 pour l'air	210 à 250	2800 à 3500
Héliostats/ Tour	73	10 à 100	700 à 1200 soleils	450 à 1000	140 à 220	3000 à 4000
Paraboloïde	75	1 à 100	6000 à 10000 soleils	600 à 1200	150 à 200	10000 à 14000

Tableau 1-1-a: Caractéristiques technico-économiques de certaines technologies solaires à concentration



Photo 1-1-c :

Le concentrateur solaire parabolique ponctuel de l'institut Paul Scherrer PSI, suit le soleil dans son mouvement apparent. Les rayons du soleil sont concentrés dans une région appelée « foyer ».



Photo 1-1-d:

Concentrateur parabolique ponctuel pointé vers le soleil avec un système Stirling dans son foyer, (Plataforma Solar de Almería - PSA) en Espagne



Photo 1-1-e:

Concentrateur solaire LS3, comme ceux utilisés dans les centrales SEGS en Californie (USA)

Echantillon testé à la PSA (Espagne)



Photo 1-1-f: champ d'héliostats, centrale Solar One, Barstow, Californie, USA

Pendant que le domaine PV continue à susciter de l'intérêt et connaît un développement à grande échelle, à cause de sa facilité d'implémentation et de financement (essentiellement en Europe : Allemagne, Suisse...etc.), les centrales électro-thermo-solaires, qui sont pourtant connues pour leur efficacité énergétique et coûts meilleurs, continuent à être planifiées grâce au succès des phases pilotes mais enregistrent un certain retard de réalisation.

En effet, depuis l'avènement du développement durable (Rio 92 ; causalité rejets CO2 et réchauffement...etc.), la communauté internationale d'experts s'investi à intégrer l'utilisation des combustibles fossiles (comme le gaz naturel) afin d'améliorer la viabilité des technologies de

centrales électro-thermo-solaires et apporter une réponse hybride à la problématique du changement climatique (utiliser le solaire comme appoint ainsi que les hydrocarbures mais en les brûlant de manière efficace comme appoint de base: cycles combinés TG/TV au lieu de simples chaudières...etc.). On s'éloigne donc, pour la première fois dans l'histoire des centrales solaires d'une configuration 100%, même si des combustibles comme le gaz naturel ont été utilisés à titre d'appoint d'énergie lors des démarrages d'installations.

Il s'agit des centrales ISCC (Integrated Solarised Combined Cycle) dont le consultant YA a été un des initiateurs en 1991 et a contribué aux diverses études scientifiques entre 1991 et 1997, en collaboration avec des organismes comme DDC, le DLR, l'IEA, ABB...etc.: voir l'article Y. Allani & al « CO₂ MITIGATION THROUGH THE USE OF ISCC » MIT Journal, Energy Conversion and Management, N°38 p 661-667, 1997 : <http://infoscience.epfl.ch/search.py?recid=53298&ln=en> voir également <http://infoscience.epfl.ch/search.py?recid=53298&ln=en>

Sur le plan institutionnel, les politiques incitatives pratiquées dans certains pays comme les USA, l'Espagne et l'Allemagne, en faveur des centrales électro-thermo-solaires (solaire ou solaire-combustible) et même photovoltaïques, ouvrent la voie à une grande pénétration des technologies solaires dans le marché de l'électricité.

Il s'agit d'un deuxième souffle (ou 2^{ème} génération) succédant aux grandes réalisations des centrales SEGS en Californie érigées vers les années 70 suite à la crise pétrolière et profitant d'un régime américain favorable aux énergies renouvelables. Plusieurs productions industrielles et structures de financement sont en cours d'organisation à travers le monde malgré le ralentissement manifeste de ce 2^{ème} souffle.

Certains projets comme ceux prévus dans les pays en développement et présentés dans le tableau ci-dessous sont soutenus par la Banque Mondiale à travers le programme GEF (Global Environmental Facility). Une vingtaine de projets de centrales 100% solaires ou hybrides (ISCC) sont actuellement planifiés et prévus à travers le monde en se basant essentiellement sur les technologies les plus prouvées comme SEGS (concentrateurs linéaires cylindro-paraboliques et les cycles à vapeur de Rankine) totalisant plus de 2000 MWe (voir tableau ci-dessous).

Localisation	Capacité (MWe)	Technologie de capteurs solaires	Remarques
USA, Californie	800	Stirling engine	(étape pilote 2 MWe en cours)
USA	1'000	Cylindro-parabolique (huile) SEGS	Système déjà prouvé
Espagne	515	Cylindro-parabolique (huile) SEGS	Système déjà prouvé
	15	Héliostats/tour/sels fondus	Système déjà prouvé
	50	Héliostats/tour/ air 1 atm	Pilote, Cycle à vapeur
Israël	100	Cylindro-parabolique (huile) SEGS	Système déjà prouvé
Afrique du Sud	100	Héliostats/tour/sels fondus	Système déjà prouvé
Egypte	30	Cylindro-parabolique SEGS (huile + ISCC)	Système déjà prouvé
Algérie	20	Cylindro-parabolique SEGS (huile + ISCC)	Système déjà prouvé
Maroc	20	Cylindro-parabolique SEGS (huile + ISCC)	Système déjà prouvé
Italie	20	Cylindro-parabolique (Sels fondus)	Système déjà prouvé
Allemagne	1	Héliostats/tour/ air 1 atm	Pilote, Cycle à vapeur
Région TREC	10'000	Electro-thermo-solaire (divers types), ISCC et SEGS	Voir ci-dessous § 1-7-1
Monde	> 5000	Photovoltaïque	Allemagne et USA...etc

Tableau 1-1-b: Projets de centrales électro-thermo-solaires planifiés et prévus à travers le monde

Il est évident que les technologies de centrales solaires de la troisième génération (celles high-tech basées à 100% sur un apport solaire comme énergie primaire «exemple : concept Trigenner du CSEM» ou celles permettant de convertir, grâce au solaire thermique, une forme d'énergie fossile polluante comme le charbon à une autre forme moins polluante comme le méthane ou l'H₂) ne sont pas encore à l'ordre du jour ni à l'étude dans l'optique d'une réalisation consécutive à court

Dr Y. Allani, SunAlpes, mai 2006, Pourquoi des centrales solaires dans les Alpes

terme. En effet, les 40 années d'investissement en R&D ont permis la réalisation concluante et l'amélioration de plusieurs centrales électro-thermo-solaires (SEGS, Solar 1 et 2 aux USA...etc) mais sans que celles-ci aient pu connaître sur le plan mondial le grand succès commercial escompté pour le début du 21^{ème} siècle. A quelques exceptions près, cet état de fait lie et conditionne les décideurs à ces anciennes technologies, et ce, par le simple fait qu'il est risqué et hasardeux de s'aventurer dans la réalisation de nouvelles centrales (plus high-tech) alors que les premières enregistrent des difficultés de dissimulation bien qu'elles soient testées à grande échelle. Les efforts de R&D, consentis dès les années 90, ont été plutôt orientés sur le développement de la filière photovoltaïque (ex : en Suisse, on se souviendra toujours de l'avènement Graetzel) qui a connu un certain essor mais qui stagne aujourd'hui.

Entre temps le PV a continué de séduire et d'attirer les financiers et occulte une certaine vision pragmatique du développement de l'énergie solaire thermodynamique (électro-thermo-solaire) à grande échelle de sorte à assurer les objectifs de couverture de la consommation mondiale par les énergies renouvelables, de l'ordre de 6 à 10% à l'horizon de 2030 et 15% à l'horizon de 2050 (selon l'IEA).

1-2 Les régions alpines : un choix judicieux et respectueux pour l'environnement

Malgré un faible ensoleillement par rapport aux sites très favorables de la SunBelt (ceinture solaire de la terre), les régions alpines bénéficient d'un taux d'ensoleillement annuel supérieur aux régions de plaine, d'une très faible nébulosité, et d'une faible température ambiante, ce qui représente les trois conditions sine qua non pour un **rendement thermodynamique optimal**. A titre indicatif, la sensibilité à la température ambiante du rendement d'un cycle de Carnot l'emporte sur celle des pertes thermiques d'un capteur solaire à concentration.

Les centrales hydro solaires permettront aux régions alpines de devenir **autonome** en matière d'énergie, ce qui réduira les transferts d'hydrocarbures et impliquera une redynamisation de ces régions en harmonie avec l'environnement. En effet, l'environnement des régions alpines bénéficiera de ces centrales solaires puisque le trafic (camions citernes sillonnant les Alpes) sera diminué en faveur de moyens plus écologiques et intégrés, impliquant une diminution des gaz à effet de serre et une amélioration du charme des villages alpins.

Les bilans écologiques des centrales alpines solaires sont certes bien plus avantageux que d'autres solutions envisagées telles que la pose de panneaux photovoltaïque sur les toitures des villages alpins ou l'approvisionnement en biocarburant générant des émissions de CO₂.

1-3 Préservation du patrimoine alpin en conformité avec une application concrète et optimale de la loi sur les énergies renouvelables

Les centrales hydro solaires alpines apportent des solutions concrètes à la loi¹ sur les énergies renouvelables et répondent à l'attente du peuple suisse. En effet, la Constitution promeut le développement durable et les énergies renouvelables (article 1^{er} de la constitution) et de nombreux cantons, VD, VS et autres, ont voté pour le développement et la promotion économique des énergies renouvelables. Ils se doivent d'intégrer des systèmes « intelligents » répondant aux besoins énergétiques de leur région tout en protégeant le patrimoine.

Le peuple suisse veut, à travers son vote, voire l'implantation de ces systèmes énergétiques et contribuer selon ses moyens et par sa propre initiative au développement durable. Ces systèmes doivent apporter des solutions concrètes au quotidien, afin de correspondre à la loi et d'assurer un avenir économique prospère. Le désir de participation du peuple n'est donc pas une raison suffisante pour laisser faire avec une certaine nonchalance des projets nuisant aux charmes et aux paysages des régions alpines. La pose de capteurs solaires sur les toits alpins n'est pas une solution intéressante en matière des écobilans de l'énergie grise, ni du rendement, et ni de la préservation du patrimoine bâti.

¹ Loi sur l'énergie (26 juin 1998) : Chapitre 1, article 1

Par ailleurs, l'utilisation de l'énergie solaire constitue tout de même une chance pour revitaliser de manière durable certains secteurs de l'économie, notamment dans les cantons alpins. Or, il est toutefois à craindre que dans un contexte de crise énergétique tout et n'importe quoi surgisse de manière inadéquate. C'est pourquoi, le cœur de l'activité de SunAlpes est de promouvoir et de mettre en œuvre des approches novatrices en matière d'analyse et de conception de systèmes énergétiques : le *demand side management DSM*.

Un réseau électrique labellisé alimenté par des centrales électro-solaires de 40% de rendement parfaitement intégré dans des zones dites² de *surfaces libres* et non affectées à des parcs naturels, sera comparable aux réseaux classiques tandis que des installations séparées représentent un rendement global inférieur à 10% sans compter le fait d'une insuffisance de toitures et de la fonte des neiges qui réduira le charme des villages alpins.

Les régions alpines pourront toujours participer activement au développement de l'énergie solaire, en introduisant des centrales hydro-thermo-électro solaires sur des sites non protégés, qui ne présentent cependant aucune gêne visuelle et environnementale. Le patrimoine sera ainsi protégé et l'utilisation d'énergies renouvelables optimisée³.

1-4 Avantages environnementaux

L'intégration de centrales hydro solaires alpines permettra de répondre à plusieurs problèmes d'actualité sans porter atteinte à l'environnement et au cachet de ses régions.

1-4-1 Réduction des émissions de CO₂

Au niveau de l'utilisation de l'énergie: Alimenter les régions alpines par des centrales hydro-solaires permettra de réduire le trafic routier (camions citernes, cars, véhicules...etc.) en faveur de systèmes plus intégrés (remontées mécaniques, train de village alpin...etc.) et de diminuer la défriche des forêts pour la production de biocarburant. Les centrales hydro-solaires permettront de substituer ces véhicules par l'utilisation et la revalorisation des chemins de fers⁴, et d'alimenter les remontées mécaniques par exemple. Ces dernières, contribueront concrètement aux accords de Kyoto. Mais la réduction de CO₂ sera assurée rien que par le simple choix de la filière, c'est-à-dire, indépendamment de la substitution Route-Rail ASD...etc.): voir tableau de CO₂ évité par l'ASD au §3.

Au niveau de la production d'énergie: Le tableau suivant montre le taux d'émission de CO₂ selon les filières de production d'électricité (inclus la production des matières premières « Energie grise », la construction et les combustibles directs ou d'appoint (Source CNRS, France)).

Filière	Charbon	Gaz Naturel- Cycle combiné (Gaz-Vapeur)	Photovoltaïque	Solaire thermique	Nucléaire	Hydraulique
Kg CO ₂ / MWhe	900	400	100	< 20 <i>Soit 10 pour la centrale Trigener de SunAlpes</i>	6 à plus	4

Tableau 1-4-a: Emission de CO₂ selon les filières de production électriques

² Discours de M. François Marthaler, Conseiller d'Etat en date du 31 mai 2005

³ Solution répondant aux hypothèses A et B du discours de M. Marthaler le 31.05.2005.

⁴ Projet de l'ASD



Comme montrée dans le tableau ci-dessus, la technologie de capteur solaire CEP (figure ci-dessus) développée par SunAlpes permet de réduire considérablement le contenu énergétique de fabrication « énergie grise » grâce à une optimisation technico-économique qui tient compte de critères environnementaux.

1-4-2 Stabilisation des terrains résultant de la fonte des glaciers

L'intégration de centrales hydro solaires dans les milieux alpins permettra de stabiliser des terrains, d'éviter l'érosion et la désertification en agissant en tant que brises vent mécaniques sur les terrains exposés aux conséquences du réchauffement climatique⁵.

1-4-3 Valorisation des infrastructures existantes

Des infrastructures existantes, tel que les paravalanches faisant partie intégrante des paysages alpins, pourraient être valorisés par l'intégration de capteurs solaires. Le paysage ne serait nullement affecté et les paravalanches revêtiront un esthétisme agréable et particulier aux technologies solaires (reflet du ciel dans les miroirs). Une expérience d'intégration de capteurs solaires sur des paravalanches fut conduite en 1994 aux Diablerets, et a donné des résultats très prometteurs au niveau technologique et sociologique.

1-5 Respect du paysage alpin

La configuration des territoires alpins bénéficie de lieux enclavés qui ne sont par ailleurs point visibles par avion. Ces enclaves permettent ainsi de contenir des centrales hydro solaires qui ne compromettront pas le charme et l'aspect visuel des paysages alpins à l'inverse des panneaux solaires sur les toitures des villages alpins. Actuellement, de larges infrastructures tels que des barrages (pompage-turbinage) font partie intégrante des paysages alpins, permettant ainsi l'obtention de réseaux électriques écologiques. *De ce fait, ne pourrions-nous pas introduire des centrales hydro solaires dans de tels lieux enclavés qui comme les barrages n'affecteraient point les charmes des stations alpines ?*

Sur le plan paysagiste, le projet tend à donner l'image d'une région à vocation environnementale axée sur l'utilisation des énergies renouvelables en dehors des applications traditionnelles. Cet effet positif sur la nature et l'environnement est accompagné par les avantages suivants:

⁵ Disparition des glaciers et recul du permafrost

- Pas d'impact visuel négatif. Au contraire, le système reflétera la couleur du ciel quelque soit l'angle de vue, (photo ci-dessous à l'appui)
- Pas d'effet d'éblouissement des engins volants (avions...etc.) et des skieurs par les rayons solaires,
- Pas d'obstacle empêchant la visibilité des ouvrages existants environnants ou autres.



Photo 1-5-a: Intégration du CEP dans le milieu alpin

Nous finirons par citer le discours de M. François Marthaler, Conseiller d'Etat et Chef du Département des Infrastructures du 31 mai 2005: « N'en reste pas moins – et ce sera ma conclusion – qu'il demeure aujourd'hui encore des surfaces colossales où l'intégration de capteurs ne pose aucune difficulté : zones industrielles, toitures plates, bordures de routes...etc. Des aires formidables ouvertes à la colonisation et sans qu'il soit besoin d'être un aventurier du far west ou un risque-tout. Dès lors, sans remettre en cause l'objectif très louable de veiller à une bonne intégration de ces installations solaires dans les zones «protégées», je plaide avec force pour qu'on exploite en première priorité ces surfaces libres et qu'on y mette les moyens. Avant que survienne, demain ou après-demain, le scénario du peak oil ! »

1-6 Les technologies solaires suisses appliquées au domaine de l'agro-industrie (secteur grand consommateur d'énergie mais le moins visé par les acteurs du développement des énergies renouvelables !)

La fin de l'ère de l'énergie pas chère et abondante, est un constat. Le baril de pétrole est destiné à se maintenir durablement à plus de US \$ 65. Cette flambée des prix a une origine naturelle: l'épuisement des réserves d'énergie fossile au niveau mondial. Et ce n'est pas quelques progrès en technologie d'extraction des hydrocarbures qui vont changer la donne, ce fait est largement reconnu. La conséquence n'est pas nouvelle, mais elle est d'une actualité brûlante et donc relayée tant bien que mal par toutes sortes de médias : la production d'énergie à partir de ressources naturelles fossiles ne parvient plus à satisfaire la demande mondiale d'énergie en pleine croissance. Les citoyens ont aussi du mal à consommer des produits alimentaires tout en sachant l'énorme teneur d'énergie fossile contenue en leur sein. Ce n'est donc plus l'électricité verte qui est recherchée dans les ménages, mais aussi des aliments transformés de manière écologique par l'énergie propre (solaire...etc.). Considérant les grandes quantités de matières végétales transformées annuellement dans le monde, nul ne doute donc de l'impact sur le bilan énergétique mondial, et ce, malgré l'omission des experts de ce type d'approche par rapport à de tels bilans.



Photo 1-6-a: Le CEP (Concentrateur Solaire Extra-Plat), élément clé de la cogénération solaire promue par – SunAlpes avec le soutien de l’OFEN).

Le CEP a été démonté du site de l’EPFL et transféré aux Diablerets dans le cadre d’un projet pilote (pasteurisation du lait). Il a été jugé par l’OFEN comme étant le meilleur concentrateur extra-plat par rapport aux autres dans le monde comme celui de Solarmundo...etc.). L’OFEN a soutenu une étude pour un projet en Australie.

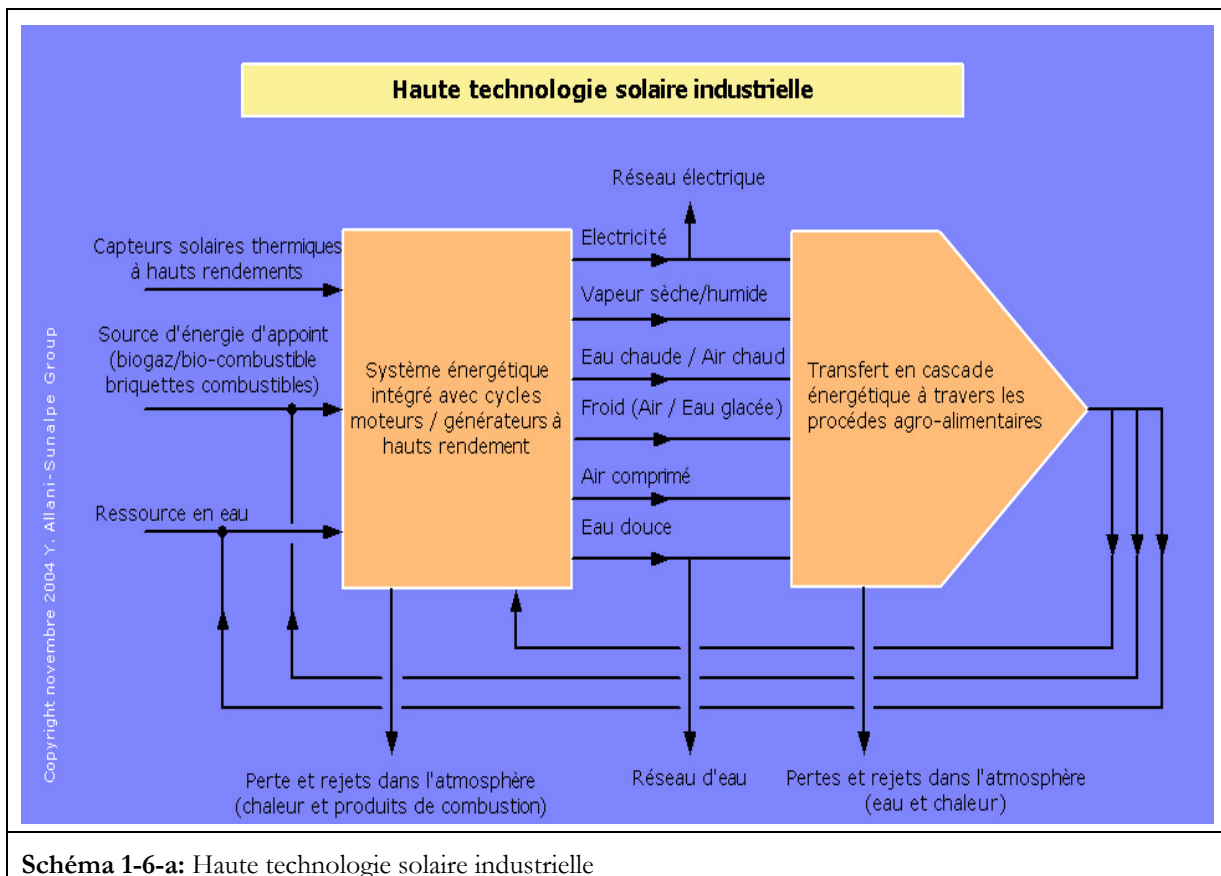
Le choix trop longtemps proposé entre une société plus écologique et une autre plus polluante n'existe plus. La fin de l'ère de l'énergie fossile pas chère et abondante est une contrainte naturelle, objective, indépendante des sensibilités, des programmes politiques ou des théories économiques. Cette échéance suscite un nombre croissant de commentaires dont une grande partie donne dans le catastrophisme.

Cette échéance doit au minimum mobiliser les meilleurs esprits sur la recherche de solutions locales, réalistes et radicalement innovantes mais avec un impact global. Voilà de quoi reconsidérer le déploiement des énergies renouvelables sous un jour entièrement nouveau et cela dans presque tous les secteurs économiques et particulièrement dans les rapports Nord-Sud.

C'est dans ce contexte global que la jeune fondation suisse SunAlpes entend montrer qu'à l'instar des efforts consentis pour la production d'une « électricité verte des ménages », il est possible de développer une nouvelle dynamique à la fois économique et environnementale grâce à une utilisation variée et innovante de l'énergie solaire en particulier dans le domaine de l'agro-alimentaire (exemple : un projet pilote est en cours avec les laitiers des Diablerets⁹)

Dans ce contexte, force est de pouvoir constater que le processus d'adhésion au développement durable dans le secteur agro-alimentaire est lent. Les entreprises multinationales présentes dans les pays en développement (connus pour leur fort ensoleillement) ne vont pas encourager forcément l'accélération des mutations industrielles favorables aux énergies renouvelables dont principalement le solaire.

Les pratiques de valorisation de la production végétale vont de la défriche des sols, et ce, en utilisant les racines des plantes comme bois de feu (exemple type de l'extraction des huiles essentielles du romarin par distillation thermique), jusqu'à l'utilisation des huiles usées de moteur comme source d'énergie pour sécher les mangues ou les ananas contenus dans les friandises les plus recherchées. Cela crée à grande échelle un déséquilibre environnemental dans la mesure où on détériore la biomasse, on prive le sol de ses sédiments et on favorise l'érosion, la déforestation et la désertification.



De plus, l'état de l'atmosphère devient intolérable pour les populations artisanes qui sont à l'œuvre de ces pratiques sauvages. L'auteur de ce rapport a assisté personnellement, en quinze ans et de manière croissante, à des scènes comme le brûlage des pneus usés, des racines de plantes et des huiles usées de moteur pour sécher le piment, les mangues ou distiller du romarin. Une approche conceptuelle consiste aussi, grâce à un nouveau label de qualité suisse "SunAlpes", à contenir le surcoût des installations solaires high-tech dans des processus de transformation à haute valeur ajoutée comme les applications agro-industrielles et agro-alimentaires.

Mais la mise en œuvre de ces technologies passe tout d'abord par une remise en question au niveau de la conception de composants et de systèmes énergétiques solaires intégrés. Après un examen minutieux lié à la problématique des composants et systèmes solaires actuels, plusieurs solutions seront proposées et développées avec une approche méthodologique globale valable pour la plupart des problèmes liés à l'aménagement de ce type de technologies.

Le but est de maximiser les performances énergétiques des composants et systèmes, réduire l'impact sur l'environnement et minimiser les surcoûts induits par l'utilisation du solaire. Le principe est d'utiliser les technologies solaires à concentration existantes avec la possibilité d'utiliser comme appoint les CRW (Combustible Renewables and Waste) issus de l'agriculture. Une expérience pilote menée par SunAlpes est en cours aux Diablerets (production de lait et fromage...etc.).

2- Projets SunAlpes - Commune des Diablerets: Unités agroalimentaires alimentées par une centrale solaire à cogénération

En mars 2005, la commune d'Ormont-Dessus (Les Diablerets) a donné son accord de principe à la Fondation SunAlpes pour mener une étude sur la réalisation d'un espace labellisé. Sur le plan suisse et international, cet espace labellisé sera le premier pôle d'attraction de ce genre. Le projet prévoit l'exploitation, voire la réhabilitation de certaines infrastructures, et offrira un approvisionnement alimenté à 100% par les énergies renouvelables.

Cet espace stimulera une approche participative des utilisateurs, particuliers, collectivités ou entreprises, car il les associe dans l'analyse socio-économique des filières énergétiques régionales et dans leur mise en œuvre.

Suite à une première phase d'étude menée en collaboration avec l'IFCAM, SunAlpes a d'ores et déjà planifié, en collaboration avec la Commune d'Ormont-Dessus, la réalisation d'un premier projet pilote sur le site d'Isenau (Les Diablerets). Il doit être opérationnel en hiver 2006 puis testé jusqu'à novembre 2007, date prévue pour son inauguration. L'idée est de tester la faisabilité d'un tel espace en exploitant une installation pilote à une échelle modeste avant d'engager des investissements importants qui a été soutenue par le Conseiller d'Etat Marthaler.

Techniquement, la partie énergétique sera constituée d'un concentrateur solaire extra-plat de type CEP3, d'une surface de 100 m². Il sera disposé selon une ligne de 45 mètres, qui longera le site de départ de la piste de ski d'Isenau.

Le CEP produira de la chaleur industrielle utile aux unités agro-alimentaires à installer (60 kWth en pic et 50 kWth dès 200°C sous un ensoleillement 800 W/m²). Le pivotement du concentrateur est assuré sur axe horizontal Est-Ouest dans le but de suivre le soleil dans son mouvement apparent.

La technologie CEP a été développée industriellement par Cogener et installée en 1999 sur le site de l'EPFL dans le cadre d'une centrale electro-thermo-solaire qui a produit une puissance de 12 kW électrique en novembre 2000.

L'installation a été transférée à SunAlpes selon un accord de l'OFEN "Office Fédéral de l'Energie" qui soutien le projet depuis ses débuts. L'installation a été démantelée (septembre 2005) du site de l'EPFL en vue d'un transfert aux Diablerets. Pour la note historique, il faut noter que les premiers tests du CEP par rapport à l'enneigement ont été conduits aux Diablerets entre 1994 et 1995 en utilisant un premier prototype CEP2.

Plusieurs améliorations technologiques seront introduites sur le CEP3, comme par exemple l'utilisation de matériaux à changement de phase "PCM" (en collaboration avec le CSEM-UAE) permettant d'assurer un stockage de haute autonomie, non encombrant et déjà prouvé comme efficace.

Sur le plan institutionnel, le Canton de Vaud, à travers le SELT (Service de l'Economie, du Logement et du Tourisme) soutient la démarche de SunAlpes dans le cadre de ce projet. Le CSEM (Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique - Neuchâtel) et la BAS (Banque Alternative Suisse - Lausanne) ont exprimé leur intérêt au projet et ont requis un Business Plan avant d'envisager son cofinancement. Un financement avec CSEM a été envisagé (voir tableaux).

D'autres organismes technologiques et financiers sont intéressés par un tel concept. Dans contexte une visite par le CEA (Commissariat à l'Energie Atomique) et INES (Institut National de l'Energie Solaire) (France) a été effectuée aux Diablerets.



Photo 2-a: Procédé agro-alimentaire laitier gros consommateur de valeur (upérisation...etc.)



Photo 2-b: Le CEP véritable source de vapeur écologique adaptée à la plus part des besoins agro-alimentaires.

Une industrie régionale comme la Saline de Bex participera au lancement de SunAlpes en mettant à disposition 25'000 litres de saumure par année. Celle-ci sera montée à la centrale, et le sel qui en sera extrait sera utilisé pour fabriquer les premiers gros sel à l'ancienne et sels de bain solaires des Diablerets.

Les activités agricoles et agro-alimentaires constituent, avec le tourisme, les piliers de l'économie dans les régions alpines. Qu'il s'agisse d'un alpage, d'une usine de fromage ou de valorisation industrialisée des produits du terroir alpin, le pétrole continue à alimenter la plupart des systèmes énergétiques y compris le transport routier des produits et matières premières agroalimentaires.

Les produits qui seront valorisés par l'unité agro-alimentaire d'Isenau sont disponibles localement et sont comme suit:

- Lait (UHT, pasteurisé et homogénéisé)
- Saumure (Sels)
- Baies des bois (sirops de base)
- Plantes aromatiques (huiles essentielles)

Sur le plan environnemental, le projet tend à donner l'image d'une région à vocation environnementale axée sur l'utilisation des énergies renouvelables en dehors des applications traditionnelles. Cet effet positif sur la nature et l'environnement est accompagné par les avantages décrits sous le chapitre 1 (« pourquoi des centrales solaires dans les alpes »).

Au niveau logistique, il est prévu que l'accès à l'espace SunAlpes soit facilité à partir de novembre 2007, dès la phase pilote donc, par la mise en œuvre d'un système de transport écologique labellisé SunAlpes, disponible en tout temps, grâce à un système énergétique de valorisation intégrée des ressources et des infrastructures : réseau électrique labellisé et pompage-turbinage.

3- Projets SunAlpes – TPC (Transports Publics du Chablais)- Commune d'Ormont-Dessus: transport ferroviaire solaire alpin alimenté à l'aide d'une centrale solaire novatrice

3-1 Objectifs

La réalisation d'un projet de transport ferroviaire écologique ne peut que contribuer à l'essor économique et touristique de la région du Chablais vaudois, consolider ses diverses vocations notamment alpines, et pérenniser certaines entités privées et publiques comme l'ASD (Aigle Sepey-Diablerets). Il faut se rappeler qu'un fort subventionnement des énergies pétrolières a permis de forger la compétitivité qu'on leur connaît actuellement. L'avenir du pétrole est très incertain. Il est possible que très prochainement des prix stratosphériques du baril de brut rendent toute énergie renouvelable compétitive, ou paralyse tout investissement.

Or on sait que dans les questions d'infrastructure, le marché est myope ou réagit à la hâte, fébrilement, bref, il demande à être orienté. S'agissant ici d'un projet où l'unité de temps est de l'ordre de la décennie, il est alors grand temps de donner un signal politique fort et visionnaire, signifiant la transition vers d'autre paradigme énergétique.

Aussi, le choix de la ligne ASD comme projet pilote revêt quatre aspects complémentaires et déterminants:

- Offrir un moyen de transport écologique et d'accès préférentiel à l'espace labélisé de SunAlpes aux Diablerets (voir coopération SunAlpes-Commune d'Ormont-Dessus)
- Proposer une alternative suffisamment attractive en terme de fiabilité et de coût aux utilisateurs de la route en faveur de l'ASD, comme réponse à long terme à la problématique de l'envol des prix du pétrole ou de possibles ruptures d'approvisionnement.
- Relancer la ligne ASD par une innovation majeure et fortement symbolique (rappelons nous de la ligne du Jungfraujoch à travers l'Eiger).
- Relancer l'idée d'une ligne Aigle-Gstaad (comité nouvel ASD).



En août 2005, le projet a fait l'objet d'une lettre de soutien de la part du Conseiller d'Etat F. Marthaler chargé des Infrastructures. En complément à l'accord de principe convenu entre SunAlpes et la Commune d'Ormont-Dessus, la Fondation SunAlpes et les TPC ont signé en mai 2005 un accord de partenariat stratégique dans le cadre de la promotion de l'Espace SunAlpes.

De son côté, l'entreprise TPC est particulièrement intéressée par le concept de labellisation d'une fourniture électrique solaire pour son chemin de fer ASD, ainsi que par la perspective de développement commercial de sa ligne ferroviaire, en accueillant à terme les visiteurs de l'Espace projeté.

Photo 3-1-a: Train ASD (Aigle Sépey Les Diablerets)

Le système de transport écologique sera alimenté à partir d'une centrale énergétique solaire baptisée TRIGENER (cycle combiné air chaud-vapeur et cogénération) et d'un réseau électrique labélisé.

Les deux parties ont convenu de mener entre mai 2005 et avril 2006 une phase d'étude pilotée par la filière d'ingénierie de SunAlpes. Il s'agit en particulier de:

- Déterminer les variantes techniques du projet et en choisir une pour la réalisation (tant pour la partie production d'énergie que pour celle de transport),
- Estimer, selon divers scénarios de tarification (titres de transport et énergie), le nombre d'usagers induits par la mise en place de l'Espace SunAlpes et évaluer l'impact sur la trésorerie des deux parties,
- Coordonner les concertations avec les autorités régionales cantonales et obtenir leur accord, en particulier, à propos des infrastructures de stockage par pompage-turbinage...etc.
- Négocier avec certains acteurs économiques locaux les divers aspects de partenariat de transport,
- Appuyer SunAlpes sur un plan administratif et vu la vocation public du projet, bien qu'à caractère privé, et ce, afin de mobiliser les fonds d'investissement et de sponsoring requis pour la réalisation de son projet.

3-2 Postulats technologiques de la nouvelle technologie de centrale TRIGENER

Techniquement, la centrale TRIGENER utilise le solaire thermique (en cascade énergétique haute, moyenne et basse températures) comme source d'énergie primaire, d'une part, et emploie des cycles thermodynamiques prouvés avec la possibilité d'inclure un nouveau procédé permettant à la centrale d'atteindre une efficacité électrique instantanée de l'ordre de 40% au pic d'ensoleillement « combinaisons optimales de cycles thermodynamiques de type combiné gaz-vapeur et un système thermo photovoltaïque de nouvelle génération », d'autre part.

Cet ordre de grandeur de rendement est à démystifier. En effet, un projet constitué d'un ensemble de concentrateurs solaires ponctuels appliqués à un « Stirling engine », totalisant 800 MWe, assure un rendement global 35% est en cours de construction aux USA avec une étape pilote de quelques MWe. Ce grand projet vient inscrire les USA dans une nouvelle ère du renouvelable après celle des SEGS (8 centrales totalisant 400 MWe en Californie avec 25% de rendement électrique, construites au milieu des années 70 juste après la crise pétrolière de 1973).

Dans l'hypothèse d'une installation alpine, où la surface est à minimiser impérativement, le recours à ce genre de chiffre (40% en pic et 30% en moyenne) conforte l'idée de ne pas se baser sur le photovoltaïque comme technologie solaire à adopter éventuellement pour le concept TRIGENER (car 11% en moyenne, 15% en pic avec 20% dans le meilleur des cas, et ce en escomptant les avancées technologiques en cours annoncées dans le domaine *photovoltaïque*).

Par ailleurs, dans l'hypothèse d'un réseau électrique labellisé et autonome, le recours à un système de stockage par pompage-turbinage (du fait des très faibles pertes par évaporation des lacs et barrages alpins) est nettement plus avantageux (techniquement et économiquement) qu'un système de stockage dans des batteries chimiques ou même sous forme d'hydrogène sous pression (compte tenu rappelons-le du cycle électrolyse-compression-transfert-conversion par Fuel Cell et son influence sur l'énergie grise d'exploitation).

Certains nanomatériaux, points forts du CSEM, et le recours à des technologies de captage solaire à concentration poursuivant le soleil, comme ceux de SunAlpes (soutenus par l'OFEN), rendent possible l'obtention de tels rendements électriques solaires de 40% en pointe.

Outre l'aspect haute efficacité énergétique, l'aspect économique des matériaux employés dans les nouveaux procédés TRIGENER rend le concept plus avantageux par rapport au photovoltaïque dont les ressources en Gallium et Silicium se raréfient, mis à part l'aspect énergie grise et écobilan.

Par ailleurs, il est prévu à des fins de réglage opérationnel lors des passages nuageux, le stockage de la chaleur solaire dans des matériaux à changement de phase « PCM », nouveauté CSEM-UEA en cours de développement. Afin de diversifier l'aspect pilote et démonstrateur du projet, le stockage d'agents nobles comme l'hydrogène sous pression pourrait être envisagé, éventuellement à titre pilote, pour certains bus des TPC.

La centrale TRIGENER produira de l'énergie, mais recevra éventuellement des utilités autoproduites excédentaires et des divers produits de la biomasse comme l'excédent de bois dans la région d'Ormont-Dessus. En cas de partenariat avec la Romande Energie (discussions en cours), d'autres infrastructures comme le lac d'Arnon et la turbine labellisée du Pont de la Tine, seront intégrées.

En réalité la gestion de TRIGENER sera guidée non seulement par les besoins énergétiques de l'ASD, mais aussi par ceux des remontées mécaniques et des bâtiments (résidentiel et tertiaire) dans la région couverte par le réseau labellisé, tout en restant en adéquation par rapport à la disponibilité du gisement solaire et le contenu des lacs de retenue associés. Cela montre la nécessité d'un couplage entre une gestion par la demande et celle par l'offre DSM/SSM (Demand Side Management et Supplier Side Management). Des études effectuées par SunAlpes montrent par exemple que pour la région des Diablerets, en maintenant la consommation énergétique globale annuelle constante, il est possible de réduire la puissance de pointe au moins d'un facteur deux.

3-3 Divers critères de conception à considérer

Plusieurs critères de choix de composants et systèmes énergétique associés à TRIGENER interviennent dans notre analyse conceptuelle.

a- Critères économiques et technico-économiques

- Coût de production comparable à celui de l'énergie verte ou à celui du conventionnel mais en intégrant les coûts de CO₂ évités et les subventions d'équilibre (de type centime climatique...etc.).
- Analyse de la valeur dégradable (chaînes et boucles d'entropie) et optimisation des cycles de vie (life cycle...etc.).
- Systèmes favorisant l'écologie industrielle (intégration de plusieurs activités)
- Technologies permettant la production de biens à hautes valeurs ajoutées (électricité labellisée) de sorte à contenir les surcoûts inhérents à l'utilisation de ressources renouvelables et à au moins maintenir les coûts de maintenance et d'exploitation même en cas d'augmentation du nombre de voyageurs.
- Faible emprise aux sols normalement valorisables par l'élevage (alpages, pâturage...etc.) et même en tenant compte du fait que l'énergie soit un facteur de production économique.
- Existence d'autres clients que l'ASD dans le cadre du réseau labellisé.

b- Critères technologiques et environnementaux

- Technologies et systèmes énergétiques autonomes destinés au captage et à la conversion de l'énergie solaire pour la production de l'énergie et/ou de l'eau de manière compétitive, et ce, dans une logique de « peak oil » en intégrant le coût de CO₂ évité. (Ressource utilisant des technologies (composants et systèmes) non polluantes sans aucune émission de CO₂, NOX...etc.)
- Haute efficacité énergétique des composants et des systèmes mis en jeux avec faisabilité et grande fiabilité technique.
- Possibilités ouvrant la voie à l'intégration en cascade des activités agricoles, industrielles par cogénération et trigénération.
- Faibles contenus énergétiques de fabrication (énergie grise des matériaux et composants mis en œuvre).
- Commandabilité intelligente des systèmes (ingénierie et automatique modernes...etc.)
- Systèmes de stockage et de régulation énergétique active, innovants, de très hautes performances (céramique, PCM...etc.).
- Forte capacité d'adaptation (auto-conversion) solaire/bois ou biocarburant de secours extrême (hybridation possible en cas de rupture du gisement solaire : dégradation de la météo de manière exceptionnelle dans le temps).

- Puissance maximale de la centrale, inférieure à celle de pointe de l'ASD du fait de l'existence de lacs de retenue (pompage-turbinage)
- Disponibilité d'autres centrales labellisées dans la région comme le pont de la Tine appartenant à Romande Energie
- Disponibilité d'infrastructures existantes comme le lac de retenue d'Arnon actuellement géré par Romande Energie

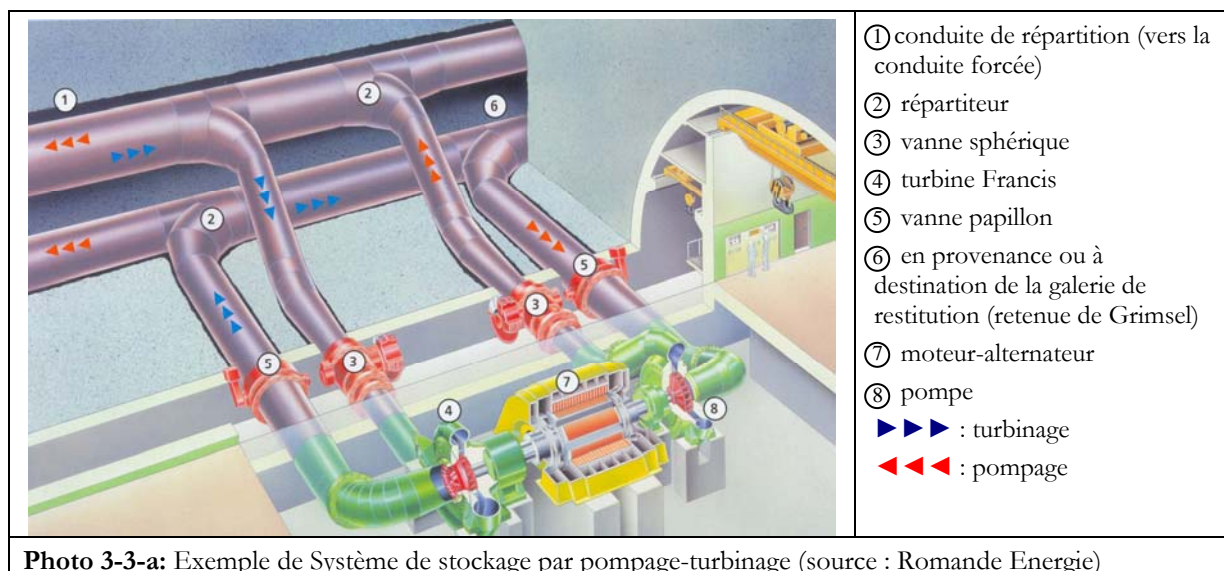


Photo 3-3-a: Exemple de Système de stockage par pompage-turbinage (source : Romande Energie)

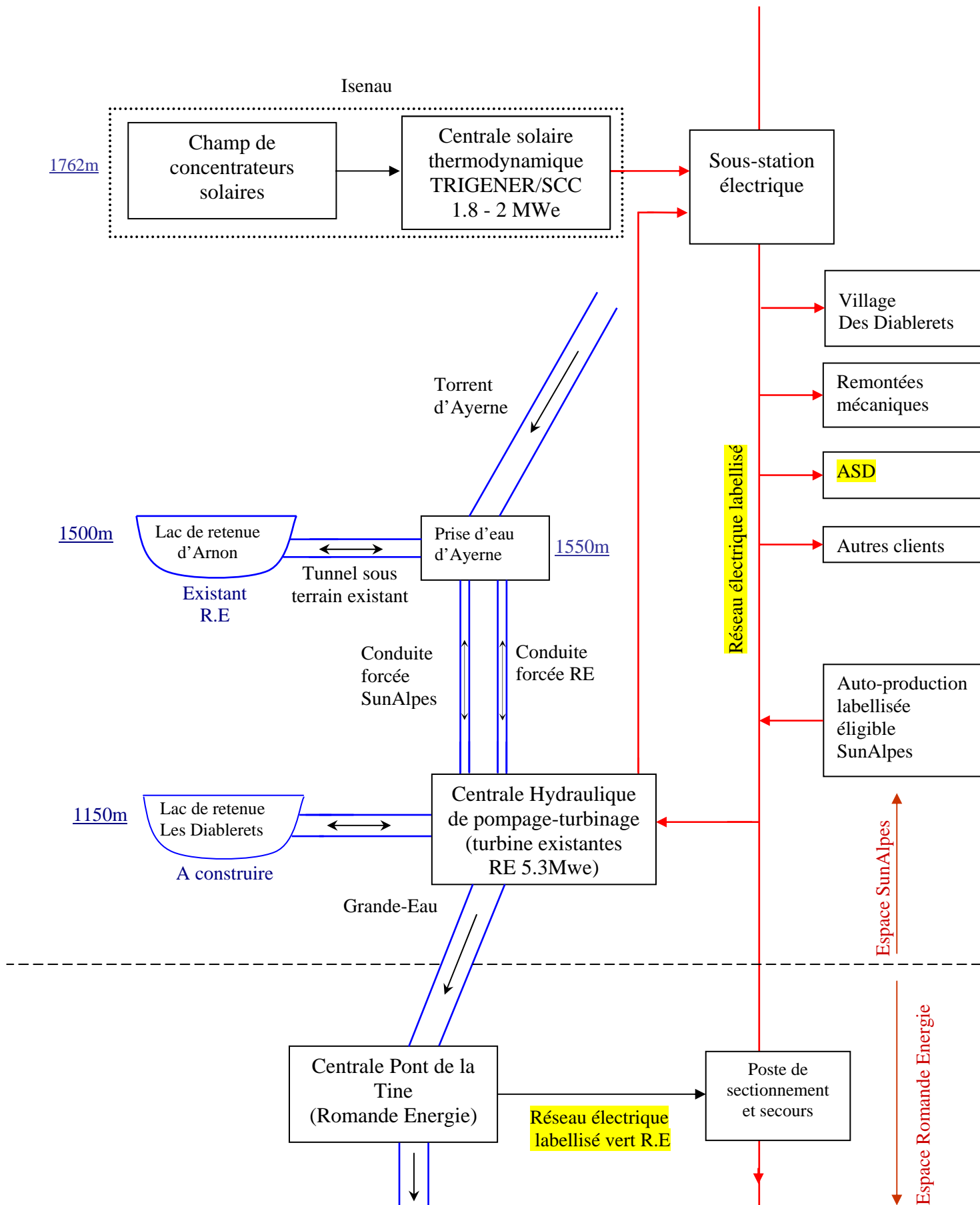
c- Critères socio-économiques et de développement

- Valorisation maximale des ressources locales (Espaces environnants) qu'elles soient naturelles (bois, biocarburant) ou sous forme de rejets (biométhane...etc.)
- Potentiel de transférabilité et de dissémination de la technologie dans les autres régions alpines et de sa valorisation dans d'autres applications.
- Potentiel d'emploi de jeunes et de distribution du travail au niveau de toutes les couches sociales (ouvriers, ingénieurs conseil...etc.).
- Activités annexes ou directes pouvant générer des revenus de type cash machine pour les divers acteurs locaux et régionaux.

Concept TRIGENER de production énergétique solaire et de région autonome en énergie électrique labellisée SunAlpes

SunAlpes © Y.Allani novembre 2005

(cas 100% solaire ; l'Hydraulique d'appoint à pertes près de stockage par pompage-turbinage)



3-4 Résumé de l'étude effectuée en collaboration avec les TPC et la commune d'Ormont-Dessus:

Il est utile de rappeler que lors de la séance du 31.01.2005, Monsieur le CE Marthaler a demandé aux TPC d'améliorer la part de marché de la ligne ferroviaire d'un facteur 4, c'est-à-dire de passer de 5% à 20%. L'échéancier prévisionnel d'augmentation du nombre de passagers annuel selon plusieurs hypothèses cumulatives, selon SunAlpes, est le suivant (à ne pas confondre avec l'échéancier propre au TPC) :

Hypothèses	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
		Réalisation pilote Isenau		Réalisation centrale SunAlpes				
H0	205'000	205'000	205'000	205'000	205'000	205'000	205'000	205'000
H1		50'000	75'000	75'000	75'000	100'000	100'000	100'000
Cumul si H0 à H1	205'000	255'000	280'000	280'000	280'000	305'000	305'000	305'000
H2		50'000	50'000	75'000	75'000	100'000	100'000	150'000
H3		50'000	100'000	150'000	200'000	250'000	300'000	350'000
Cumul si H0 à H3	205'000	355'000	430'000	505'000	555'000	655'000	705'000	805'000
H4				50'000	50'000	100'000	150'000	150'000
H5					50'000	100'000	150'000	150'000
Cumul si H0 à H5	205'000	355'000	430'000	555'000	655'000	855'000	1'005'000	1'105'000

Tableau 3-4-a: hypothèses prévisionnelles sur l'augmentation du nombre de passagers de l'ASD

Hypothèses d'évolution commerciale	Paramètres explicatifs	Augmentation de passagers ASD due à l'hypothèse de promotion	Cumul visiteurs par rapport à la situation actuelle.	Total (ASD + Route)	% ASD / (ASD + Route) futur	% : ASD / (ASD + Route) actuel
H0	Nombre actuel (référence 2005)	0	205'000	4'100'000	5.00 %	5.00 %
H1	Nombre d'usagers de la route dissuadés par le prix des carburants,	100'000	305'000	4'100'000	7.44 %	7.44 %
H2	Usagers divers attirés par la relance de certaines activités dans la région des Diablerets à Gstaad	150'000	455'000	4'250'000	10.70 %	11.10 %
H3	Usagers divers attirés par l'Espace SunAlpes aux Diablerets et la nouveauté du train écologique solaire.	350'000	805'000 (Hypothèse M. C.E Marthaler)	4'600'000	17.50 %	19.63 %
H4	Usagers divers attirés par les avantages commerciaux accordés par SunAlpes et TPC	150'000	955'000	4'750'000	20.10 %	23.30 %
H5	Usagers attirés par les autres types d'amélioration (réduction durée de trajets) préconisés par la perspective de SunAlpes	150'000	1'105'000	4'900'000	22.55 %	26.95%

Tableau 3-4-b : hypothèses prévisionnelles et évolution des parts Route-Rail à propos de l'augmentation du nombre de passagers de l'ASD

Dans le tableau ci-dessus, à l'exception des hypothèses H0 et H1 (*simple transfert par substitution sans augmenter les charges d'exploitation ASD notamment en terme de consommation d'énergie*), les pourcentages indiqués tiennent compte de l'augmentation du nombre global de visiteurs annuels de la région par rapport à la situation actuelle.

L'ASD est actuellement un moyen de transport écologique puisque sa part de rejet de CO₂ est de seulement 1% par rapport au trafic routier de la région. Ce pourcentage est dû, d'une part, à la faible quantité de voyageurs empruntant le train par rapport à la route, et d'autre part, à l'approvisionnement en énergie mix de RE. Par conséquent, l'ASD a le pouvoir de contribuer à la réduction des émissions à effet de serre, en absorbant un taux de passagers supplémentaires provenant de la route. Cette contribution a été quantifiée pour autant que l'ASD s'approvisionne en énergie solaire SunAlpes.

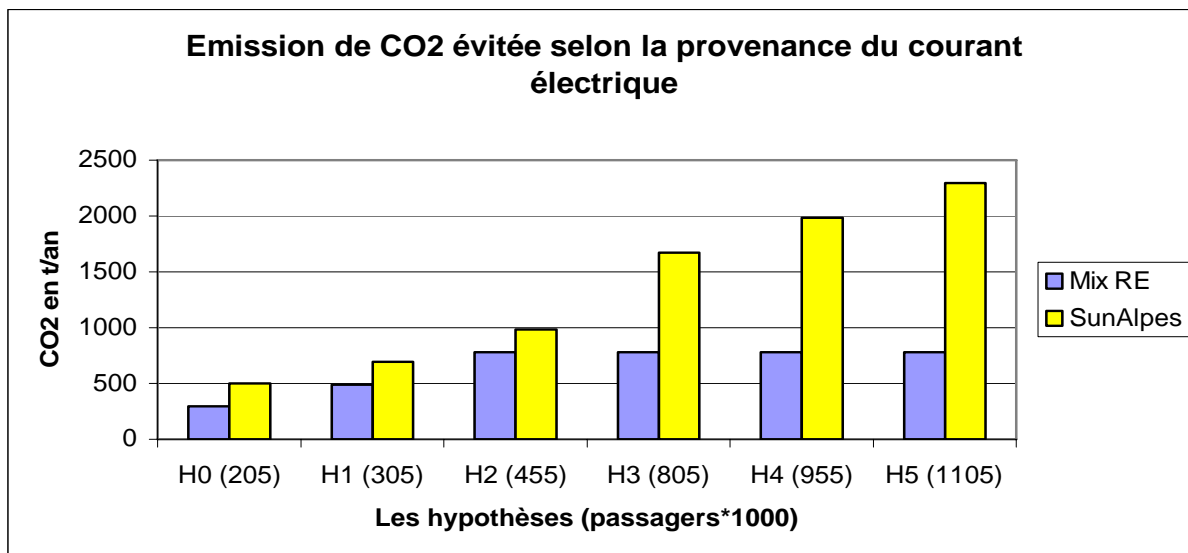


Figure 3-4-a : Pour le mix RE et les hypothèses H3, H4 et H5, les histogrammes sont présents à titre indicatif

Grâce à un approvisionnement en énergie solaire, une plus grande quantité de CO₂ est évitée et ces dernières seront valorisées par exemple par le centime climatique voire même les bénéfices de l'Espace SunAlpes.

L'Espace SunAlpes, le projet innovant de l'ASD, et les différents autres projets régionaux visant à redynamiser l'essor socio-économique de la région vont attirer de plus en plus de visiteurs (voir les hypothèses tableau 3-4-a et 3-4-b). Par conséquent, l'ASD a la capacité de prendre en charge ses visiteurs supplémentaires tout évitant des émissions de CO₂ de l'ordre de 1'674 tonnes par années pour 805'000 passagers annuels en s'approvisionnant par l'énergie solaire SunAlpes. De plus, dans ce même cas de figure **le coût supplémentaire engendré par l'énergie verte est de seulement 14 cts par passager**, il revient donc à dire que 14 cts par passager n'est pas un prix onéreux à payer pour préserver l'environnement de l'expansion économique.

Les impacts de la conversion de l'ASD au courant écologique solaire selon les hypothèses cumulatives d'afflux de passagers sont :

- (H1 ; 100'000 voyageurs/an) Nombre d'usagers de la route dissuadés par le prix des carburants, indépendamment de l'attrait que représentera l'Espace SunAlpes et le train : **693 tonnes de CO₂** par année sont ainsi évitées, l'ASD verra son taux d'occupation augmenter sans avoir à augmenter ses charges.
- (H2 ; 150'000 voyageurs/an) Usagers divers attirés par la relance de certaines activités dans la région des Diablerets à Gstaad (exemple Glacier 3000), et ce, indépendamment de l'Espace SunAlpes ni du nouveau train : par calcul cumulatif des hypothèses, **984 tonnes de CO₂** par année seront évitées et l'ASD n'aura pas à augmenter ses charges puisque le taux d'occupation reste inférieur au taux d'occupation maximal fixé.

- (H3 ; 350'000 voyageurs/an) Usagers divers attirés par la nouveauté du train écologique solaire et l'Espace SunAlpes aux Diablerets : par calcul cumulatif, 1'674 tonnes de CO₂ seront évitées par année, mais l'ASD devra augmenter le nombre de courses afin de pouvoir contenir le flux supplémentaire de passagers. Par ailleurs, cette hypothèse est très intéressante puisque le coût supplémentaire engendré par le courant solaire par passager est de 14cts seulement. Le cumul H1 à H3 correspond au chiffre de 805'000 voyageurs/an (environ 20% empruntant l'ASD au lieu de 5%) à atteindre jusqu'à 2012.
- (H4 ; 150'000 voyageurs/an) Usagers divers attirés par les avantages commerciaux accordés par SunAlpes et TPC concernant les packages de visite (Espace SunAlpes, les remontées mécaniques, ASD...etc.) : 1'985 tonnes de CO₂ seront évitées annuellement (calcul cumulatif), et l'ASD doit augmenter le nombre de courses en conséquence ce qui engendre des coûts supplémentaires, compensés par le nombre de passagers.
- (H5 ; 150'000 voyageurs/an) Usagers attirés par les autres types d'amélioration préconisées par la perspective de SunAlpes : par calcul cumulatif, 2'297 tonnes de CO₂ seront évitées par année, et l'ASD doit augmenter le nombre de courses, afin de pouvoir absorber ce flux supplémentaire.

De manière générale, l'approvisionnement en courant écologique permet d'éviter d'importantes quantités de CO₂ par année, même si le nombre de visiteurs n'augmente pas. Par contre, le passage au courant écologique solaire est une réponse au scénario du « peak-oil » et suit l'optique du vote du peuple suisse en faveur des énergies renouvelables, du développement durable et des objectifs fixés par la Confédération (accord de Kyoto), ainsi que la politique du centime climatique. De ce fait, l'ASD participera concrètement à atteindre ses précédents objectifs et entrera dans l'histoire.

Fait aux Diablerets

Le 8 mai 2006

Dr Yassine ALLANI