Soutenance: Janvier 2018

La transition énergétique suisse



1

Maître accompagnant : M. Marco Salone

 $^{^1}https://www.agirpourlenvironnement.org/sites/default/files/imagecache/illustration_actu_blog_508/images/actualites/jaifaitunreve.gif$

Résumé:

La transition énergétique, qu'est ce que c'est?

C'est entreprendre une transition qui permette de changer progressivement un système énergétique principalement basé sur des énergies fossiles à un nouveau système énergétique basé sur des énergies renouvelables. Le but de ce processus est de diminuer les émissions de CO₂, et ceci à l'aide de nombreuses réformes sur le plan énergétique comme, entres autres, l'abandon du nucléaire, la promotion des énergies renouvelables, ou encore une réforme du parc automobile et immobilier.

Actuellement, l'empreinte écologique de la Suisse est désastreuse. Si la population mondiale consommait comme les Suisses, il faudrait trois planètes comme la nôtre pour satisfaire les besoins de toute l'humanité. Il est donc nécessaire d'engager ce processus de transition énergétique afin de baisser nos émissions de CO₂ globales.

Ce problème environnemental touche le monde entier et pourrait faire basculer notre futur si rien n'est fait pour le résoudre. En effet, la température de notre planète va augmenter dans les années à venir et le but de la transition énergétique est d'essayer de maintenir ce réchauffement climatique le plus bas possible (entre 2° et 4°), pour éviter des dommages environnementaux irréversibles sur la terre.

Cadre théorique

Le cadre théorique a pour objectif d'inculquer, à vous lecteurs, les bases de la transition énergétique qui est un vaste sujet.

Une transition énergétique est un concept qui vise à s'affranchir, durant une période de temps plus ou moins longue, des énergies fossiles et/ou du nucléaire et de les remplacer par des énergies renouvelables. Ajoutées à cela, de nombreuses mesures d'efficacité énergétique peuvent accompagner une transition énergétique².

Une transition énergétique est nécessaire pour préserver l'environnement étant donné l'enjeu climatique d'aujourd'hui.

 $^{{}^2\,\}underline{\text{https://www.connaissance}} \underline{\text{desenergies.org/qu-appelle-t-on-exactement-la-transition-energetique-141010}}$

En Suisse, cette transition énergétique a vu le jour en 2011 suite à la catastrophe à Fukushima. Les défis d'un tel changement sont multiples sur les plans politique, économique, social, technologique et environnemental. En effet, il a fallu d'abord soumettre à la votation des mesures pouvant être contraignantes pour la population puis les appliquer.

Le 21 mai 2017, les Suisses ont voté en faveur d'une révision de la loi sur l'énergie. Cela comprend diverses mesures comme la baisse de la consommation totale d'énergie par habitant, une meilleure efficacité énergétique, la promotion des énergies renouvelables et l'abandon du nucléaire. Pour les mesures les plus importantes, nous pouvons parler de la réforme du parc automobile, du parc immobilier ainsi que l'interdiction de construire de nouvelles centrales nucléaires. Ces réformes seront appliquées début 2018.

Il sera aussi nécessaire de maintenir un prix de l'énergie stable et abordable, investir et promouvoir la recherche dans de nouvelles technologies, et dans les énergies renouvelables. Tout cela a pour but de produire et de consommer une énergie plus propre et plus respectueuse de l'environnement. Les objectifs sont de baisser les émissions de gaz carbonique de la Suisse d'ici 2030 de 50% par rapport à celles de 1990 (COP 21) et d'ici 2050, de sortir progressivement du nucléaire, de réduire la part d'énergie importée ainsi que de développer des énergies renouvelables.

Tous ces thèmes seront abordés dans ce travail de maturité d'un point de vue lié à l'environnement.

Table des matières

1. Introduction	6
1.1 Motivations	8
2. Développement	9
2.1 Situation environnementale mondiale	9
2.1.1 Quelques définitions	9
2.1.2 Les scénarios RCP d'ici 2100	11
2.1.3 Kyoto et COP 21	12
2.2 Les attentes de la transition énergétique en Su	ıisse17
2.2.1 Le futur de la transition énergétique suisse	17
2.2.2 Les résultats attendus	18
2.2.3 Le parc automobile	22
2.2.4 Les déchets	25
2.3 Les énergies renouvelables	28
2.3.1 L'éolien	28
2.3.2 Le solaire	30
2.3.3 L'hydraulique	31
2.3.4 La géothermie	33
2.3.5 La biomasse	34
2.3.6 Pourquoi promouvoir les énergies renouvelables ?	35

2.4 La sortie du nucléaire et ses conséquences	37
2.4.1 Le contexte de la sortie du nucléaire en Suisse	37
2.4.2 Le nucléaire en Suisse	37
2.5 L'efficience énergétique	39
2.5.1 Qu'est-ce que l'efficience énergétique ?	39
2.5.2 Le stockage énergétique	40
3. Conclusion	42
3.1 Bilan personnel	44
3.2 Remerciements	45
Bibliographie	46
Annexes:	
a) Interview du Professeur Daniel Favrat	50
b) Interview Lisa Mazzone	61

1. Introduction:

Le vendredi 11 mars 2011, au Japon, une terrible catastrophe environnementale a lieu. Suite à un séisme de magnitude 8,9 sur l'échelle de Richter, un tsunami vient heurter de plein fouet la centrale nucléaire de Fukushima. Cette énorme vague va inonder le système de refroidissement de la centrale et ainsi la mettre hors service. Il s'en suivra un désastre écologique sans précédent dû à la contamination radioactive des sols et des mers avoisinant le lieu du drame. Environ 15'000 personnes sont mortes après l'incident et, aujourd'hui encore, 6 ans après, des centaines meurent de cancers développés par la forte exposition aux radiations. Outre le lourd bilan humain, l'impact de cette tragédie sur la faune et la flore est désastreux: tous les animaux ayant été en contact avec les particules radioactives sont morts. Les habitants ayant été chassés suite au drame devront encore attendre 50 ans avant de pouvoir retourner chez eux. De plus, l'État nippon doit débloquer plus de 230 milliards de francs pour réparer les dommages. Pour ne pas subir le même sort, la Suisse, peu après l'incident, a choisi d'instaurer une nouvelle stratégie énergétique pour, entre autres, prévenir les dangers du nucléaire.

La transition énergétique va devenir nécessaire dans les années à venir. Selon différentes études, notre planète a atteint un point de non-retour climatique. Cela signifie que l'activité industrielle de l'Homme polluant cette terre ne peut être réparée. Depuis l'essor de l'énergie durant la révolution industrielle au XIXe siècle, la planète a été énormément polluée dû aux énormes progrès technologiques ainsi qu'à notre surconsommation.

La société capitaliste dans laquelle nous vivons depuis quelques siècles a privilégié le profit économique à la préservation de la terre et de l'environnement. Aujourd'hui, et ce depuis de nombreuses années, notre planète réagit à cette trop forte pollution en se réchauffant. Cela a pour conséquence de faire fondre la calotte glacière des deux pôles et ainsi d'augmenter le niveau de la mer. Dans ce travail, nous allons parler des causes du réchauffement climatique et voir si un retour en arrière est possible pour la planète.

Plusieurs scénarios sur le réchauffement climatique ont été avancés. Le pire prévoit, d'après un rapport du GIEC de 2014, que la température terrestre pourrait augmenter

jusqu'à 4,8° d'ici 2100, par rapport à la période 1986-2005³. Cette augmentation de 4,8° aurait sur la planète terre un effet désastreux. D'autres scénarios sont plus optimistes et prévoient un impact moins important sur l'environnement de la planète. Nous verrons, dans ce travail, l'impact qu'aura la transition énergétique sur la terre.

La Suisse a donc décidé de faire une transition énergétique pour baisser son émission en gaz carbonique d'environ 50% tous secteurs confondus (ménages, industries, transports). De cette manière, la Suisse respecterait les accords de Kyoto (1997) et de la COP 21 (2015)⁴. La Suisse est-elle capable d'atteindre cet objectif?

La transition énergétique a aussi pour but de sortir du nucléaire. Depuis les accidents de Tchernobyl et de Fukushima, il y a une prise de conscience de certains pays sur les dangers de garder des centrales nucléaires sur leur territoire. La Suisse a fait le difficile pari de sortir du nucléaire. Ce n'est pas une décision évidente, car en Suisse, la part de production d'électricité par les centrales nucléaires est de 38%⁵. Il faut donc trouver diverses alternatives comme l'importation d'énergie ou/et les énergies renouvelables tout en respectant les exigences établies en 2011 par le Conseil fédéral (cf. «Cadre Théorique»).

Quel sera l'impact de la sortie du nucléaire en Suisse? Les énergies renouvelables serontelles capables de compenser la perte d'énergie due à l'arrêt des centrales nucléaires? La Suisse pourra-t-elle devenir autosuffisante après la transition énergétique? Quel sera le rôle des mesures votées le 21 mai 2017 quant à l'efficacité énergétique dans la transition énergétique? Nous répondrons à ces interrogations durant ce travail.

Cette transition énergétique pose différentes questions d'ordre économique, politique, technologique et environnemental. Traiter tous ces enjeux serait un travail trop imposant, raison pour laquelle dans ce travail de maturité je traiterai principalement du problème environnemental.

³http://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2014/11/04/climat-5-rapports-du-giec-5-chiffres-alarmants 4517326 4355770.html

⁴ https://www.admin.ch/ch/f/gg/pc/documents/2210/Strategie-energetique-2050 Rapport-expl fr.pdf

⁵ http://wiki.energyscope.ch/doku.php?id=fr:nuclear

La problématique se formule ainsi:

«En quoi la transition énergétique qui sera menée en Suisse d'ici à 2050 est-elle un enjeu environnemental?»

1.1 Motivations:

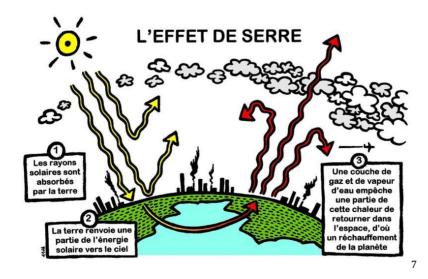
J'ai choisi le sujet de la transition énergétique, car c'est un sujet actuel de société. Je m'intéresse depuis plusieurs années à l'écologie et ce que je vois commence à m'inquiéter. Peu de personnes sont au courant et semblent s'alarmer du problème écologique. Bien que certains pays commencent à prendre conscience de l'importance de la situation environnementale actuelle, d'autres comme les États-Unis ou la Russie sont dirigés par des climato-sceptiques comme Donald Trump ou Vladimir Poutine. J'ai donc la volonté, par ce travail de maturité, de mieux comprendre le sujet afin de mieux appréhender l'avenir. Je désire informer mon entourage à propos de la transition énergétique en Suisse.

2. Développement

2.1 Situation environnementale mondiale

2.1.1 Quelques définitions :

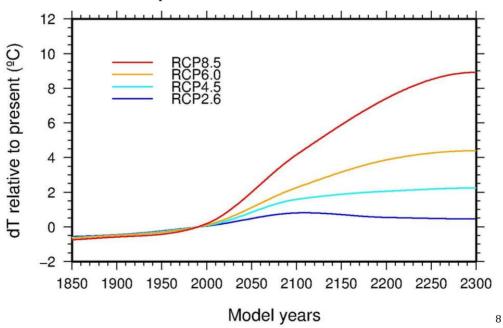
- Les «COP(s)» sont des rassemblements de nombreux pays qui se déroulent chaque année depuis 1995. L'objectif principal de ces conventions est de maîtriser l'augmentation mondiale des émissions de gaz à effet de serre et de faire diminuer ceux-ci.
- Les gaz à effet de serre sont, entres autres, le dioxyde de carbone, le méthane, l'ozone et le protoxyde d'azote. Ceux-ci forment une couche de gaz qui englobe la terre. Ces gaz laissent passer les rayons lumineux du soleil. Ces rayons lorsqu'ils touchent le sol de la terre sont soit absorbés par la terre soit sont réfléchis en direction du cosmos sous forme de rayonnement infrarouge. Une partie de ce rayonnement infrarouge s'échappe vers le cosmos, mais une autre partie est à nouveau redirigée vers la terre. Ce processus permet de garder la surface de la terre à une température moyenne de 13° Celsius⁶.



⁶Notions *Encyclopaedia universalis* pp 315-316

⁷ http://static.canalblog.com/storagev1/masterlea.canalblog.com/images/effetdeserre.jpg

- On parle de réchauffement climatique lorsque la part de gaz carbonique dans les gaz à effet de serre devient trop importante et nuit au bon fonctionnement de cette couche de gaz. L'augmentation de la part de CO₂ est due aux émissions de gaz carbonique des êtres humains. Cela a pour conséquences de laisser s'échapper moins de rayonnement infrarouge et d'en renvoyer une très grande partie vers la terre. Par conséquent, la température de la terre augmente.
- Les 4 scénarios RCP ont été rédigés par le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) dans leur 5e rapport publié en 2014. Ces scénarios décrivent le monde de 2100 en fonction des décisions qui seront prises par les pays du monde entier dans les années à venir. Ces scénarios sont calculés en fonction de la capacité d'un rayonnement à pouvoir entrer au sommet de la troposphère et d'en sortir. Cela permet donc de voir l'état de la couche d'ozone suivant ce que fera l'homme en terme de pollution. Ce calcul s'appelle le forçage radiatif et se mesure en [W/m²]. De plus, les scénarios prennent en compte l'évolution socio-économique de la population mondiale, les prévisions climatiques futures, les avancées technologiques futures, etc. Les résultats de ces scénarios considèrent de nombreux facteurs qui permettent d'émettre des hypothèses sur le réchauffement climatique.



(Ce tableau montre l'évolution de la température terrestre dans les années à venir en fonction des scénarios proposés par le GIEC).

-

⁸ https://robertscribbler.files.wordpress.com/2016/08/rcp-8-5-nature.jpg

2.1.2 Les scénarios RCP d'ici 2100 :

Lors de la COP 21 qui a eu lieu à Paris en 2015, les pays présents ont décidé de limiter le réchauffement climatique de 1,5° à 2° d'ici 2100. D'après un rapport du GIEC, pour atteindre ce résultat, il faudrait diminuer de 40% à 70% les émissions globales de gaz à effet de serre. Il y a 4 scénarios présentant chacun le monde selon l'impact de l'homme sur la terre. Les décisions prises lors de la COP 21 semblent indiquer un futur tendant vers le scénario RCP 2,6 [W/m²]. C'est, toutefois, un défi gigantesque et difficile à réaliser pour les 196 pays ayant ratifié l'accord de la COP 21.

Pour commencer, je vais présenter brièvement les 4 scénarios pour montrer les conséquences qu'ont les hommes sur la planète et insister sur l'importance de réagir rapidement face à la pollution massive actuelle.

Le premier scénario, le plus pessimiste, se nomme RCP 8,5 [W/m²]. Il décrit un monde où l'homme, en 2100, a continué de polluer fortement, et utilise encore en grande partie des énergies fossiles. Les émissions de gaz carbonique ont triplé, la température de la terre a augmenté de 4°-5°10, le niveau des océans s'est élevé de 8 mètres¹¹ et recouvre de grands territoires. La biodiversité s'amenuise, beaucoup de personnes sont obligées de quitter leur maison, le cours des saisons est perturbé, des sécheresses et des inondations se font très fréquentes. Voici ce qu'il arriverait si l'homme ne changeait rien dans sa façon de polluer. Durant les 2 semaines de débats lors de la COP 21, l'ensemble ou presque des représentants des différents pays se sont mis d'accord sur le fait qu'il ne faut surtout pas arriver à un tel désastre écologique.

Les RCP 6 [W/m²] et RCP 4,5 [W/m²] sont tous les deux des scénarios de stabilisation relatant la vie que mènera l'Homme en 2100 en fonction de ce qu'il aura entrepris en matière de transition énergétique et de préservation de l'environnement. Les deux atteindraient des pics d'émissions de gaz à effet de serre aux alentours de 2100 et ensuite

⁹ http://www.bilan.ch/economie/regles-de-laccord-climat-restent-a-definir

 $^{^{10}\} http://www.atlantico.fr/decryptage/quoi-ressemblera-terre-en-2100-christian-gollier-867023.html$

¹¹ http://www.lemonde.fr/cop21/article/2015/11/09/rechauffement-des-grandes-villes-menacees-par-la-montee-des-eaux 4805574 4527432.html

se stabiliseraient, car grâce aux efforts entrepris par l'Homme, les émissions de CO₂ commenceraient à diminuer vers la fin du 21ème siècle.

Le scénario idéal serait RCP 2,6 [W/m²]. Les émissions de gaz à effet de serre se stabiliseraient d'ici une décennie grâce à l'effort simultané de beaucoup de pays qui mettraient en œuvre de grands moyens pour atteindre cet objectif comme, entres autres, faire des transitions énergétiques. La température augmenterait de 1,7° et par conséquent, l'impact sur la terre serait moindre. Cependant ce scénario est loin d'être réalisable.

Selon une étude récente menée par des chercheurs américains, il n'y a que 5% de chance que nous puissions limiter le réchauffement climatique à 2°. Selon eux, la température de la terre se stabiliserait entre 2° et 4,9°. Cette étude ne se base pas sur les mêmes données que les scénarios RCP pour calculer cette prévision, elle se base sur la croissance démographique des années à venir ainsi que la demande en énergie que cela va générer¹². Cette étude ruine les espoirs portés par le scénario RCP 2,6 [W/m2], mais il est encore faisable de réduire au maximum le réchauffement climatique. Pour cela, il faut agir rapidement.

Le scénario RCP 8,5 n'est pas envisageable, car les répercussions de cette pollution massive sur la terre seraient catastrophiques. Par contre RCP 6/4,5/2,6 seraient plus envisageables du fait que les émissions de gaz carbonique se stabiliseraient à un moment donné. Ces scénarios sont difficiles à atteindre voir irréalisable pour RCP 2,6 [W/m²], car cela demande un effort collectif de la part de tous les pays de la planète. Cet effort doit commencer rapidement, car la terre se réchauffe depuis déjà de nombreuses années et sans opérer d'importantes réductions des émissions de gaz carbonique, nous courons à la catastrophe.

2.1.3 **Kyoto et COP 21**:

L'un des rassemblements mondiaux les plus connus est sans aucun doute le protocole de Kyoto. Le protocole de Kyoto ou COP 3, qui a été signé le 11 décembre 1997, vise à réduire

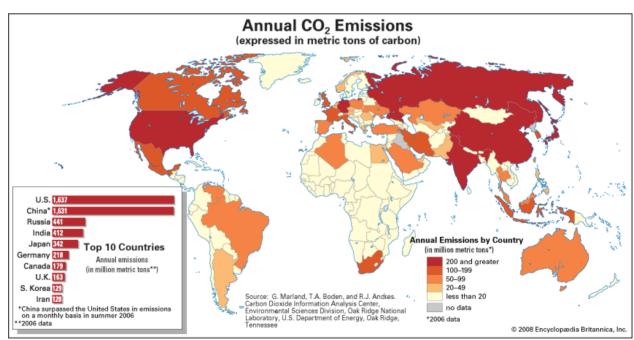
_

 $^{^{12}\,}http://www.lemonde.fr/planete/article/2017/08/01/seulement-5-de-chances-de-limiter-le-rechauffement-climatique-a-2-c_5167201_3244.html$

considérablement les émissions de gaz à effet de serre. Ce traité, ratifié par 191 pays, est entré en vigueur le 16 février 2005. Son objectif était, entre autres, de baisser les émissions de CO₂, de méthane et de protoxyde d'azote en moyenne, selon les pays, de 5% entre 2008 et 2012, par rapport à la période 1990. Ces gaz sont très nocifs pour l'environnement. L'impact du méthane sur l'effet de serre est énorme, il est 25 fois plus puissant que le gaz carbonique et contribue donc fortement au réchauffement climatique. Le protoxyde d'azote est encore plus polluant, car il est 296 fois plus nocif que le CO₂ pour l'effet de serre.

Chacun des 182 pays ayant ratifié cet accord devait respecter les exigences établies sous peine d'une amende. Dans l'ensemble, la plupart des États signataires ont rempli leurs engagements. Seuls quelques pays dont l'Australie, la Chine et le Canada n'ont pas baissé leur empreinte carbone. On pourrait imaginer que ces pays auraient une sanction de type économique, mais ce n'est pas réellement le cas. Les sanctions qui étaient prévues n'étant pas liées juridiquement au protocole de Kyoto, les pays n'ayant pas atteint leurs objectifs n'étaient pas dans l'obligation juridique de payer une amende¹³.

Les États-Unis sont un cas à part, car ils n'ont pas adhéré à l'accord de Kyoto et par conséquent n'ont pas diminué leurs émissions carbone. Cela a été dramatique pour la planète étant donné que les États-Unis sont de très gros émetteurs de gaz carbonique.



(Voici les émissions de CO₂ totale de 2008 par pays. Les États-Unis étaient le pays le plus pollueur en 2008. Aujourd'hui, ils sont les deuxièmes, juste derrière la Chine)

 $^{^{\}rm 13}$ http://blog.bio-ressources.com/2012/01/30/protocole-de-kyoto-et-sanction-ducanada-la-menace-fantome/

La Suisse, quant à elle, a réussi son but de réduire de 8% les émissions de gaz à effet de serre par rapport à 1990. Elle a réussi son but au sens juridique du terme. En réalité elle a réussi à diminuer ses émissions de gaz carbonique de 1% seulement sur les 8% annoncés. Les 7 % restants ont été, en grande partie, payés¹⁴. En effet, la Suisse a eu recours à l'achat de certificat d'émissions étrangers à hauteur de 60 millions de francs¹⁵. Donc, en réalité les mesures concrètes nationales pour la baisse des émissions de CO₂ n'ont pas été efficientes.

Malgré les réels efforts de certains pays, en 2012 (fin du protocole de Kyoto), les émissions de gaz carbonique sont en hausse, elles ont même augmenté de 2,6% entre 2011 et 2012¹⁶. En 2012, la Chine et l'Inde représentaient 51% du carbone relâché dans l'air par l'homme et vu que la Chine n'a pas respecté le protocole de Kyoto, les émissions de gaz à effet de serre n'ont pas baissé.

Le bilan de ce protocole est négatif, car la planète se porte encore plus mal qu'avant. Néanmoins, on voit l'intérêt de certains pays de diminuer leur rejet de CO₂ et de se rapprocher vers une politique plus écologique et éthique.

La COP 21 a eu lieu à Paris en fin 2015. Cette conférence sur le climat a beaucoup fait parler d'elle dû au fait que tous les États y participant, excepté les États-Unis qui ont quitté cet accord durant l'été 2017, ont accepté de réduire leur impact environnemental ¹⁷. L'assemblée des représentants des États a confirmé l'objectif de ne pas dépasser une augmentation de la température terrestre moyenne de la terre de 2° Celcius d'ici à 2100 par rapport à l'ère préindustrielle (milieu du 19e siècle). Or en 2016, la température de la terre ¹⁸ a déjà augmenté de 1,2° Celsius. Il ne reste qu'une marge de 0,8° pour respecter l'accord de Paris, par conséquent, il faut donc commencer activement à baisser les émissions de CO₂ pour ne pas en subir les conséquences dans quelques années. Pour cela, de nombreuses mesures ont été établies pour réduire à nouveau les émissions de gaz à

¹⁴ https://www.letemps.ch/sciences/2014/04/10/suisse-eleve-kyoto

 $^{^{15} \, \}underline{\text{https://www.rts.ch/play/tv/12h45/video/les-objectifs-de-reduction-des-emissions-de-gaz-a-effet-de-serre-prevus-par-le-protocole-de-kyoto-ne-sont-pas-atteints-par-de-nombreux-pays?} \underline{\text{id=3639256}}$

¹⁶ http://www.futura-sciences.com/planete/actualites/climatologie-emissions-co2-nouvelle-envolee-26-2012-43185/

¹⁷ http://mtaterre.fr/dossiers/bilan-de-la-cop21-vers-un-nouveau-monde/petit-decryptage-de-laccord

 $^{^{18}\} https://www.tdg.ch/savoirs/environnement/hausse-temperatures-2016-bat-records/story/19884552$

effet de serre (GES). Cet accord va durer sur le long terme et sera sujet à diverses modifications et améliorations futures. Il va aussi mettre en œuvre des subventions de l'ordre de 100 milliards chaque année jusqu'à 2020 pour aider les pays pauvres à lutter contre le changement climatique.

Il ne sera contraignant que politiquement, mais pas juridiquement. Il y aura, néanmoins, une pression politique constante entre les différents États qui les forceront à respecter les exigences établies. C'est-à-dire que si un pays n'est pas capable de respecter les règles établies, les autres pays signataires pourraient mettre en place des mesures telles qu'un blocus. Il semble peu probable que certains pays fassent un blocus, car cela attiserait certaines tensions et les dirigeants ne souhaitent pas une guerre. Nous verrons donc dans les années qui suivent si ce système de contrainte politique suffira à faire respecter les accords de la COP 21.

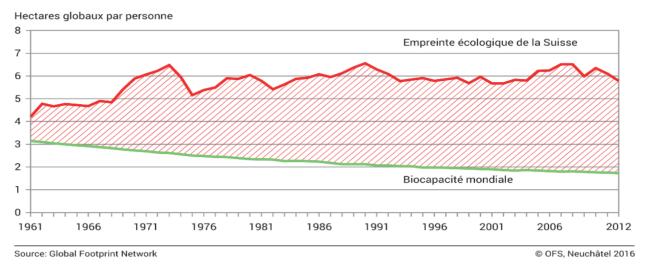
La Suisse, en plus de l'accord de Paris, a décidé de faire une transition énergétique qui aboutirait en 2050. La Suisse fait certes des efforts en matière de transition énergétique, mais elle n'est de loin pas la première à franchir le pas et n'est pas un exemple en terme de consommation et de pollution.

En effet, si tout le monde vivait comme la Suisse, nous aurions besoin de 3 planètes pour subvenir à nos besoins¹⁹. Nous aurions besoin de 3 fois la biocapacité mondiale que nous permet la terre pour subvenir à nos besoins. (La biocapacité désigne : «la capacité de la terre à produire une offre continue en ressources renouvelables et à absorber les déchets découlant de leur consommation»²⁰.) La capacité de la terre à produire suffisamment de ressources pour tous les êtres humains ne suffit pas étant donné la surconsommation moyenne de la planète. De plus, comme nous le montre le schéma qui suit, la biocapacité mondiale baisse chaque année. En 2017, le 2 août, le monde a épuisé les réserves naturelles de la terre (biocapacité) pour l'année. Pour survivre les 4 mois qui restent, le monde doit surexploiter la terre, ce qui ne fait qu'empirer le processus, car à cause de cela, cette date limite recule sans cesse. La Suisse n'est donc en aucun cas un exemple au niveau écologique.

¹⁹ https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/developpement-durable/empreinte-ecologique.html

²⁰ https://fr.wikipedia.org/wiki/Biocapacité

Empreinte écologique de la Suisse en comparaison avec la biocapacité mondiale



(La ligne verte représente la capacité mondiale en terme de production possible par rapport à ce que peut fournir la planète. La ligne rouge indique ce que devrait produire la terre si tous ses habitants consommaient autant que la population suisse.)

D'autres pays comme l'Allemagne ou la Finlande sont eux aussi en train d'entreprendre une transition énergétique. Il est important que tous les pays en entreprennent une, car cela réduirait considérablement les émissions de CO₂. Le monde se portera mieux uniquement si tous les pays appréhendent l'avenir ensemble et s'unissent pour changer le monde d'aujourd'hui.

Pour résumer, l'idée de réunir tous les pays pour parler de notre problème environnemental est très positive, mais ces rassemblements sont-ils utiles et efficaces ? Ces événements nous font croire qu'il se passe des choses concrètes pour régler le problème du climat, néanmoins, les mesures établies semblent inefficaces. Suite à l'accord de Kyoto, les résultats n'avaient pas été concluants malgré l'effort de certains pays. Lors de la COP 21, les pays signataires ont décidé de maintenir le réchauffement climatique en dessous de 2° Celsius, mais une étude américaine récente affirme qu'il y a très peu de chance que nous arrivions à respecter cet accord²¹. Les décisions prises lors des COPs ne sont visiblement pas assez contraignantes et de nombreux pays n'arrivent pas aux objectifs fixés.

L'adage «l'union fait la force» se prête bien à ce que doivent faire les hommes et les pays face à cet enjeu environnemental important.

²¹ http://www.lemonde.fr/planete/article/2017/08/01/seulement-5-de-chances-de-limiter-le-rechauffement-climatique-a-2-c_5167201_3244.html

2.2 Les attentes de la transition énergétique en Suisse

2.2.1 Le futur de la transition énergétique suisse :

L'avenir de la transition énergétique suisse est difficile à prévoir. Bien que la votation du 21 mai 2017, qui traitait du premier paquet de mesure a été acceptée, il faut désormais appliquer les différentes mesures votées qui sont, entre autres, de baisser la consommation d'énergie de la Suisse, d'améliorer l'efficacité énergétique ainsi que de promouvoir les énergies renouvelables²².

De plus, prochainement, la loi sur le CO₂ va être discutée à l'assemblée fédérale. C'est un enjeu d'importance pour le futur de la transition énergétique selon Lisa Mazzone,²³ car elle vise la réduction des émissions de gaz carbonique suisse d'ici 2020 dans plusieurs domaines tels que le bâtiment, les transports et l'industrie²⁴. Une loi sur le CO₂ a pour effet de faire baisser les émissions de gaz carbonique, car elle promeut les énergies renouvelables qui n'en émettent pas et de plus, cela incite les consommateurs d'énergie à moins consommer d'énergie, car cela coûte plus cher.

Ensuite, un second paquet de mesures axées sur différentes taxes incitatives a été soumis à un vote en janvier 2017, mais il a été refusé par l'assemblée fédérale.

En somme, la réussite de la transition énergétique est basée sur plusieurs facteurs. Ces facteurs sont tant économiques, politiques qu'industriels. Il faudrait, entres autres, réussir à convaincre la population suisse de voter favorablement pour les prochaines votations sur l'énergie, faire en sorte que les lois votées le 21 mai 2017 soient correctement appliquées, et que les industries pour les énergies renouvelables améliorent les rendements de leurs machines pour concurrencer les énergies fossiles. Il serait aussi nécessaire de maintenir un prix de l'énergie stable et correct, devenir autosuffisant en énergie et enfin faire la transition des énergies fossiles à celles renouvelables dans un bref délai, afin de réduire les

²² Explication du conseil fédéral sur la votation du 21 mai 2017 sur la loi de l'énergie.

²³ Annexe 2: Interview de Madame Lisa Mazzone.

²⁴ https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/climat/info-specialistes/politique-climatique.html

émissions de CO₂ de 50 % d'ici 2030 et ainsi essayer de rester en dessous des 2° Celsius par rapport à l'ère préindustrielle.

Bref, aujourd'hui il reste du chemin avant d'aboutir à cette transition énergétique idéale où la planète terre se portera aussi bien que voulu dans le scénario RCP 2,6 [W/m²]. Néanmoins, le projet est réalisable lorsque l'on observe la direction que prend la Suisse (résultat favorable à la loi sur l'énergie du 21 mai 2017) en terme de transition énergétique.

2.2.2 Les résultats attendus :

Pour prévoir les résultats attendus pour la transition énergétique en 2050, l'EPFL a créé un calculateur qui permet de mieux comprendre les différents scénarios établis par le rapport PROGNOS SA, rapport «qui a servi de base à l'élaboration de la stratégie énergétique 2050 proposée par le gouvernement suisse»²⁵. L'entreprise PROGNOS SA fait des études sur différents domaines, notamment sur les énergies. Ce calculateur se trouve sur le site «Energy Scope». Il est précisé lorsque l'on visite le site que ces scénarios sont l'interprétation de l'EPFL au rapport PROGNOS SA et qu'ils sont fidèles aux objectifs de la Suisse pour la stratégie 2050. Par conséquent, ces scénarios sont plutôt réalistes et peuvent être pris en considération.

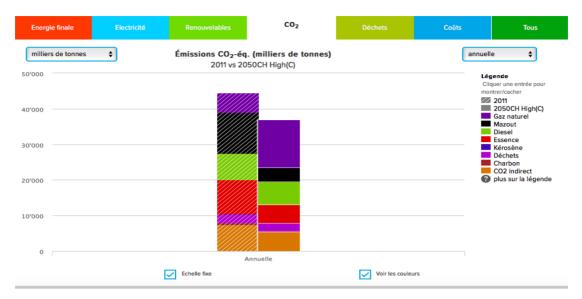
Pour mieux comprendre les résultats qui seront attendus en 2050, nous allons nous baser dans un premier temps sur les chiffres, diagrammes donnés par le calculateur de l'EPFL et ensuite voir les chiffres donnés par la Confédération. Étant donné que ce travail de maturité est basé principalement sur l'enjeu environnemental, nous allons surtout étudier les données se rapportant à l'environnement.

Ce calculateur pose trois scénarios :

- 1. 2050CH High(C) (représente le scénario le plus polluant)
- 2. 2050CH Medium(CE) (représente le scénario moyen)
- 3. 2050CH Low (E) (représente le scénario le moins polluant)

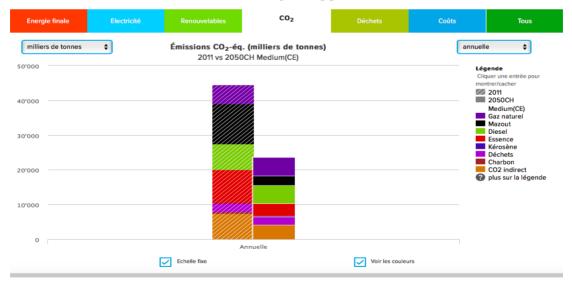
²⁵ http://www.energyscope.ch/calculateur-energetique/

- Le scénario 2050CH High(C) de l'EPFL prévoit, en 2050, une baisse d'environ 17,126 % annuellement des émissions de CO₂ par rapport à l'année de référence 2011.²⁶



Cette baisse d'émissions de gaz carbonique s'opère principalement sur des carburants comme le mazout et l'essence, notamment grâce aux mesures votées sur le parc automobile le 21 mai 2017. ²⁷

- Le scénario 2050Ch Medium (CE) prévoit, en 2050, une baisse d'environ 47,028 % annuellement des émissions de CO₂ par rapport à l'année de référence 2011.²⁸



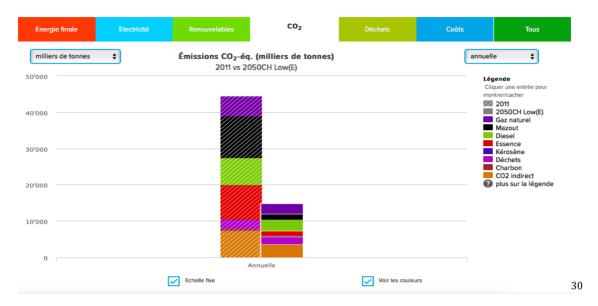
Dans ce scénario, la baisse des émissions de CO₂ équivalent s'opère aussi sur les carburants avec une diminution conséquente de l'utilisation de charbon.

²⁶ Calcul réalisé sur le calculateur de l'EPFL le 3 juillet 2017

²⁷ Voir le chapitre « Les résultats attendus » ; sous-chapitre 3 « Le parc automobile »

²⁸ Calcul réalisé sur le calculateur de l'EPFL le 3 juillet 2017

- Le scénario 2050CH Low (E) de l'EPFL prévoit, en 2050, une baisse d'environ 66.661 % annuellement des émissions de CO₂ par rapport à l'année de référence 2011.²⁹



Dans ce dernier, la baisse des émissions de gaz carbonique s'opère sur tous les facteurs indiqués dans légende.

La Suisse, lors de la COP 21, a décidé de réduire ses émissions de gaz carbonique de 20 % d'ici à 2020 et de 50 % en 2030 par rapport à l'année 1990³¹. C'est un défi de taille pour la Suisse. Actuellement, il est encore difficile de prévoir si ces accords seront respectés. Le calculateur de l'EPFL nous indique néanmoins les données hypothétiques des émissions de gaz carbonique pour 2035. En calculant les données des émissions probables en 2035, on peut avoir une idée assez réaliste de celles en 2030.

Le scénario Low en 2035 est très positif, car il atteint une baisse d'environ 66,5 % en 2035 par rapport aux données de 2011^{32} . Cela correspond à une baisse annuelle moyenne des émissions de CO_2 d'environ 2,77 %. En 1990, la Suisse a émis 53,76 millions de tonnes équivalentes de CO_2^{33} .

²⁹ Calcul réalisé sur le calculateur de l'EPFL le 3 juillet 2017.

³⁰ Les trois captures d'écrans proviennent du calculateur d' « Energy Scope »

³¹ https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/climat/donnees-indicateurs-cartes/donnees/inventaire-des-emissions-de-gaz-a-effet-de-serre.html

³² Calculateur EPFL

³³ Https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/climat/donnees-indicateurs-cartes/donnees/inventaire-des-emissions-de-gaz-a-effet-de-serre.html

« Émissions de gaz à effet de serre visées par la loi sur le CO2 révisée et par le Protocole de Kyoto, 2e période d'engagement (2013-2020, version avril 2017) » (État 13.04.2017, OFEV).

	CO2		CH₄		N ₂ O		Gaz synth.		Total	
	Mio t CO ₂	Année de référence 1990 = 100	Mio t éqCO ₂	Année de référence 1990 = 100	Mio t éqCO ₂	Année de référence 1990 = 100	Mio t éqCO ₂	Année de référence 1990 = 100	Mio t éqCO ₂	Année de référence 1990 = 100
1990	44.57	100.0	6.10	100.0	2.83	100.0	0.25	100.0	53.76	100.0
1991	46.57	104.5	6.04	98.9	2.82	99.8	0.24	94.4	55.67	103.6
1992	46.37	104.0	5.95	97.6	2.79	98.8	0.24	93.7	55.35	103.0
1993	43.92	98.5	5.84	95.8	2.73	96.5	0.19	74.1	52.68	98.0
1994	42.95	96.4	5.79	94.9	2.70	95.5	0.21	82.4	51.65	96.1
1995	43.69	98.0	5.78	94.8	2.69	95.0	0.36	140.3	52.51	97.7
1996	44.39	99.6	5.74	94.1	2.68	94.9	0.41	160.4	53.23	99.0
1997	43.27	97.1	5.60	91.8	2.59	91.6	0.51	199.3	51.96	96.7
1998	44.81	100.5	5.53	90.7	2.59	91.4	0.63	248.7	53.56	99.6
1999	44.62	100.1	5.43	89.0	2.55	90.2	0.69	273.3	53.29	99.1
2000	43.78	98.2	5.40	88.4	2.55	90.0	0.82	321.8	52.54	97.7
2001	45.23	101.5	5.43	89.1	2.56	90.5	0.89	351.9	54.12	100.7
2002	43.60	97.8	5.40	88.5	2.54	89.7	0.99	390.2	52.52	97.7
2003	44.79	100.5	5.32	87.2	2.49	88.0	1.12	441.3	53.72	99.9
2004	45.36	101.8	5.29	86.7	2.45	86.5	1.27	499.1	54.36	101.1
2005	45.92	103.0	5.31	87.0	2.44	86.2	1,31	517.3	54.97	102.3
2006	45.50	102.1	5.32	87.2	2.44	86.1	1.35	531.7	54.60	101.6
2007	43.50	97.6	5.30	86.9	2.46	87.0	1.41	554.8	52.66	98.0
2008	44.82	100.6	5.38	88.1	2.48	87.8	1.52	598.0	54.20	100.8
2009	43.65	97.9	5.29	86.8	2.45	86.5	1.49	589.6	52.89	98.4
2010	45.16	101.3	5.28	86.5	2.50	88.2	1.55	609.4	54.48	101.3
2011	41.10	92.2	5.22	85.5	2.44	86.2	1.64	646.6	50.40	93.8
2012	42.37	95.1	5.18	84.9	2.42	85.6	1.77	696.6	51.73	96.2
2013	43.31	97.2	5.12	83.9	2.38	84.3	1.82	717.1	52.63	97.9
2014	39.38	88.3	5.12	83.9	2.40	84.8	1,83	721.8	48.73	90.6
2015	38.85	87.2	5.08	83.3	2.35	83.1	1.85	729.4	48.14	89.5

Source: Swiss Greenhouse Gas Inventory - OFEV

(Ce tableau indique les émissions de gaz à effet de serre des dernières années (1990-2015))

En 2030, il faudra donc baisser de moitié les émissions de CO₂ de la Suisse, c'est-à-dire que nous ne devrons pas émettre plus de 26,88 millions de tonnes équivalentes de CO₂. Si l'on prend le scénario 2035CH Low(E), la Suisse ne devrait pas émettre plus de 25,553 millions de tonnes de CO₂ en 2035. En 2035, la Suisse aura donc diminué ses émissions de gaz à effet de serre d'environ 52,468 % par rapport à 1990. En reportant ces chiffres à 2030 par une règle de trois, nous pouvons voir qu'en 2030, la Suisse aura baissé de 46,638% et par conséquent, elle n'aura pas atteint ces objectifs.

Les calculs effectués ne sont qu'une très vague approximation des possibles résultats futurs. Étant donné que la baisse des émissions de CO₂ de la Suisse varie chaque année, ces calculs ne doivent pas être interprétés comme réels, ils permettent uniquement d'avoir une idée approximative du futur et des objectifs Suisses pour la COP 21.

Pour les scénarios 2035CH Medium(CE) et 2035CH High(C), nous n'atteignons pas des résultats concluants pour les décisions prises lors de la COP 21. En effet, pour le scénario 2035CH Medium(CE) nous obtenons une baisse de 36,161 % et pour le scénario 2035 High(C) une baisse de seulement 17,779 %³⁴. Nous obtiendrons donc, en 2030, une baisse réciproquement de 32,142 % et de 15,803 %.

Bref, pour que la Suisse respecte les exigences de la COP 21, il va falloir s'améliorer sur de nombreux points, notamment dans le secteur de l'automobile qui pollue très fortement.

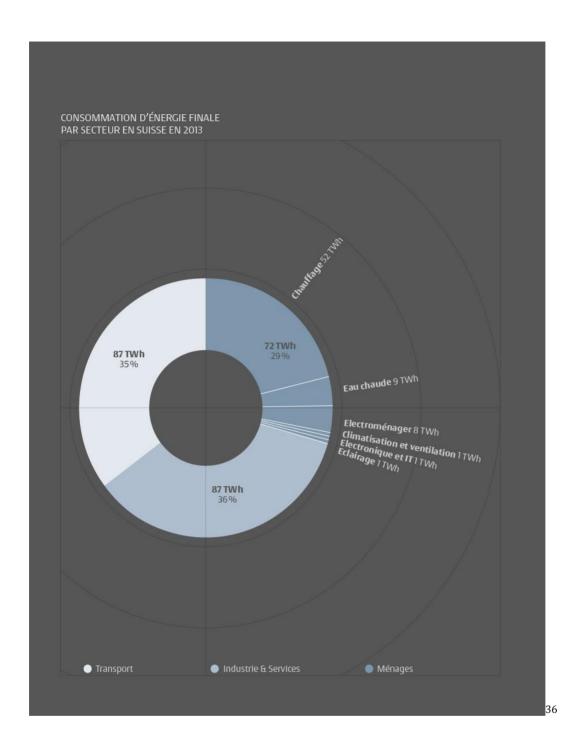
2.2.3 Le parc automobile Suisse :

Le parc automobile va devoir s'adapter aux nouvelles exigences de la Suisse en matière de baisse des émissions de CO₂.

Comme le montre le graphique ci-dessous, en 2013, le transport automobile représentait environ 35 % de l'énergie finale consommée annuellement en Suisse, soit 87 TWh³⁵.

³⁵ F.Vuille ; D.Favrat ; S.Erkman, *Les enjeux de la transition énergétique Suisse*, EPFL PRESS, 2015, pp. 26-27.

³⁴ Ces calculs ont été effectués par moi-même. J'ai pris les valeurs de 1990 donné parle site (note 17) et je les ai comparé à l'aide d'une « règle de trois » aux valeurs donnée dans le calculateur en 2035. Ils permettent de voir que les exigences de la COP 21 vont être difficiles à respecter.



En 2015, les transports, excepté le transport aérien international, représentaient 39 % des émissions totales de CO₂ Suisse.

Pour la baisse des émissions de gaz carbonique, il y a donc un grand potentiel dans le transport. Dans la loi du 21 mai 2017, il est dit que les voitures de tourisme neuves seront limitées à 95 grammes de CO_2 par kilomètre. Aujourd'hui, les véhicules de tourisme représentent les 3 4 du parc automobile et dépensent en moyenne 130 grammes de CO_2 par

Ξ

³⁶ Page 26 Chapitre 6: *Les enjeux de la transition énergétique Suisse*

km. Cette baisse des émissions de carbone serait significative. Les tracteurs à sellette légers et les voitures de livraison ne pourront pas dépasser les 147 grammes de CO₂ par km³⁷.

En plus de ces restrictions établies pas l'État, le consommateur suisse devrait privilégier, à l'achat d'une nouvelle voiture, un véhicule consommant peu de carburant au km et si possible consommant des biocarburants, de l'électricité ou du gaz naturel. Cela, à rendement égal, permetterait de faire chuter les émissions de CO₂. Pour le consommateur, ces carburants coûtent nettement moins cher que l'essence et le diesel. Le gaz naturel coûte environ 30%-50% moins cher que le pétrole à contenu énergétique équivalent.³⁸ Si l'électricité consommée par les voitures électriques est produite par de l'énergie renouvelable, les émissions de gaz carbonique seraient quasiment nulles. La Suisse pourrait donc devenir autosuffisante en énergie pour le transport si l'essence ou le diesel n'étaient plus utilisés.

Avec le scénario 2050CH low, la Suisse pourrait baisser de 55,47 % la consommation de toutes énergies confondues par rapport à 2011 (pétrole, électricité, etc.). Pour le scénario 2050CH medium, la consommation de toutes énergies confondues serait de 43,02% par rapport à 2011 et pour le scénario 2050CH High, la baisse serait de 31,03% par rapport à 2011. Pour chacun des trois scénarios, la baisse est considérable et ceci est très prometteur pour le futur de la transition énergétique suisse notamment pour l'objectif consistant à baisser de 50 % les émissions de gaz carbonique d'ici 2030.

Ensuite, si la taxe sur le CO₂ est augmentée, cela incitera les Suisses à consommer moins d'énergies fossiles et ainsi s'intéresser plus aux énergies renouvelables. Si cette taxe augmente, elle ferait augmenter le prix des carburants fossiles ce qui rendrait le prix des énergies renouvelables plus intéressant. Par conséquent, cela stimulerait l'innovation dans les énergies propres. Actuellement, la taxe de CO₂ s'élève, à 60 CHF la tonne de CO₂ émise. C'est 12 fois plus que la norme européenne qui est de 5 euros. En Suisse, cette taxe est redistribuée à la population suisse, aux industries et au programme Bâtiment. La taxe va être augmentée à 96 CHF par tonne en 2018³⁹. Elle sera également augmentée dans les

³⁷ Explication du conseil fédéral sur la votation du 21 mai 2017 sur la loi de l'énergie.

³⁸ F.Vuille ; D.Favrat ; S.Erkman *Les enjeux de la transition énergétique Suisse,* EPFL PRESS, 2015, pp. 86-87.

³⁹ https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/climat/info-specialistes/politique-climatique/taxe-sur-le-co2/taxe-sur-le-co2-prelevee-sur-le-combustibles.html

années à venir, car cette taxe permet de faire chuter drastiquement les émissions de CO₂ en instaurant des contraintes financières.

Le second paquet de mesures, rejeté le 21 mai par l'assemblée fédérale, est basé sur un système de taxes financières. Elle imposera des taxes sur certaines énergies. Par exemple, le kérosène pour les avions n'est pas taxé, ce qui permet d'avoir des prix très bas pour les billets d'avion⁴⁰. Moins de personnes prendraient l'avion si les billets étaient plus chers. Par conséquent, il y aurait moins de trafic aérien et donc moins de pollution, car l'avion émet énormément de CO₂.

Une solution simple, qui ne nécessite aucun accord politique, et que chacun pourrait envisager lorsqu'il doit se déplacer en voiture est le covoiturage. Au lieu d'aller au travail tous les jours seul dans sa voiture, il serait très avantageux pour l'environnement de prendre 2-3 personnes dans sa voiture pour se déplacer. Cela est bon pour la planète, mais aussi pour le porte-monnaie. En effet, certains sites de covoiturage permettre de mettre en relation diverses personnes se rendant dans un même endroit, le conducteur gagne donc de l'argent pour conduire des personnes. Les effets pour la terre sont conséquents, en 2004 un jeune français à créé l'entreprise BlaBlaCar qui met en relation des personnes pour le covoiturage. Selon une étude, les 10 millions de trajets réalisés depuis la création de cette entreprise ont permis d'éviter l'émission de 500'000 tonnes de CO2⁴¹.

2.2.4 Les déchets:

Actuellement, le monde a un gros problème au niveau des déchets. Par exemple, un Suisse, en 1970, produisait par habitant en moyenne 309 kg de déchets par an, alors qu'en 2013, il en produisait 707 kg⁴². Cette augmentation significative est due à la croissance économique

⁴⁰ Interview Lisa Mazzone

⁴¹ Association Négawatt, *Changeons d'énergies : transition, mode d'emploi,* Acte Sud Colibris, 2011, pp. 18-19.

⁴²https://www.google.ch/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0ahUKEwj bt8aQ5YjVAhWHPRoKHXPrDt0QFgg2MAM&url=https%3A%2F%2Fwww.bafu.admin.ch% 2Fdam%2Fbafu%2Ffr%2Fdokumente%2Fabfall%2Fuz-umwelt-zustand%2Fent-sorgen abfallinderschweizillustriert.pdf.download.pdf%2Felimination des dechetsillustrationensuisse.pdf&usg=AFQjCNGWqjbgI_uVkIQX6jZgid1BaGGDoA

et au style de vie adopté aujourd'hui par une majorité de personnes. À ce chiffre, il faut aussi ajouter les déchets engendrés par la production d'énergie. Par exemple, en 2011, la quantité de déchets émis uniquement par le nucléaire était de 7900 milliards d'UBP⁴³.

Un UBP est une unité de mesure suisse qui calcule l'impact global pour l'environnement de tous les déchets. Cela peut comprendre, entre autres, les émissions de CO₂ dans l'air, l'eau et le sol de ce déchet, ainsi que l'utilisation des ressources énergétiques de la terre et de l'eau douce⁴⁴. C'est une mesure qui regroupe plusieurs facteurs. Par exemple, pour le nucléaire, l'UBP correspond aux émissions dues à la construction et au démantèlement des centrales nucléaires ainsi qu'à l'impact environnemental du «cycle de vie du combustible nucléaire»⁴⁵. Le nucléaire, à lui seul, représente 85,3 % des déchets dus à la fabrication d'énergie.

En 2050, il y aura une faible augmentation de déchets dus aux énergies renouvelables. En effet, la surélévation des barrages en montagne va engendrer des déchets en CO₂, de même pour la fabrication d'éoliennes ou de panneaux solaires. L'avantage est qu'après leur fabrication et leur installation, il n'y aura plus de déchets en gaz carbonique, excepté peut-être pour la maintenance de celles-ci. Néanmoins, l'augmentation de déchets en 2050 ne sera pas comparable aux déchets actuels du nucléaire.

C'est une des raisons pour lesquelles il est dorénavant interdit de construire de nouvelles centrales nucléaires en Suisse. Une centrale nucléaire a une durée de vie limitée. Beznau 2, Gösgen et Leibstadt sont les centrales suisses encore actives aujourd'hui et elles pourraient encore rester en activité jusqu'à leurs 60 années d'activité. Par exemple, la centrale de Leibstadt, la plus récente des centrales suisses, construite en 1984 pourrait rester en activité jusqu'en 2044⁴⁶. À partir de cette date, il n'y aura, en Suisse, plus de déchets dus au nucléaire.

Les trois scénarios donnés par le calculateur d' «Energy Scope» donnent un résultat quasi similaire par rapport au nombre d'UBP engendré par les différents déchets. L'impact des

⁴³Calculateur de l'EPFL

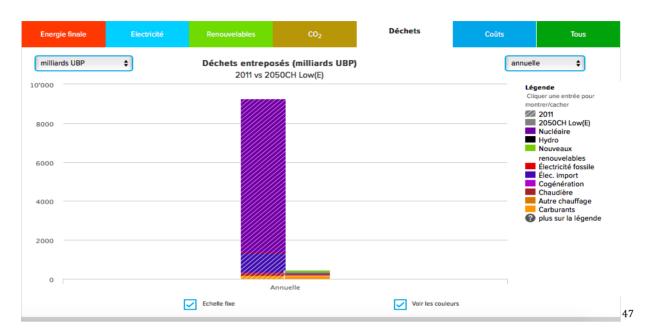
⁴⁴http://www.eco-

bat.ch/index2.php?option=com content&task=view&id=20&pop=1&page=0&Itemid=30

⁴⁵ http://wiki.energyscope.ch/doku.php?id=fr:deposited waste

⁴⁶ F.Vuille ; D.Favrat ; S.Erkman *Les enjeux de la transition énergétique Suisse,* EPFL PRESS, 2015, pp. 48-49.

déchets suisses va donc être diminué de 95,2 % en 2050 grâce à l'arrêt des centrales nucléaires. Il y aura donc nettement moins d'émissions de gaz à effet de serre dû aux déchets.



(Sans les déchets du nucléaire, la Suisse diminue considérablement l'impact des déchets sur la planète. En effet, il y aura une baisse de 95,216% entre 2011 et le scénario 2050CH Low(E).

⁴⁷ http://calculateur.energyscope.ch

2.3 Les énergies renouvelables

2.3.1 L'éolien :

Une éolienne utilise la force du vent pour créer de l'énergie. Cette énergie n'émet pas de gaz carbonique lorsqu'elle est en activité et c'est un grand point fort. Actuellement, seules 37 éoliennes sont implantées sur tout le territoire Suisse. En 2016, elles ont produit, durant toute l'année, environ 128 millions de kWh (0,128 TWh). Cela permet d'alimenter en électricité 36'600 foyers, soit 0,2% de la consommation d'électricité totale suisse⁴⁸.

En Suisse, il est possible d'augmenter le nombre de ces éoliennes et par conséquent la production, car le potentiel éolien est énorme. Si l'on implantait des éoliennes dans tous les endroits propices à l'utilisation d'éoliennes, la Suisse pourrait produire 52 TWh (téra watt). Cela correspond à 88 % de la consommation d'électricité nationale suisse en 2013 par an⁴⁹. Néanmoins, il faut rester lucide. Les Suisses aiment leurs paysages et ne voudraient pas y «planter» des éoliennes. De plus, les détracteurs des éoliennes affirment qu'elles produisent des nuisances sonores et qu'elles perturbent les routes migratoires des oiseaux. C'est principalement pour ces raisons que l'on ne peut pas en construire n'importe où.

La Confédération a donc sélectionné une centaine d'endroits où pourraient être placées 700 futures éoliennes. Ces installations permettraient, une fois en activité, de produire 4 TWh, soit un peu moins de 10 % du potentiel initial. C'est déjà un bon résultat si l'on ajoute ces 10 % au total que produiront les énergies renouvelables à l'horizon 2050.

De plus, selon le professeur Favrat, le rendement des éoliennes pourrait encore être amélioré grâce, par exemple, à l'amélioration des palles de l'éolienne⁵⁰. Le rendement qui est aujourd'hui de 23 % pourrait être augmenté jusqu'à 27 % en 2050⁵¹.

⁴⁸ http://www.suisse-eole.ch/fr/energie-eolienne/statistiques/

⁴⁹ F.Vuille ; D.Favrat ; S.Erkman *Les enjeux de la transition énergétique Suisse,* EPFL PRESS, 2015, pp. 122-123.

⁵⁰ Interview de Daniel Favrat

⁵¹ http://wiki.energyscope.ch/doku.php?id=fr:wind_energy_more

Le point négatif de cette énergie est que sa production n'est pas régulière tout au long de l'année. Il y a des saisons où le vent souffle plus et d'autres moins. En l'occurrence, les éoliennes produisent plus en hiver dû aux conditions météorologiques. C'est avantageux, car pour le moment il n'existe pas réellement de bon moyen de stockage d'énergie et étant donné que les besoins en énergie sont plus importants en hiver (chauffage, lumière), l'énergie produite par l'éolien est directement utilisée.

Répartition mensuelle [1]											
J	F	M	A	M	J	J	Α	S	0	N	D
0.120	0.093	0.104	0.065	0.065	0.050	0.055	0.050	0.058	0.103	0.112	0.125

(Les chiffres sont indiqués en pourcentage de l'énergie produite par mois. Il s'agit d'une moyenne calculée sur plusieurs années. Nous voyons donc bien qu'en hiver aux mois de décembre et janvier la production d'électricité d'éolienne est supérieure qu'en été.)

En 2013, au Danemark, 34% de l'électricité totale a été produite par les éoliennes.⁵² À Noël, du 23 au 24 décembre 2016, seule de l'énergie provenant des éoliennes a été utilisée. C'est un exemple très positif, car cela montre qu'il est possible de satisfaire les besoins en énergie d'une population uniquement grâce aux énergies renouvelables⁵³. Ceci est encourageant pour la Suisse, car cela montre l'importance du potentiel éolien. Il s'agit maintenant de convaincre la population d'implanter plus d'éoliennes.

Sachant qu'en Suisse le nombre d'éoliennes va augmenter ces prochaines années (résultats de la révision de la loi sur l'énergie votée le 21 mai 2017), l'énergie éolienne pourrait avoir une place dans la transition énergétique, mais à une faible échelle par rapport aux autres énergies renouvelables telles que le solaire, l'hydraulique ou la biomasse.

-

⁵² Piro Patrick, *La transition énergétique* ?, Belin, 2014, p. 58.

 $[\]frac{53}{\text{https://www.grazia.fr/news-et-societe/news/noel-le-danemark-a-assure-}100\text{-de-sa-consommation-electrique-grace-a-l-eolien-}839579}$

2.3.2 Le solaire:

Il existe deux types de panneaux solaires. Le premier se nomme panneau solaire thermique, et comme son nom l'indique il sert à chauffer l'eau dans certaines maisons grâce aux rayons solaires captés par les panneaux solaires. Le second est le panneau solaire photovoltaïque, il permet de générer de l'électricité directement à partir du panneau⁵⁴.

Le potentiel de l'énergie solaire en Suisse est énorme⁵⁵. On pourrait poser des panneaux solaires sur la majorité des toits et des façades des habitations suisses. Si l'on recouvrait toutes les surfaces disponibles des bâtiments suisses, en 2050, la totalité des besoins en eau chaude de tous les habitants suisses serait satisfaite ainsi qu'environ 40 % de la production d'électricité.

Le rendement des panneaux solaires sera amélioré grâce à la recherche dans des nouvelles technologies, financée en partie par l'état (plus particulièrement par la taxe sur le gaz carbonique). Les panneaux solaires photovoltaïques ont une grande marge d'amélioration en terme de rendement. Actuellement, un panneau solaire photovoltaïque a un rendement de 16 %. Il pourrait passer, en 2035, à 25% et donc augmenter de près de la moitié son rendement par rapport à aujourd'hui.

En 2050, si 80% des toits et des façades étant suffisamment exposés au soleil étaient pourvus de panneaux solaires photovoltaïques, l'électricité générée par des panneaux d'un rendement de 25 % atteindrait les 18 TW par heure. Soit les trois quarts de la production nucléaire actuelle⁵⁶.

En théorie, ce projet semble être «la future énergie renouvelable» pour la transition énergétique, mais en pratique il est difficile à réaliser. Lorsque l'on regarde dans le calculateur Energy Scope la part qu'aura le solaire dans toutes les énergies renouvelables exploitées, on remarque que cette part ne s'élèvera pas à plus de 7,5 %. Pourquoi ce chiffre est-il aussi bas? Cela est dû au fait que la pose de panneaux solaires photovoltaïques se fait par l'initiative même des Suisses et est en grande partie payé par eux.

⁵⁴ http://www.tpepanneauxsolaires.fr/fonctionnement.html

⁵⁵ F.Vuille ; D.Favrat ; S.Erkman, *Les enjeux de la transition énergétique Suisse,* EPFL PRESS 2015, pp. 118-119.

⁵⁶ F.Vuille; D.Favrat; S.Erkman, *Op. Cit.*, pp. 118-119.

Cependant, il existe une subvention nommée RCP (rétribution à prix coûtant) pour aider financièrement l'achat de panneaux solaires. Cela a pour but de promouvoir les énergies renouvelables, ce qui est l'un des buts de la stratégie énergétique 2050.

Dans les prochaines années, il y aura une baisse du coût des panneaux solaires et de leur installation, ainsi le prix de l'énergie produite par ce moyen baissera. Le calculateur du site Energy Scope estime que les panneaux coûteront, en 2050, 1500 CHF par KW installés alors qu'en 2011 leur prix était de 3500 CHF. Il sera donc très avantageux soit aujourd'hui soit à l'avenir d'investir dans des énergies renouvelables, car elles coûteront toujours moins cher et existeront toujours lorsque les énergies fossiles telles que le pétrole ou le gaz auront disparu.

L'un des points forts de cette énergie est que les panneaux photovoltaïques ne produisent pas de CO₂ lors de la production d'électricité, ils en produisent uniquement lors de la fabrication de panneaux ou lors de la maintenance. Le point négatif est que, comme pour l'énergie éolienne, le solaire est plus productif en été dû aux conditions météorologiques⁵⁷.

En conclusion, les panneaux photovoltaïques ont leur place dans la transition énergétique grâce à leurs rendements très prometteurs et à leur prix de plus en plus abordable.

2.3.3 L'hydraulique:

Il existe deux types de production d'électricité utilisant l'eau comme source d'énergie. Le premier type est la grande hydraulique qui inclut tous les barrages d'une puissance supérieure à 10 MW. Le second type est la petite hydraulique qui représente toutes les centrales d'une puissance inférieure à 10 MW.

Aujourd'hui, l'électricité produite par la «grande» hydraulique représente 32 TWh⁵⁸. Cela représente environ 50 % de l'énergie totale consommée en Suisse en une heure⁵⁹. La grande hydraulique a donc encore un grand rôle à jouer pour la transition énergétique

^{57 &}lt;a href="http://wiki.energyscope.ch/doku.php?id=fr:photovoltaic more">http://wiki.energyscope.ch/doku.php?id=fr:photovoltaic more

⁵⁸ F.Vuille ; D.Favrat ; S.Erkman, *Les enjeux de la transition énergétique Suisse,* EPFL PRESS, 2015, pp. 42-43.

⁵⁹ http://www.bfe.admin.ch/themen/00490/00491/00492/index.html?lang=fr

2050. Par contre, son potentiel d'amélioration du rendement est très faible. D'ici à 2050, grâce au possible surélèvement de certains barrages, nous pourrions passer de 32 TW à 35 TW par heure produite, ce qui représente une amélioration de la production d'un peu moins de 10%.

Malgré cela, l'avenir reste incertain. Avec la fonte des glaces, le potentiel de la grande hydraulique sera probablement en baisse, mais il y aura toujours des précipitations qui rempliront les barrages et pourront être exploitées pour produire de l'énergie.

L'un des avantages de la «grande» hydraulique est le fait que l'on peut «stocker» l'énergie qui se trouve en surplus sur le réseau électrique européen. Par exemple, durant les heures creuses (heures où moins d'électricité est consommée), les barrages étant équipés de pompes pompent de l'eau se trouvant dans un lac à basse altitude et montent cette eau dans un barrage à accumulation. Cela permet donc de stocker temporairement de l'énergie étant donné que lorsque l'on en a besoin, il suffit de faire descendre l'eau dans les turbines pour recréer de l'électricité. Le problème est que, lors du pompage de l'eau, il y a une perte de 20% de l'électricité initiale. C'est donc un moyen temporaire de stocker de l'énergie, mais ce n'est pas un moyen très rentable. Il faudrait améliorer et optimiser le réseau européen pour ne pas avoir de surplus, car cela engendre une perte financière et énergétique.

La petite hydraulique est un type d'énergie qui, depuis quelques années, fait beaucoup parler de lui. En effet, ce type de production qui s'installe «au fil de l'eau» est peu onéreux et pollue peu. En 2006, la Confédération a créé un programme de soutien nommé RCP qui fournissait des fonds pour l'accélération du développement de la petite hydraulique. Depuis, les initiatives et les projets visant à construire ce type de centrales fleurissent.

En 2050, la part d'énergie fournie par ces centrales pourrait atteindre 5 TW par heure si la confédération garde en place son programme RCP. Ce projet est parfaitement réalisable et est très prometteur.

2.3.4 La géothermie :

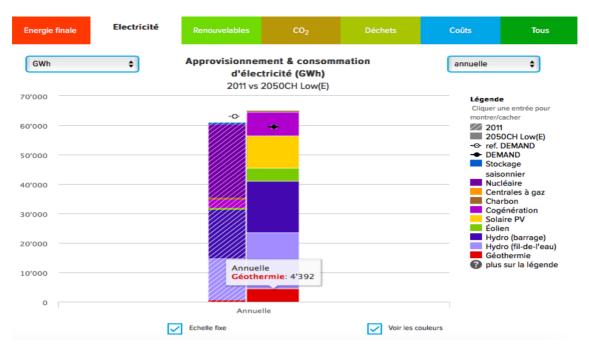
La géothermie est une énergie que l'on exploite sous terre. En Suisse, jusqu'à maintenant on se servait de la géothermie principalement pour chauffer des bains thermaux ainsi que des habitations. Pour cela il suffit de creuser entre 600 et 1500 mètres en dessous de la surface terrestre. C'est la géothermie de moyenne profondeur. Sur le territoire Hélvétique, pour pouvoir exploiter des sources de chaleur et en tirer de l'électricité, il faut forer entre 4 et 5 kilomètres de profondeur. On nomme ceci la géothermie profonde. En Suisse, elle n'a été que très peu exploitée en raison des risques financier, technologique et sismique. En 2050, si l'on exploitait ce type d'énergie, on pourrait produire 4,4 TW par heure et ainsi contribuer à la transition énergétique 2050 de l'ordre de 6-9 %. L'avantage de cette énergie est qu'elle fonctionne toute l'année, car la chaleur sous la terre reste tandis que l'éolien et le solaire sont tributaires des fluctuations météorologiques et des saisons.

De plus, la géothermie n'est pas polluante, ce qui la rend très attractive pour le futur de la planète et de la transition énergétique 2050. En Islande, à Reykjavik, 80% du chauffage des habitations est produit par la géothermie⁶⁰. Cela montre le potentiel qu'a la géothermie pour le chauffage.

L'inconvénient est qu'il faut aller chercher les sources de chaleur très profondément. Ceci entraîne des vibrations sismiques. Lors d'un projet à Saint Gall, un séisme de 3,5 sur l'échelle de Richter c'était fait ressentir et avait provoqué l'arrêt immédiat du projet. De plus les conditions géologiques de la Suisse ne sont pas idéales pour le forage.

Ces raisons expliquent que la géothermie n'ait pas été beaucoup utilisée jusqu'à aujourd'hui. Le potentiel de cette énergie pour la transition énergétique existe bel et bien, mais les risques liés à la méthode d'exploitation restent conséquents. De ce fait, sa place dans la transition énergétique suisse n'est pas avérée ou du moins ne sera pas importante.

⁶⁰ https://www.usinenouvelle.com/article/l-islande-texas-de-la-geothermie.N219110



(Selon le scénario le plus positif pour 2050 de l'EPFL, la géothermie représentera un peu moins de 7 % de la production d'électricité totale.)

2.3.5 La biomasse:

La biomasse est une des énergies les plus polyvalentes et qui a le plus de potentiel au monde. Aujourd'hui, la biomasse représente mondialement 11% de la production d'énergie totale⁶¹. C'est une «nouvelle énergie» que l'on n'exploite pas suffisamment en Suisse actuellement. La biomasse utilise tous les déchets organiques qu'ils soient d'origine animale ou végétale afin de créer de l'énergie sous forme de chaleur, d'électricité et aussi de carburant. C'est ce qui la rend polyvalente, car d'une unique source, on peut créer divers types d'énergie sous différentes formes. De plus, la biomasse ne dépend pas des conditions météorologiques comme pour le solaire ou l'éolien. Elle n'est, pas en principe, polluante, car tous les déchets, matériaux utilisés sont naturels. En effet, lorsque le bois, les fleurs poussent elles transforment le CO₂ en oxygène. Lors de la combustion, le CO₂ émis est en quelque sorte compensé par la le CO₂ transformé durant la vie des plantes, arbres, etc.

Cependant, cette fabrication d'énergie est controversée. Lors de la combustion de bois pour créer de l'énergie, de nombreuses particules fines sont émises. En France, en 2010, la

⁶¹ J. Vernier, Les énergies renouvelables, puf, 2014, pp.75

combustion de bois représentait 40% des émissions nationales de particules fines⁶². Ces particules sont très nocives pour la santé, car elles s'infiltrent dans les poumons et rendent difficile la respiration. Elles créent notamment de l'asthme chez les enfants⁶³. La biomasse engendre aussi la déforestation et tous ses effets néfastes sur l'environnement que cela crée : érosion des sols, désertification, disparition d'espèces vivantes (dans certains pays).

La fabrication de biocarburants pose aussi certains problèmes. Lorsque l'on consomme des biocarburants, du gaz carbonique est relâché dans l'atmosphère. Cependant, celui-ci est absorbé par les plantes, utilisées à la fabrication de biocarburants, qui croissent. C'est un cycle qui semble idéal. En réalité, il y a d'autres facteurs à prendre en compte pour la création de biocarburants. Lors de la pousse des plantes, on utilise des engrais azotés pour accélérer la croissance des plantes. Du protoxyde d'azote est ainsi relâché dans l'atmosphère et celui-ci participe grandement à l'effet de serre, car il est 296 fois plus nocif que le CO₂. De plus, le transport de ces biocarburants relâche du gaz carbonique dans l'air⁶⁴. Certes les biocarburants sont nettement moins polluants que les carburants fossiles, mais ils ont de nombreux points négatifs qui sont à prendre en compte.

Actuellement, la production d'énergie par la biomasse représente un peu plus de 5% de toute l'énergie finale produite en Suisse⁶⁵. Elle pourrait, en 2050, représenter plus de 22% de la production d'énergie dans notre pays⁶⁶. Cette énergie est très prometteuse pour la transition énergétique, mais il faut être attentifs à ses inconvénients.

2.3.6 Pourquoi promouvoir les énergies renouvelables?

La description du potentiel des différentes énergies renouvelables pour la transition énergétique 2050 est très positive. Lorsque l'on additionne ce que pourrait être leur production d'énergie en 2050, on se rend compte que l'on peut très bien s'affranchir du nucléaire sans trop de crainte. Les 5 centrales nucléaires encore en fonction produisent

⁶² J. Vernier, Op. Cit, p. 81.

⁶³ http://sante.lefigaro.fr/mieux-etre/environnement/particules-suspension/quels-risques-pour-sante

⁶⁴ J.Vernier, *Les énergies renouvelables*, puf, 2014, pp.89-90

⁶⁵ F.Vuille ; D.Favrat ; S.Erkman, *Les enjeux de la transition énergétique Suisse,* EPFL PRESS, 2015, pp. 128-129.

⁶⁶ Calcul réaliser sur le calculateur de « Energy Scope ».

25 TWh par année et la production d'énergie grâce aux énergies renouvelables en produira 24 TWh en 2050.67 Survivre sans énergie nucléaire est donc parfaitement envisageable à long terme. Néanmoins un problème subsiste. Le nucléaire a une production constante tout au long de l'année tandis que certaines énergies renouvelables comme l'éolien, l'hydraulique et le solaire ont tendance à varier selon les périodes de l'année. Par exemple, l'éolien produit plus en hiver, car les conditions météorologiques y sont plus propices, alors que le solaire et l'hydraulique produisent plus en été. Étant donné que la demande en énergie est plus importante en hiver, il faudrait trouver un moyen de stocker le surplus d'énergie produit en été pour l'utiliser durant l'hiver. Et pour cela, la Suisse a grand intérêt de promouvoir et financer la recherche. Il existe cependant toujours la solution d'importer de l'énergie, mais ce n'est pas dans le but premier de la Suisse. Il est donc très important que la Suisse promeuve les énergies renouvelables en finançant la recherche. De plus, dans le monde (moyenne entre tous les pays), la part d'énergies renouvelables dans la production d'électricité était de 22,1% en 2014. Une grande partie de 22,1% était produite par l'hydroélectricité. Ce pourcentage augmentera probablement dans les années à venir grâce à l'essor certain de la biomasse, de l'hydraulique ainsi que de l'énergie solaire⁶⁸.

_

⁶⁷ F.Vuille; D.Favrat; S.Erkman, *Op. Cit.*, pp. 146-147.

⁶⁸ B. Barré; B. Mérenne-Schoumaker, *Atlas des énergies mondiales : Quels choix pour demain?*, autrement, 2015, pp. 64-65

2.4 La sortie du nucléaire et ses conséquences

2.4.1 Le contexte de la sortie du nucléaire en Suisse :

En 2011, l'explosion de la centrale nucléaire de Fukushima déversa dans l'air ainsi que dans les océans des particules radioactives contaminant de ce fait tout être végétal et animal exposé. Suite à ce désastreux événement, la Confédération a réfléchi à l'impact que pourrait avoir un pareil accident en Suisse. Sachant que la Suisse possède 5 centrales nucléaires, le danger d'une explosion de réacteur ou autre accident n'est pas exclu. Le 21 mai 2017, les citoyens suisses ont voté en faveur de la loi sur l'énergie et donc en faveur de l'interdiction de construire de nouvelles centrales nucléaires dans le futur.

2.4.2 Le nucléaire en Suisse :

Actuellement, seul trois des cinq centrales sont encore en activité. La centrale de Mühleberg va être fermée en 2019, car le prix à payer pour continuer l'exploitation est trop élevé⁶⁹. Ensuite, Beznau 1 ne va pas redémarrer avant que l'IFSN⁷⁰ puisse certifier du bon fonctionnement de la centrale. Récemment, la vérification de la cuve de pression de la centrale a montré qu'elle comptait pas moins de 925 petits trous d'un diamètre d'environ 7 millimètres chacun⁷¹.

Les exploitants du nucléaire se retrouvent face à un dilemme : faut-il continuer l'exploitation des centrales ou faut-il les démanteler? Dans les deux cas, c'est financièrement très cher, car rénover ou démanteler ces centrales est coûteux. En général, le prix de l'arrêt des centrales nucléaires se chiffre en plusieurs centaines de millions de francs.

⁶⁹ https://fr.wikipedia.org/wiki/Centrale nucléaire de Mühleberg

⁷⁰ Inspection fédérale de la sécurité du nucléaire

⁷¹ http://www.tdg.ch/suisse/Le-redemarrage-de-Beznau-1-est-a-nouveau-repousse/story/11123989

Lorsque les centrales nucléaires Beznau 2, Gösgen et Leibstadt encore actives aujourd'hui seront décrétées trop anciennes ou étant trop dangereuses, elles seront alors fermées et il n'y aura plus de centrales en Suisse. Le Conseil fédéral est conscient des conséquences qu'engendrera la fermeture de ces centrales. Il faut maintenir un approvisionnement sûr et continu, mais il faut aussi privilégier l'énergie indigène et si possible, renouvelable.

Nous avons vu précédemment dans le chapitre sur les énergies renouvelables qu'elles pourraient en 2050, compenser à 96 % le déficit en électricité dû à l'arrêt des centrales nucléaires. Néanmoins, l'apport en énergie de ces énergies renouvelables n'est pas constant tout au long de l'année, car certaines méthodes telles que le solaire, l'hydraulique et l'éolien produisent plus ou moins à certaines périodes de l'année. Il faut donc trouver une alternative pour garder un approvisionnement constant tout au long de l'année.

Pour cela, il existe le stockage saisonnier qui pourrait en partie régler le problème d'approvisionnement, nous en parlerons dans un prochain chapitre. Il y a également la possibilité d'importer de l'énergie de l'étranger. C'est ce que nous faisons actuellement. En 2013, nous importions 78 % de sources d'énergie primaires à l'étranger. Nous devions et nous devons encore aujourd'hui importer de l'uranium pour faire fonctionner nos centrales nucléaires. De même, nous devons importer de l'essence qui représente 35 % de notre consommation en énergie finale, du gaz. Cette solution est utile en cas de pénurie d'énergie, mais va à l'encontre du projet de la Suisse d'être autosuffisante du point de vue énergétique.

2.5 L'efficience énergétique

2.5.1 Ou'est-ce que l'efficience énergétique :

L'efficience énergétique est un des concepts fondamentaux de la transition énergétique. Cela consiste à dépenser moins d'énergie tout en fournissant le même service, par exemple pour éclairer ou chauffer⁷². Actuellement, dans notre vie courante, il y a de nombreuses manières d'améliorer et de rendre plus efficiente notre consommation d'énergie.

Rien que pour le chauffage des bâtiments en hiver, nous pourrions économiser 70 % d'énergie de chauffage avec des bâtiments bien isolés selon le label *Minergie*® par rapport à des habitations datant de 1970 et d'avant (le nombre d'habitations datant de 1970 et moins représente 50 % du parc de bâtiment Suisse)⁷³. Cette économie d'énergie représenterait 36 TWh par an, soit environ 15 % de la consommation d'énergie finale totale suisse. Ce serait très bénéfique pour l'ambition de la Suisse qui vise à baisser de 50 % la consommation d'énergie finale d'ici 2050. Néanmoins, ce projet n'a pas un taux de réussite de 100%. En effet, il faudrait rénover la plupart des habitations suisses. Pour cela, une aide supplémentaire de 450 millions de francs par an va être allouée au projet⁷⁴. Elle permettra de subventionner de nombreux projets de rénovation de bâtiments.

Il subsiste un problème imprévisible, celui de l'effet rebond. Cet effet rebond consiste à penser que le consommateur qui vient de rénover sa maison et qui sait qu'elle consomme moins va être moins précautionneux vis-à-vis de ses dépenses énergétiques et par conséquent, le fait d'avoir mieux isolé la maison ne servira à rien. Selon le livre *Les enjeux de la transition énergétique Suisse* de l'EPFL, si un effet rebond a lieu, on pourrait perdre jusqu'à 60% de l'efficacité du but initial (de baisser la consommation d'énergie).

⁷² https://www.romande-energie.ch/qui-sommes-nous/engagements/efficience-energetique

 $^{^{73}}$ F. Vuille ; D. Favrat ; S.Erkman, Les enjeux de la transition énergétique Suisse, EPFL PRESS, 2015, pp. 78-79.

⁷⁴ Explication du conseil fédéral sur la votation du 21 mai 2017 sur la loi de l'énergie.

En somme, il y a de nombreuses variables à prendre en compte pour l'efficience énergétique en général et seule la mise en pratique de ces mesures nous montrera si elles se révèlent efficaces ou non.

L'efficience énergétique s'applique à différents secteurs, dont le parc automobile. Il faut trouver un moyen pour consommer moins de carburant pour parcourir une certaine distance comme les voitures électriques ou autres. On pourrait aussi trouver le moyen de produire plus d'énergies renouvelables en améliorant le rendement des usines. Il y a beaucoup de secteurs où l'on peut améliorer l'efficience énergétique et pour que cela marche il faut que l'industrie technologique investisse dans la recherche et que les citoyens suisses prennent conscience de l'enjeu environnemental qui pèse sur eux et prennent des initiatives pour économiser de l'énergie ou pour rénover leurs habitations.

2.5.2 Le stockage énergétique :

Le stockage d'énergie est très important pour la transition énergétique, car il permet de réguler l'afflux d'énergie dans le réseau électrique. Le stockage d'énergie permettrait d'économiser et de minimiser les pertes d'énergie. L'idéal serait que dans des périodes creuses, moments dans la journée où l'on utilise en moyenne peu d'énergie, on puisse en stocker pour l'heure de pointe. En hiver, notamment, la demande d'énergie est plus forte. Si l'on pouvait stocker le surplus d'énergie produit en été et le garder pour l'hiver, nous aurions moins besoin d'importer et par conséquent nous serions plus autosuffisants.

Ce qui est paradoxal et désolant dans la production d'énergie en Suisse c'est que nous produisons assez d'énergie pour toute une année (production : 58,694 TWh en 2016 et consommation : 58,238 TWh en 2016), mais nous en importons quand même (38,019 TWh en 2016)⁷⁵. Cette importation est due au fait que la production d'électricité suisse n'est pas régulière tout au long de l'année et par conséquent, la Suisse doit exporter de l'énergie en été et en importer en hiver. De plus, les entreprises possédant des barrages qui font du pompage-turbinage importent de l'électricité pour faire du pompage-turbinage durant la nuit. La nuit l'électricité coûte peu, car la demande d'électricité est faible. La journée, les

⁷⁵http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00542/00631/index.html?lang=fr&dossier_id=00763

barrages revendent l'électricité pompée durant la nuit à un prix plus élevé. Nous importons souvent de l'énergie à but lucratif.

Il est donc important de pouvoir stocker le surplus d'énergies produit en été pour ne plus avoir à importer de l'énergie en hiver. Pour cela, il existe de nombreuses techniques de stockage d'électricité, mais il faudrait trouver une manière de stocker très efficace et efficiente, car aujourd'hui le stockage-turbinage permet de stocker de l'énergie, mais il y a une perte notable d'énergie de l'ordre de 20%.

Il existe des batteries, créées par l'entreprise Tesla, qui se chargent directement à partir de panneaux solaires et permettent ainsi de stocker de l'énergie⁷⁶. Ensuite, il existe le stockage sous forme d'air comprimé. Lorsque l'on n'a pas besoin d'électricité, on comprime de l'air avec l'électricité que l'on veut stocker et lorsque l'on veut récupérer de l'électricité, on la laisse «s'échapper» à travers de turbines qui recréent de l'électricité. En Suisse, en 2016, l'EPFL a installé à Biasca, au Tessin, une usine test pour le stockage sous forme d'air comprimé. La capacité de cette «batterie» pourrait alimenter en énergie la ville de Lugano pendant 12 à 24h⁷⁷. Si les résultats s'avèrent concluants, la Suisse pourrait investir dans ce nouveau type de stockage qui est efficient à 72 %. On peut aussi stocker de l'électricité à l'aide d'hydrogène et de méthane. Par un procédé chimique, on peut stocker de l'hydrogène (gazeux ou liquide) dans une pile à combustible pour ensuite produire à nouveau de l'électricité. Quant au méthane, par une électrolyse d'hydrogène, on peut méthaniser du dioxyde de carbone. C'est-à-dire, créer du méthane. En brûlant ce gaz, on peut à nouveau créer de l'énergie.

En bref, le principal défi pour le stockage d'énergie est d'augmenter le rendement des méthodes de stockage afin de pouvoir absorber le surplus d'électricité lorsqu'il est nécessaire, et de pouvoir le relâcher en cas de besoin⁷⁸. Il existe donc de nombreux types de stockage qui feront probablement, dans une certaine mesure, partie de la transition énergétique 2050.

⁷⁶ Interview de Daniel Favrat : Annexe 1

⁷⁷ https://www.rts.ch/info/sciences-tech/8641271-une-batterie-geante-pour-energie-renouvelable-enfouie-dans-les-alpes.html

⁷⁸ B.Dessus, *Déchiffrer l'énergie*, Belin, 2014, pp.202-203

3. Conclusion:

Pour accomplir correctement la transition énergétique de la Suisse, il faut que tous les points énumérés dans le développement soient appliqués. Cela comprend, dans un premier temps, de baisser les émissions de gaz carbonique de 50 % d'ici à 2030 par rapport à l'ère préindustrielle, en accord avec les mesures prises lors de la COP 21 et dans un second temps, que les Suisses baissent encore leurs émissions carbones (cependant sans objectifs fixés au préalable).

Pour faciliter la baisse des émissions de CO₂, la Suisse va s'appuyer sur diverses mesures et réformes. Avec la réforme sur la loi sur l'énergie acceptée par le peuple suisse le 21 mai, il va y avoir une révision des lois du parc automobile et immobilier. Ceci a pour but de réduire les émissions de gaz carbonique dû au transport ainsi que de ne pas gâcher d'énergie en chauffant des habitations, et ce par des mesures d'efficience énergétique comme une meilleure isolation des immeubles et des maisons.

La Suisse, dans une optique de devenir autosuffisante en énergie et par sécurité a voté l'interdiction de construire de nouvelles centrales nucléaires. Par conséquent, dû au fait que les centrales nucléaires ont des durées de vie limitée, dans 50 ans environ nous ne produirons plus d'énergie nucléaire.

L'arrêt des centrales nucléaires va entraîner un manque énergétique. C'est là qu'entrent en jeu les énergies renouvelables. La Suisse va promouvoir le développement des énergies renouvelables sur son sol. En 2050, les énergies renouvelables pourront remplacer l'énergie produite par le nucléaire. Il est donc important que le développement des énergies renouvelables soit assuré. Il faut donc trouver des technologies permettant l'amélioration du rendement des machines produisant de l'énergie propre.

Un problème subsiste: à l'inverse de l'énergie nucléaire qui produit de l'énergie continuellement toute l'année, les énergies renouvelables dépendent des conditions météorologiques qui varient toute l'année. La production d'énergies propres est donc irrégulière.

Actuellement, on produit plus d'énergie en été et pas assez en hiver. Il faut donc trouver des moyens de stocker l'énergie en surplus de l'été pour l'utiliser durant l'hiver. C'est un des grands défis de la transition énergétique et il est difficile de prévoir comment évolueront les technologies permettant le stockage énergétique.

Si la Suisse arrive à respecter les conditions énumérées ci-dessus, elle pourra devenir petit à petit autosuffisante. Il faudra encore trouver un moyen de s'affranchir des carburants comme le pétrole que nous importons. Ce problème se résoudra probablement avec les voitures électriques ou les biocarburants.

Ces objectifs et ces mesures ont pour but de permettre à la Suisse d'être autosuffisante en énergie et de garder un approvisionnement sûr et abordable en énergie à la population, mais surtout de polluer moins et de permettre à la Terre de se «régénérer» et de ne pas dépasser les 2° Celsius par rapport à l'ère préindustrielle qui serait une catastrophe écologique une fois dépassée (bien qu'actuellement nous ayons que 5% de chance de ne pas dépasser les deux degrés).

Il faut que la Suisse respecte réellement ses engagements pour la transition énergétique et que le reste du monde fasse de même pour garantir un futur sûr et sain pour les générations à venir.

Ce sujet de la transition énergétique est vaste, c'est pourquoi dans ce travail nous nous sommes concentrés uniquement sur l'enjeu environnemental en Suisse.

Pour mieux cerner ce sujet il faut aussi prendre en compte les enjeux sociaux-politiques ainsi qu'économique.

De plus, pour bien comprendre l'impact d'une transition énergétique sur le monde, il faudrait s'intéresser à chaque pays et voir ce que les efforts cumulés de ceux-ci feraient sur la planète. Il serait aussi intéressant de faire le même travail pour des pays en voie de développement afin de comparer le déroulement d'une transition énergétique dans différents pays.

Le message principal à retenir de ce qui précède est que la planète souffre et qu'il faut tout faire pour baisser les émissions de gaz à effet de serre. C'est tout l'enjeu de la transition énergétique.

3.1 Bilan personnel:

Ce travail de maturité m'a beaucoup enrichi personnellement. Grâce à mes recherches, j'ai pu prendre conscience de l'enjeu environnemental mondial qu'est le dérèglement climatique dû à la pollution croissante et accélérée des dernières décennies.

Pour ce travail, j'ai rencontré plusieurs obstacles :

- Le premier est qu'il n'y a que peu d'ouvrages traitant de la transition énergétique Suisse en profondeur. J'ai néanmoins pu trouver toutes les sources nécessaires à l'écriture de ce travail grâce à un livre très complet de l'EPFL, à de nombreuses sources internet de la Confédération Suisse et autres.
- Le second a été de trouver des personnes à interviewer. J'ai réussi à contacter Mme Lisa Mazzone et le Pr. Favrat qui ont pu m'accorder du temps pour une interview. Ce sont des personnes d'une certaine renommée et je suis content que leurs interviews fassent partie de mon travail.

Je suis cependant déçu de n'avoir pas pu réaliser ces interviews après l'été, car je me suis rendu compte, lors des interviews, que je n'étais pas assez informé sur la transition énergétique. Dans l'idéal, il aurait fallu faire ces interviews après la rédaction du développement, car suite à la fin de celle-ci, je me suis posé plusieurs questions qui auraient eu le mérite d'être posées lors d'un des deux entretiens.

Je suis fier du travail que j'ai accompli tout au long de cette année et content d'avoir approfondi ce sujet qui me tient à cœur.

3.2 Remerciements:

Je remercie mon professeur accompagnant Marco Salone pour sa disponibilité et la pertinence de ses remarques.

Je remercie ma marraine Shirin Hatam qui m'a permis de rencontrer Lisa Mazzone.

Je remercie le professeur Daniel Favrat ainsi que Lisa Mazzone pour leur accueil et le temps qu'ils m'ont accordé.

Enfin, je remercie mes parents qui m'ont soutenu pour le déroulement de mon travail de maturité.

Bibliographie:

Ouvrages généraux

1. Encyclopaedia Universalis, Universalis France S.A., 2004

Livres

- 1. VUILLE, François et alii, *Les enjeux de la transition énergétiques Suisse*, éd. EPFL PRESS, Lausanne, 2015
- 2. PIRO, Patrick, *La transition énergétique* ?, éd. Belin, Saint-Just-la-Pendule, 2014
- 3. B.Dessus, Déchiffrer l'énergie, Belin, 2014
- 4. J. Vernier, Les énergies renouvelables, puf, 2014
- 5. Association Négawatt, *Changeons d'énergies : transition, mode d'emploi,* Acte Sud Colibris, 2011, pp. 18-19
- 6. Bertrand Barré et alii, *Atlas des énergies mondiales : Quels choix pour demain ?*, autrement, 2015

• Sites Internet

1. https://www.agirpourlenvironnement.org/sites/default/files/imagecache/illustration actu blog 508/images/actualites/jaifaitunreve.gif

Transition énergétique : Hier, j'ai fait un rêve... (Image)

Stéphen Kerckhove

Page consultée le 12 octobre 2017

2. http://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2014/11/04/climat-5-rapports-du-giec-5-chiffres-alarmants/4517326/4355770.html

Climat: 5 rapports du GIEC, 5 chiffres alarmants

Alexandre Pouchard

Page consultée le 3 avril 2017

3. https://www.admin.ch/ch/f/gg/pc/documents/2210/Strategie-energetique-2050 Rapport-expl fr.pdf

Rapport explicatif concernant la Stratégie énergétique 2050(1.6.4) Confédération Suisse

Page consultée le 3 avril 2017

4. http://wiki.energyscope.ch/doku.php?id=fr:nuclear

Centrales nucléaires

EPFL

Page consultée le 5 avril 2017

5. http://static.canalblog.com/storagev1/masterlea.canalblog.com/images/effetdeserre.jpg

(Image)

Page consultée le 10 octobre 2017

6. https://robertscribbler.files.wordpress.com/2016/08/rcp-8-5-nature.jpg (Image)

Page consultée le 10 octobre 2017

7. http://www.bilan.ch/economie/regles-de-laccord-climat-restent-a-definir Les règles de l'accord sur le climat restent encore à définir. Bilan

Page consultée le 13 mai 2017

8. http://www.atlantico.fr/decryptage/quoi-ressemblera-terre-en-2100-christian-gollier-867023.html

A quoi ressemblera la Terre en 2100?

Pas d'auteur précisé

Page consultée le 13 mai 2017

9. http://www.lemonde.fr/cop21/article/2015/11/09/rechauffement-des-grandes-villes-menacees-par-la-montee-des-eaux 4805574 4527432.html
Réchauffement climatique : des grandes villes menacées par la montée des

Pas d'auteur précisé

Page consultée le 13 mai 2017

10. https://www.letemps.ch/sciences/2014/04/10/suisse-eleve-kyoto

La Suisse n'est pas le bon élève de Kyoto

Pas d'auteur précisé

Page consultée le 21 mai 2017

11. http://www.lemonde.fr/planete/article/2017/08/01/seulement-5-de-chances-de-limiter-le-rechauffement-climatique-a-2-c 5167201 3244.html

Seulement 5% de chance de limiter le réchauffement climatique à 2° Pas d'auteur précisé

Page consultée le 28 octobre 2017

12. https://www.rts.ch/play/tv/12h45/video/les-objectifs-de-reduction-des-emissions-de-gaz-a-effet-de-serre-prevus-par-le-protocole-de-kyoto-ne-sont-pas-atteints-par-de-nombreux-pays?id=3639256

Les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre prévus par le protocole de Kyoto ne sont pas atteints par de nombreux pays.

Pas d'auteur précisé

Page consultée le 21 mai 2017

13. http://blog.bio-ressources.com/2012/01/30/protocole-de-kyoto-et-sanction-du-canada-la-menace-fantome/

Protocole de Kyoto et sanction du Canada : La menace fantôme Nberst

Page consultée le 23 janvier 2018

14. http://www.futura-sciences.com/planete/actualites/climatologie-emissions-co2-nouvelle-envolee-26-2012-43185/

Emissions de CO₂: nouvelle envolée avec + 2,6 % en 2012!

Quentin Mauguit

Page consultée le 21 mai 2017

15. http://mtaterre.fr/dossiers/bilan-de-la-cop21-vers-un-nouveau-monde/petit-decryptage-de-laccord

Bilan de la COP 21 : Vers un nouveau monde?

Pas d'auteur précisé

Page consultée le 24 mai 2017

16. https://www.tdg.ch/savoirs/environnement/hausse-temperatures-2016-bat-records/story/19884552

Hausse des températures : 2016 bat tous les records

Pas d'auteur précisé (RTS)

Page consultée le 24 mai 2017

17. https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/developpement-durable/empreinte-ecologique.html

L'empreinte écologique de la Suisse

Pas d'auteur précisé

Page consultée le 27 septembre 2017

18. https://fr.wikipedia.org/wiki/Biocapacité

Biocapacité

Pas d'auteur précisé

Page consultée le 12 octobre 2017

 $19.\,\underline{https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/climat/info-}$

specialistes/politique-climatique.html

Politique climatique suisse

Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Page consultée le 1 juillet 2017

20. http://www.energyscope.ch/calculateur-energetique/

Calculateur énergétique

EPFL

Page consultée le 3 juillet 2017

21. https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/climat/donnees-indicateurs-cartes/donnees/inventaire-des-emissions-de-gaz-a-effet-deserre.html

Inventaire des émissions de gaz à effet de serre

Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Page consultée le 4 juillet 2017

22. <u>Https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/climat/donnees-indicateurs-cartes/donnees/inventaire-des-emissions-de-gaz-a-effet-deserre.html</u>

Inventaire des émissions de gaz à effet de serre

Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Page consultée le 4 juillet 2017

23. https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/climat/info-specialistes/politique-climatique/taxe-sur-le-co2/taxe-sur-le-co2-prelevee-sur-le-co2-prelevee-sur-le-combustibles.html

Taxes sur le CO₂ prélevée sur les combustibles

Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Page consultée le 7 juillet 2017

24. https://www.google.ch/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0ahUKEwjbt8aQ5YjVAhWHPRoKHXPrDt0QFgg2MAM&url=https%3A%2F%2Fwww.bafu.admin.ch%2Fdam%2Fbafu%2Ffr%2Fdokumente%2Fabfall%2Fuz-umwelt-zustand%2Fent-sorgen-

abfallinderschweizillustriert.pdf.download.pdf%2Felimination des dechetsillustrationensuisse.pdf&usg=AFQjCNGWqjbgI uVkIQX6jZgid1BaGGDoA

Elimination des déchets

Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Page consultée le 7 juillet 2017

25. http://www.eco-

bat.ch/index2.php?option=com_content&task=view&id=20&pop=1&page=0 &Itemid=30

Les impacts environnementaux

Pas d'auteur précisé

Page consultée le 8 iuillet 2017

26. http://wiki.energyscope.ch/doku.php?id=fr:deposited waste

Déchets résiduels

EPFL

Page consultée le 8 juillet 2017

27. http://wiki.energyscope.ch/doku.php?id=fr:wind_energy_more

Energie éolienne

EPFL

Page consultée le 1 juillet 2017

28. https://www.grazia.fr/news-et-societe/news/noel-le-danemark-a-assure-100-de-sa-consommation-electrique-grace-a-l-eolien-839579

Noël : Le Danemark a assuré 100% de sa consommation électrique grâce à l'éolien

Oriane Eckert.

Page consultée le 29 septembre 2017

29. http://www.tpepanneauxsolaires.fr/fonctionnement.html

Les panneaux solaires

Tanguy L.

Page consultée le 2 juillet 2017

30. http://wiki.energyscope.ch/doku.php?id=fr:photovoltaic more

Photovoltaïque

EPFL

Page consultée le 2 juillet 2017

31. http://www.bfe.admin.ch/themen/00490/00491/00492/index.html?lang=f

r

Grande hydraulique

Office fédéral de l'énergie (OFEN)

Page consultée le 3 juillet 2017

32. http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00542/00631/index.html ?lang=fr&dossier id=00763

Statistique de l'énergie 2016.

Confédération Suisse

Page consultée le 12 juillet 2017

33. https://fr.wikipedia.org/wiki/Centrale nucléaire de Mühleberg

Centrale nucléaire de Mühleberg

Auteurs multiples

Page consultée le 27 juillet 2017

34. http://www.tdg.ch/suisse/Le-redemarrage-de-Beznau-1-est-a-nouveau-repousse/story/11123989

Le redémarrage de Beznau 1 est à nouveau repoussé.

Pas d'auteur précisé

Page consultée le 27 juillet 2017

35. https://www.romande-energie.ch/qui-sommes-

nous/engagements/efficience-energetique

Efficience Energétique

Pas d'auteur précisé

Page consultée le 3 août 2017

36. https://www.rts.ch/info/sciences-tech/8641271-une-batterie-geante-pour-energie-renouvelable-enfouie-dans-les-alpes.html

Une batterie géante pour énergie renouvelable enfouie dans les Alpes (RTS info)

Reportage de Pascal Jeannearat et adaptation web de Tamara Muncanovic Page consultée le 12 août 2017

Sources des interviews de M.Favrat et Mme. Mazzone

Annexes:

a) INTERVIEW DU 10 MAI 2017 DU PROFESSEUR DANIEL FAVRAT DE L'EPFL

<u>Question 1</u>: Dans le cas d'un nom à la loi sur l'énergie, l'idée d'une transition énergétique serait-elle supprimée ou pas ?

Non, c'est-à-dire qu'il faudra bien l'entreprendre d'une manière ou d'une autre. Ce qu'on peut dire, c'est qu'il a fallu 4 ans en gros pour aboutir au projet de loi. En 2011 : décision du Conseil Fédéral, ensuite il y a eu le rapport Prognos (qui est une boîte allemande qui fait des modèles économiques) qui a fait un rapport de 800 pages sur la transition énergétique. Le gouvernement a utilisé ce rapport pour faire la base de sa proposition de loi. Ce projet de loi a été accepté en septembre dernier et on voit que maintenant avec le référendum, si on le refuse le 21 mai, on peut dire qu'on est reparti pour 4 ans supplémentaires pour faire d'autres propositions si on veut aboutir à un nouveau projet de loi plus un éventuel référendum.

Question 2 : Si la loi est refusée le 21 mai, y aurait-il quand même un plan B?

Il y aura une prolongation de l'état actuel, mais c'est un état qui nous mène à une situation qui va être difficile surtout à partir du moment où on va commencer à vraiment sentir l'arrêt des centrales nucléaires c'est-à-dire vers 2029 pour les grosses centrales nucléaires. Pour l'arrêt des 3 petites centrales nucléaires, on peut supposer que l'impact ne sera pas trop grand, d'ailleurs on l'a vu cet hiver. Dans toutes ces histoires d'importation, que la loi passe ou pas, qu'on reste avec le statu quo, il va falloir importer en hiver.

Jusqu'en 2035, il n'y a pas d'espoir de couvrir tous nos besoins sans importation d'énergie. Il va falloir importer de l'énergie en hiver. Il faut aussi savoir qu'à l'heure actuelle, nous ne sommes pas autosuffisants en énergie. En effet, depuis 2004 et 2005, les mois d'hiver on importe de l'électricité d'Allemagne pour faire face à nos besoins, car l'hydraulique de rivière fournit beaucoup moins d'énergie en hiver. A l'heure actuelle, nous sommes déficitaires en énergie. Le nucléaire est une énergie de «bande», c'est à dire qu'il produit toujours à peu près la même chose sauf pour les 1 ou 2 mois d'été ou ils font des

réparations, etc., mais autrement on est déjà déficitaire. Cela veut dire qu'on sera encore plus déficitaire quand on va pouvoir arrêter ces centrales nucléaires.

Pour l'instant, du point de vue argent, du point de vue économique, on s'en tire très bien parce qu'à l'extérieur, ce qu'on peut voir sur le site allemand «Transparency», il y a un tel surplus de capacité surtout charbon, qu'on peut importer de l'électricité à presque rien.

D'ailleurs si vous voulez voir aujourd'hui combien coûte l'électricité en temps réel en Allemagne on peut aller sur ce site «EEX Transparency». On peut faire la même chose pour la France. Par contre, on ne peut pas faire la même chose pour la Suisse, car elle n'est pas sur ce site.

Question 3 : En Suisse, quelles sont les énergies renouvelables les plus prometteuses en termes de prix, de production, de coût final et d'esthétique (pour les éoliennes)? J'ai entendu que dans 50 ans, on n'aura plus d'énergie hydraulique en raison de la forte fonte des glaces.

Non, non, attention, ce n'est pas qu'on n'en aura plus. Effectivement, il y aura moins de stock sous forme de glace qu'actuellement. Mais il va toujours tomber de l'eau sur les montagnes, etc. et les précipitations vont probablement encore augmenter un peu. Donc cela veut dire qu'au lieu d'être stockée sur les montagnes et de fondre surtout les mois de juillet, d'août et de septembre, cette eau, on n'aura pas des réservoirs assez grands pour la stocker. Cela posera des problèmes d'aménagement par rapport à la capacité qu'on peut avoir maintenant.

<u>Question 4:</u> En termes d'énergie renouvelable en Suisse, quelle est celle qui est la plus efficiente ?

Efficiente, il faut faire des tas de nuances. Typiquement, ce qui se passe, c'est que l'éolien produit un tout petit peu plus en hiver qu'en été, car il y a plus de vent en hiver et ça dépend aussi des sites sur lesquels on les met. Si on les met sur des sites bien exposés, c'est moins cher que sur des sites qui produisent nettement moins. On parle d'un «facteur de capacité». C'est-à-dire qu'on a un investissement et une puissance donnée et le «facteur de capacité» dit en moyenne combien ça tourne vraiment par année. On est autour des 0,2. Il y a des sites en Valais ou ce «facteur de capacité» peut monter jusqu'à 0,23 et il y a d'autres sites ou ce « facteur de capacité est plutôt à 0,2 ou un peu moins. Et cela affecte beaucoup les coûts.

Maintenant, le nucléaire, le rendement, il y beaucoup de difficultés dans la communauté internationale avec le rendement du nucléaire. Mais en principe, à l'heure actuelle, avec les technologies actuelles, pour le rendement du nucléaire, on ne prend en compte que la chaleur que l'on peut exploiter des barreaux d'uranium. Et on dit combien d'électricité est produite divisée par la chaleur qui est produite par ces barres. Mais il y a beaucoup de rejets, puisque dans tous ces déchets radioactifs il y a des éléments que l'on pourrait réutiliser pour faire de l'électricité de nouveau dans des autres réacteurs.

<u>Question 5</u>: J'ai aussi vu qu'on pouvait exploiter sous forme de chaleur toute la vapeur qui se dégage des centrales nucléaires.

Oui, mais ce qui se passe c'est que les réacteurs de type 2 (que l'on a en Suisse à l'heure actuelle; les prochains réacteurs seront des réacteurs de type 3) sont limités à une température de 300 degrés. Donc on travaille à 300 degrés, et puis les tours de refroidissement qui travaillent avec l'atmosphère. Et donc la chaleur résiduelle, soit vous tirez de la vapeur et ça fait moins d'électricité et vous pouvez l'utiliser pour du chauffage (ça se fait à Gösgen par exemple), mais c'est une quantité faible parce que les réacteurs c'est tellement de puissance qu'il faut être tout prêt d'une grande ville pour pouvoir l'exploiter. On n'a jamais les utilisateurs de chaleur tout prêts d'une centrale nucléaire. Donc en gros c'est marginal ce qu'on peut faire comme chaleur à partir d'une centrale nucléaire. Si on veut exploiter la chaleur, on doit faire des réseaux de chauffage urbains et on doit monter la température à au mois 70 ou 80 degrés pour pouvoir alimenter les maisons. Donc ça rétrécit le cycle thermodynamique entre 300 degrés et 70 degrés, on perd pas mal de production d'électricité si on utilise la chaleur.

Question 6: J'ai des questions au sujet du stockage. Quelles sont les technologies qui existent pour stocker toutes formes d'énergie? Et est-ce qu'à l'EPFL vous êtes en train de travailler sur une nouvelle technologie de stockage d'énergie?

Il y a différentes approches. Mais l'approche la plus commune existante c'est de jouer sur le réseau hydraulique et d'avoir une nouvelle installation qui va être mise en service et qui s'appelle «Nant de Dranse» à l'entrée du Valais où il y deux barrages. Quand on a trop d'électricité, on pompe de l'eau du barrage d'en bas au barrage d'en haut et quand on n'a pas assez d'électricité, on fait l'inverse. On perd en gros 20% dans cet échange, mais au moins c'est une possibilité de stocker de grosses quantités au niveau journalier. Et à part ça, au niveau local, il y a les batteries, vous avez entendu parler d'Elon Musk l'américain qui

a lancé les TESLAS en mettant des batteries d'ordinateur empilées sur toute la base des véhicules et il fait ainsi des voitures qui font 300 à 400 km d'autonomie. Lui, il lance aussi des systèmes solaires et il a racheté une boîte qui fait des stockages d'énergie solaire pour la maison d'environ 10 kWh. Cela permet d'étaler beaucoup plus la consommation d'énergie solaire sur une journée. Ces prix de batteries diminuent de plus en plus. Il y a plusieurs entreprises qui travaillent sur le développement de nouveaux types de batterie qui s'appliqueraient aux voitures comme au stockage domestique.

Il y a une autre compagnie qui s'occupe de stockage par air comprimé. Quand vous avez trop d'électricité, vous comprimez l'air dans un cylindre et quand vous avez besoin d'électricité, vous détendez cet air dans une turbine pour faire de l'électricité. L'électricité alimente un compresseur qui va comprimer l'air à 300 bars et puis après, quand vous avez besoin d'électricité, vous détendez cet air dans une turbine qui alimente une génératrice et qui fait de l'électricité.

Question 7 : J'ai vu aussi sur votre site qu'il y a aussi un stockage hydrogène.

On en parle en effet au niveau du stockage saisonnier. L'idée étant que quand on a trop d'électricité en été que ce soit solaire ou hydraulique, l'idée est de faire de l'hydrogène avec cette électricité, l'hydrolyser. Avec cet hydrogène, on va le stocker sous forme liquide ou sous forme comprimée et on va l'utiliser quand on en a besoin. Le plus probable, c'est que l'hydrogène que l'on a fait, on va le combiner avec du CO2 qu'on a pris dans des sources importantes de CO2 (par exemple des cimenteries) et pour refaire des hydrocarbures, pour refaire des HC en quelque sorte. Cela permettrait de stocker de l'été à l'hiver, car si on fait un carburant liquide, après on l'utilise en hiver. Donc pendant l'été vous faites du carburant synthétique sur la base renouvelable et puis l'hiver vous l'utilisez notamment dans des piles à combustible (qui sont des équipements qui pourraient être au niveau de la maison, mais aussi au niveau du quartier) qui permettent le plus efficacement de convertir un hydrocarbure en électricité. Une pile à combustible c'est pour l'utilisation des hydrocarbures. Elle produit de l'H2O et du CO2 donc ce n'est pas polluant, car on a fait le combustible grâce au CO2 que l'on a récupéré par exemple dans une cimenterie donc c'est une boucle qui est fermée.

On en parle aussi beaucoup pour les avions parce que soit on a de l'hydrogène et des hydrocarbures qui viennent de la biomasse soit c'est à partir d'autres sources comme justement l'hydrogène qu'on pourrait obtenir à partir du solaire ou de l'hydraulique qu'on

peu convertir. Ça coûte un peu plus cher, mais ça permettrait théoriquement de faire une société qui est 100% renouvelable.

<u>Question 8</u>: Est-ce que les énergies renouvelables sont plus avantageuses en tous points par rapport aux énergies fossiles? Quels sont les avantages et les désavantages des énergies fossiles?

Dans les énergies fossiles, il y a le charbon qui est très répandu, les hydrocarbures (essences et gaz). Le charbon est très polluant (beaucoup de carbone et très peu d'hydrogène). Il va émettre surtout du CO₂. Ça ne coûte pas beaucoup d'aller le chercher avec une automatisation. C'est surtout le charbon qui a un impact environnemental. Et surtout aussi, chaque fois qu'on se base sur la combustion, chaque fois qu'on brûle quelque chose, des énergies fossiles principalement, on a des polluants pour la santé qu'on essaie de limiter par des normes.

Avec les énergies renouvelables, la pollution est surtout quand on fait les produits. Quand on fait par exemple un panneau solaire, on dépense de l'énergie. Cette énergie peut venir elle-même de panneaux solaires, mais il faut quand même façonner ces panneaux solaires et ça coûte de l'énergie et ça pollue un peu.

Au niveau du prix de fabrication d'un panneau solaire, 3700 francs en 2011 et en 2035 on va tomber à 2200 francs par KW installé. En gros, un panneau d'un mètre carré va, avec un rendement de 17%, produire 170 Watts par heure d'électricité (en pointe, lorsqu'il y a un maximum de rayonnement). Cela donne donc une idée du coût du KW installé sachant qu'après on va pouvoir produire uniquement 11% sur la production totale moyenne d'une année. Pour l'éolien, on perd aussi une partie de l'énergie produite totale pour l'éolien, car le temps n'est pas constant tout au long de l'année. Actuellement, d'après le calculateur «Energy Scope», le rendement de l'éolien est de 23%. Ce rendement, à l'avenir, pourra être amélioré. On peut encore améliorer les palles des éoliennes afin de les rendre plus performantes. Les émissions de gaz à effet de serre pour la production des matériaux pour les éoliennes ainsi que l'acheminement de ces matériaux sont comptabilisés mais sont moindres par rapport aux émissions dues aux déchets nucléaires.

Le programme «Eco Invent» est un gros programme de calcul dans lequel on peut donner une technologie et ça nous donne son impact environnemental en UBP.

Dans le logiciel «Energy Scope», dès qu'on le maîtrise, on trouve beaucoup d'informations, de références et de réponses aux questions que l'on se pose. Par exemple, dans le calculateur «Energy Scope», si vous regardez sous CO₂ vous avez le coût du CO₂ pour le

kérosène, le mazout, l'essence, etc., et si vous allez sous «Déchet» (ce sont surtout les déchets qu'il faut entreposer : le nucléaire est la partie la plus importante de ces déchets, mais il y a aussi les déchets qui proviennent des ordures qui sont brûlées pour faire de l'électricité et de la chaleur comme au Chenevier et qui contiennent des éléments lourds et qui doivent être stockés en décharge contrôlée) vous trouvez par exemple d'autres informations.

C'est vrai que ce logiciel «Energy Scope » est technique, mais on est obligé de passer par là pour être crédible. L'avantage du logiciel «Energy Scope» est qu'il donne ses sources. Si les gens ne sont pas contents, il faut qu'ils nous indiquent une autre source qui leur paraîtrait plus crédible. Mais on a tout indiqué alors que la plupart des opposants ne donnent jamais leurs sources ou alors une source par ci mais ils ignorent complètement les autres. C'est ça le problème du débat énergétique à l'heure actuelle, ce sont les «fake news» à la Trump. On lance des chiffres comme les 3000 francs... Ils exagèrent, ils imaginent toutes les choses, mais qui seraient probablement de la 2e phase qui n'a pas encore été acceptée. Le 2e paquet a en effet été refusé au niveau du Conseil national donc ça veut dire qu'ils ont refusé l'entrée en matière donc ils n'ont pas voulu se pencher sur ça avant qu'on ait la 1re loi. Toutes ces mesures sont des mesures supplémentaires et qui ne devraient intervenir que de 2025 à 2030 quand on aura déjà vu l'effet de la 1re loi. Le problème est qu'on fait déjà un premier paquet de mesures et on n'a pas encore le résultat. Est-ce que ça va vraiment faire quelque chose d'important ou ça ne va pas faire grand-chose? C'est pourquoi c'était beaucoup trop tôt de lancer le 2e paquet en discussion parce qu'il faut déjà voir quel va être l'effet du premier paquet sur le système.

Question 9 : Quel rôle joue l'EPFL pour la transition énergétique ?

L'EPFL joue un rôle à plusieurs niveaux pour la transition énergétique suisse. Elle joue notamment un rôle pour l'amélioration des panneaux solaires, pour produire de l'hydrogène directement à partir du solaire. C'est-à-dire de ne pas passer par le courant électrique pour faire ensuite de l'hydrolyse, mais que le panneau solaire lui-même sorte de l'hydrogène.

<u>Question 10</u>: Est-ce que vous pensez que la Suisse est capable de respecter toutes les exigences établies en 2011 par le Conseil Fédéral pour être autosuffisante en énergie, accroître l'efficacité des industries, des bâtiments, accroître la part d'énergie renouvelable ?

Si on veut répondre à ça, on se rend bien compte en utilisant par exemple le calculateur «Energy Scope» que si on se place en 2035, sur le plan mensuel et au plus optimiste, il manque pas mal sur le plan de l'électricité. La vision de l'EPFL ce sont les carburants synthétiques produits en été qui pourraient être utilisés en hiver. Malgré les efforts qui sont prévus, il y a encore à faire. Alors qu'est-ce qui est prévu de faire ? Eh bien il faudrait de la cogénération pour produire simultanément de la chaleur et de l'électricité afin d'utiliser au mieux les combustibles. Au lieu de brûler dans une chaudière, on va brûler avec un moteur ou une pile à combustible. On va faire de l'électricité et utiliser la chaleur pour chauffer la maison. Et puis il va falloir faire quand même plus que ça parce que c'est quand même difficile.

Les opposants jusqu'à maintenant ne proposent rien. Comme je vous l'ai dit, même dans les débats, soit on refait du nucléaire et pour l'instant le nucléaire c'est très cher tel qu'on peut l'estimer puisque la seule référence que l'on ait est le contrat entre «EDF Energy» et la Grande-Bretagne. Le gouvernement britannique a garanti un prix de 9,2 pences par kWh c'est-à-dire en gros 12 centimes suisses par kWh. Ça, c'est un prix garanti sur 35 ans et encore indexé. C'est donc beaucoup plus cher que ce que l'on importe pour l'instant d'Allemagne. Mais cette situation ne va peut-être pas durer éternellement ou on importe tellement. Mais ce qui s'est passé c'est que les grandes entreprises allemandes, quand ils ont décidé que l'Allemagne se retirait du nucléaire à partir de 2020 – 2022, ils ont investi dès 2007-2008 dans les centrales à charbon, dans les centrales à gaz. Mais ils avaient supposé que la consommation continuerait à augmenter énormément. Lorsque ces centrales à charbon et à gaz sont arrivées sur le marché en 2012, 2013, 2014, la consommation avait diminué en raison de la crise. Alors, les Allemands se sont retrouvés avec beaucoup trop de capacité de production. Et même s'ils se retiraient maintenant du nucléaire, ils auraient toujours une grande capacité de production.

Nous, avec nos surplus de la loi de 0,8 centime par KWH, on ne peut pas dire que ce soit excessif. C'est vraiment pour amorcer le virage. Dans le débat actuel, il y a un manque d'appréciation des délais qu'il faut pour arriver à un résultat. Et ça c'est complètement négligé dans le débat actuel. On est dans des échéances longues et c'est pourquoi il faut

démarrer rapidement. C'est pour cela qu'il faut ce surplus maintenant pour payer moins dans le futur.

Avec le scénario, on va pouvoir diminuer substantiellement «l'énergie finale». L'énergie finale c'est l'énergie que les gens peuvent acheter. Ce sont les économistes qui ont défini ce terme. Et après on voit que pour les renouvelables, avec le projet le plus optimiste, on passerait de 18% à l'heure actuelle à 71% en 2050. Il y aurait donc plus d'énergie renouvelable en 2050 que d'énergies fossiles. On arriverait donc déjà à faire pas mal. Le CO₂, on l'aurait diminué de manière substantielle et puis les déchets aussi considérablement. Les coûts quant à eux sont plus élevés. Donc momentanément on paierait un peu plus, mais après on s'y retrouverait dans le temps. Par contre, il faut le dire, il y a une chose que l'on n'a pas encore modifiée c'est la population. Depuis 2010, (chiffres sur lesquels Energy Scope s'est basé), il y a déjà eu des modifications de population : il y a plus de monde en Suisse. C'est un secteur plus difficile à vraiment juger.

<u>Question 11</u>: Quels seraient les impacts sur l'environnement de la transition énergétique en Suisse.

Puisqu'actuellement on brûle 67% de combustibles, des combustibles qui émettent des oxydes d'azotes, des particules, on peut presque faire la corrélation entre le CO₂ et les autres polluants. Parce qu'en gros, on essaie par des normes de limiter les autres polluants. Jusqu'à présent c'était la seule chose qu'on faisait parce qu'on peut dire que jusqu'à récemment, on n'essayait pas de mettre des limites au CO₂. On avait mis des limites à l'isolation des maisons depuis très tôt, depuis les années 60 on avait déjà imposé de mettre quand même de l'isolation autour des maisons, mais au niveau des transports on n'avait rien fait et c'est seulement à partir de 2000 en gros qu'on a commencé à dire qu'il faudrait commencer à limiter le carburant que l'on consomme par voiture. Et dans la loi, il est prévu de descendre d'ici 2020 à 90 grammes de CO₂ par km. Vous voyez c'est quand même beaucoup 90 grammes! Au bout de 10 kms, on a déjà presque un kilogramme de CO₂! Actuellement on a limité à 120 grammes par km.

En ce qui concerne les véhicules lourds comme les hybrides rechargeables (qui consomment de l'électricité pendant les 100 premiers kms avant que l'essence se mette en route), pour les trajets courts, on est à 1,8 litre aux 100 kms (1,8 kWh par 100 kms). Pour les trajets longs, on retombe dans les 5 à 6 litres d'essence aux 100 kms. La moyenne des voitures normales consomme autour de 6 à 6,5 litres aux 100 kms (environ 66 kWh par 100 kms). Les véhicules électriques permettent de réaliser de belles économies d'énergie

puisqu'ils consomment entre 10 et 18 kWh aux 100 kms. Un facteur 4 en tout cas, voire 4 à 5! Ce sont des facteurs d'économie d'énergie. Il y a des gens qui disent que si on consomme moins, on va rouler plus. En réalité, la journée n'a que 24 heures. Ce n'est pas parce que ça va vous coûter un peu moins que vous allez faire beaucoup plus de kilomètres, 5 fois plus de kilomètres. Dans des pays comme la Suisse, l'effet rebond (on consomme plus parce que c'est meilleur marché) n'est pas tellement applicable. Peut-être sauf pour les avions. On va peut-être faire plus de vols en avion. Si ça coûte meilleur marché, il y a quand même beaucoup plus de vols (voir Easy Jet), mais pour les voitures, j'ai de la peine à voir que l'on va faire 5 fois plus de kilomètres. C'est comme pour les maisons, si on isole bien les maisons et qu'on économise un facteur 3 à 4 la consommation, ce n'est pas qu'on va agrandir la maison d'un facteur 3 à 4. Les prix des habitations sont dictés par les prix du marché et pas par les prix de l'énergie. Un appartement ne va pas coûter nettement moins cher s'il y a moins de consommation d'énergie!

Donc, dans les deux grands domaines, transports (30% d'économie d'énergie) et les maisons (35% d'économie d'énergie), dans ces deux grands secteurs, avec les économies qu'on peut faire, ça justifie les chiffres qui sont dans la loi comme objectifs, comme «buts indicatifs» comme ils l'appellent dans la loi. On ne va pas pouvoir surconsommer parce que c'est meilleur marché.

Question 12: J'ai lu dernièrement qu'il nous restait environ 50 ans de pétrole, 110 ans de charbon et 60 ans de gaz. Est-ce que vous confirmez ces chiffres ?

On peut dire que durant les dernières 20 années, on a jugé qu'il restait à peu près 45 ans de pétrole disponible.

Pour le pétrole, il y a de toutes petites poches qui sont restées sous forme de poches dans le sous-sol et il y en a d'autres qui ont fui au cours des transformations pour s'agglomérer dans des puits de pétrole. Et maintenant, ce qu'on fait avec la fracturation hydraulique (qui s'applique aussi à la recherche de pétrole), on fait sauter ces petites poches et on récupère le pétrole. Donc maintenant on a plus de pétrole «non conventionnel». Avant, les principales estimations avaient été faites sur les puits de pétrole. Mais maintenant on va chercher les petites poches qui sont disséminées et qu'on arrive à craquer avec la pression (fracturation hydraulique).

Pour le charbon, on parle de plusieurs centaines d'années. Il faut ensuite faire la distinction entre le charbon qui est facilement exploitable et le charbon qui est plus difficile à exploiter.

En ce qui concerne le gaz, on en a encore pour 60 – 70 ans. Mais maintenant il y a les nouvelles techniques telles que l'extraction du gaz de schiste, mais dont les conséquences sur le plan environnemental sont horribles.

Nous avons un site «FIFEL» (Festival international du film sur l'énergie) qui vous permet de regarder des films sur l'énergie. Il y a toutes sortes de films sur la pollution de ces sables bitumineux. Ces films montrent les désastres écologiques liés à leur extraction. Ils sont en train de massacrer tout le nord de l'Alberta au Canada avec ça.

Ma première partie de carrière, de 1976 à 1978, je l'ai faite dans l'arctique canadien et on allait forer plus au nord que le pôle Nord magnétique (qui se déplace un petit peu) pour chercher du pétrole. J'ai fait 2 ans et puis après je me suis dit qu'il fallait mieux travailler dans les économies d'énergie. Je suis venu ensuite travailler dans les pompes à chaleur. Donc, déjà à l'époque, on a beaucoup cherché des ressources.

<u>Question n° 13</u>: Pensez-vous que ces prochaines années le prix du pétrole va augmenter?

Avec ces techniques, on a considérablement amélioré les choses. Les prix du pétrole c'est difficile. Ça dépendra beaucoup de la manière dont les pays vont se développer et s'ils vont se développer de manière efficace. S'ils répètent toutes nos erreurs et bien le prix du pétrole va monter beaucoup et on aura des crises du pétrole. Par contre si les pays se développent sur des bases plus économes en énergie, le prix du pétrole pourra rester relativement stable. On imagine qu'il va quand même monter, mais peut-être pas aussi fort qu'il a pu le faire.

Là on a un vrai effet rebond. Là vous consommez moins de pétrole, donc vous ne changez pas les chaudières et quand il n'y aura plus ce gaz/pétrole de schiste que nous avons exploité comme le font les Américains à fond, quand ils auront fini cela dans les années 2030 et comme ici nous sommes très prudents par rapport à ça (il y a des résistances à faire ce genre de choses là), là, les prix pourraient remonter. Les prix vont aussi dépendre de la façon dont la COP 21 (Paris) va être respectée.

Question 14: Trump a annoncé dernièrement son intention de ne pas honorer l'accord de Paris sur le climat. Que pourrait-on faire face aux États-Unis qui ne veulent pas entamer une transition énergétique ?

C'est très difficile sans affecter les échanges. On pourrait par exemple mettre des taxes sur les produits américains pour les forcer à être plus écolos, mais ça sera difficile. On ne peut

qu'espérer que les Américains, qui sont frappés par le réchauffement climatique (le fait que la mer monte en Floride ; le fait que les tornades soient plus accentuées, etc), réalisent qu'il faut faire quelque chose. Il y a aussi un mouvement de résistance d'industries aux États-Unis qui envoient des protestations à Trump pour son attitude. Il y a aussi la Californie qui joue un jeu totalement différent du Fédéral. Si le Fédéral dit quelque chose, cela ne veut pas forcément dire que c'est réalisé. Le local joue un rôle aussi et permet de freiner les choses. Même la Chine est convaincue qu'il faut faire quelque chose.

b) INTERVIEW DU 3 JUILLET 2017 DE MADAME LISA MAZZONE, CONSEILLERE NATIONALE, LES VERTS

Question 1 : Quel est votre ressenti suite au résultat sur la loi sur l'énergie ?

Eh bien je suis très contente parce que je pense que c'était une étape très importante pour sortir du nucléaire, mais aussi pour construire les énergies du futur. C'était chouette, car le résultat était relativement net. Ce n'est pas qu'on était à 50 %. Il y avait une marge de votants suffisante pour que le résultat soit net.

<u>Question 2</u>: Comment expliquez-vous qu'il y ait eu plus de personnes à Genève qui aient voté pour et qu'au centre de la Suisse ce soit plutôt le contraire.

Il y a plusieurs choses. La première est que Genève a une tradition antinucléaire dans le sens où il y a un article antinucléaire dans notre constitution. Depuis, le canton de Genève s'oppose aux constructions de centrales, donc il y a vraiment cette tradition antinucléaire qui du coup a été aussi transmise à la population. Et puis on a aussi l'exemple des SIG qui réalisent un travail de concrétisation de la transition énergétique très bon et je pense qu'ils montrent aussi que c'est possible.

Quant à la Suisse centrale, elle abrite les centrales nucléaires. Le résultat est différent dans le canton d'Argovie parce qu'ils ont des centrales.

Je pense que nous on est très éloigné des centrales suisses donc on est moins lié à cette économie. Par contre on est proche de centrales nucléaires en France voisine (par exemple la centrale nucléaire du Bugey). On a donc tous les défauts d'une centrale avec les risques hyper importants qui vont avec, mais cela ne nous rapporte rien sur le plan économique. De plus l'entité de contrôle des centrales nucléaires françaises n'est pas sous juridiction suisse. Donc on a vraiment tous les défauts.

Question 3: Qu'est-ce qui reste à faire politiquement après cette loi parce que j'ai entendu qu'il y avait un 2e paquet ?

D'abord il faut appliquer cette loi parce qu'il y a un tas de mesures dans cette loi et maintenant il faut qu'elles soient mises en œuvre. Il y a quand même des marges de manœuvre dans la mise en œuvre. Eh bien typiquement la question des éoliennes, combien on met d'éoliennes, comment on réalise la suite pour les barrages. Et puis, il y a la loi sur le CO_2 qui va arriver maintenant et qui est un gros gros enjeu parce que c'est une révision de la loi sur le CO_2 pour mettre en œuvre l'accord de Paris sur le climat. Ça, c'est donc l'enjeu suivant.

La loi du CO₂, c'est un projet du Conseil fédéral. Elle doit être maintenant discutée aux chambres. Je ne me souviens plus par cœur de toutes les mesures qu'elle comprend. Ce que je sais c'est qu'il y a beaucoup de compensations de nos émissions carbone à l'étranger et je trouve que ça, c'est problématique, car on est encore en Suisse dans une dynamique où on se dit qu'on peu compenser à l'étranger ce qu'on pollue en Suisse.

Quand on fait de la compensation CO_2 , on achète des certificats de projets d'économie de CO_2 , de non-émission de CO_2 si on veut, dans des projets à l'étranger. Par exemple, en Inde il y avait un projet de remplacer un certain nombre de frigos qui émettaient beaucoup de gaz à effet de serre. Et du coup on se dit qu'on a remplacé tant de frigos, on a économisé tant de CO_2 , il y a tant de CO_2 non produit, donc on reçoit un certificat et on peut dire que ça baisse la consommation de la Suisse.

La diminution de CO₂ qui est prévue n'est pas suffisamment ambitieuse par rapport aux enjeux et on le voit tous les ans avec les canicules en été, avec la température qui globalement a vachement augmenté. En Suisse, comme on est dans l'Arc alpin, le réchauffement climatique va deux fois plus vite dans les régions comme ça montagneuses (il y une étude qui est sortie dernièrement sur ça). Du coup, on se retrouve avec des conséquences très concrètes en fait type glissements de terrain, éboulements, fonte des glaces.

<u>Question 4 : Est-ce que c'est possible qu'un référendum puisse annuler toute la loi sur l'énergie ?</u>

Oui, si on avait perdu, tout aurait été annulé.

On ne peut pas par un autre référendum annuler un référendum. Il y a la loi qui a été adoptée et puis un référendum lancé par l'UDC. L'UDC a récolté des signatures, cela a été amené en votation et là ils ont perdu. Et maintenant c'est fini. Punkt schluss! Ce paquet-là, il est fini, mais il est à durée déterminée. Pour la suite, il faudra construire un autre paquet et là il y aura certainement encore un référendum. C'est le 2e paquet qui a pour l'instant été déjà refusé aux chambres et qui était vraiment un paquet vraiment axé sur les taxes. Il a été refusé dans le contexte de la votation. C'était en pleine votation. L'UDC disait «Vous allez

devoir payer vachement cher!». Évidemment un paquet basé sur les taxes, cela a des conséquences financières. Tout le monde s'est dit que si on voulait faire passer ce premier paquet devant le peuple, il fallait refuser l'autre. Cela dit, je suis personnellement globalement en faveur d'incitations dans le cadre structurel. C'est-à-dire qu'on impose des normes à l'industrie, qu'on impose des normes au commerce, qu'on impose des normes aux banques sur leurs placements plutôt qu'on fasse payer les gens parce que les entreprises et les banques ne jouent pas le jeu. Personnellement, je pense que les taxes, dans certains cas, c'est pertinent. Par exemple, la non-taxation du kérosène des avions permet de pratiquer des prix très bas et fait qu'il y a beaucoup de personnes qui prennent l'avion parce que cela ne coûte rien. Cela n'est pas normal. Il faudrait taxer le kérosène des avions. L'état doit poser un cadre aux entreprises et ces dernières doivent le respecter plutôt que de taxer le consommateur. Quitte à ce que le produit coûte plus cher. Je pense que c'est une démarche qui est meilleure parce qu'on impose un cadre, on dit ce qu'on veut comme normes et puis ce n'est pas le consommateur qui doit lui-même faire les frais de la politique climatique.

Question 5: Il y avait durant la période de votation des gens qui disaient que cette transition énergétique coûterait par an et par foyer 40 francs de plus et d'autres qui disaient que ça coûterait 3200 francs de plus. Qu'en est-il?

C'est 40 francs par foyer, c'est une moyenne. Les 3200 francs correspondent au 2e paquet. Ils ont extrapolé des chiffres qui sont à mon avis un peu farfelus, mais sur la base du 2e paquet. C'était totalement mensonger.

Question 6: Vise-t-il à démanteler toutes les centrales nucléaires?

Le premier paquet vise à faire la transition énergétique, il vise à construire les alternatives y compris les économies en efficacité. Et le premier paquet dit qu'on ne construit pas de nouvelles centrales. Il dit que les centrales continuent jusqu'à ce qu'elles soient mortes de leur belle mort. Tout l'enjeu est de savoir quand est-ce qu'on considère qu'elles sont vraiment mortes. Le premier paquet ne le précise pas.

<u>Question 7</u>: Combien cela coûtera-t-il au contribuable de démanteler une centrale nucléaire?

Normalement cela ne coûte pas au contribuable, car ces centrales n'appartiennent pas à la collectivité. Ce ne sont pas les centrales de l'État. Cela coûte aux compagnies d'énergie qui

n'ont pas provisionné, ce qui est extrêmement problématique (provisionner cela veut dire qu'elles n'ont pas mis d'argent de côté pour démanteler les centrales nucléaires). Ce qui est problématique c'est que dans ces compagnies d'énergie comme ALPIQ et AXPO, il y a des collectivités publiques qui ont des parts. ALPIQ et AXPO, par exemple, leur capital est en partie détenu par des collectivités publiques. Les collectivités publiques sont en partie propriétaires de ces compagnies d'énergie donc indirectement cela va finir par coûter quelque chose au contribuable, à certains contribuables. Mais là c'est vraiment grave parce qu'en l'occurrence, ces deux compagnies d'énergie ont eu une attitude commerciale où elles ont largement redistribué des bénéfices à leurs actionnaires. Du coup, elles se retrouvent avec pas assez de fond pour démanteler les centrales. Ces compagnies d'énergie espèrent avoir l'aide de l'État.

Je ne sais pas combien ça coûterait en Suisse de démanteler une centrale. Il faut observer les expériences en Allemagne où ils commencent à démanteler. C'est énorme et ça dure une trentaine d'années. Quand on dit que le démantèlement des centrales va toucher l'emploi, ce n'est pas pour tout de suite puisque de nombreux employés des centrales pourront être employés pour faire ce démantèlement. Beznau n'est toujours pas rallumée et je ne pense pas qu'elle va redémarrer, Mühleberg, ils ont annoncé qu'il la fermeraient en 2019 (donc là démantèlement). Donc, le démantèlement des plus vieilles centrales va arriver bientôt.

<u>Question 8</u>: Comment va être appliquée la réforme sur la réduction des émissions de CO₂ sur le plan du parc automobile et de l'isolation des maisons ?

Cette réforme va être appliquée sur le parc automobile neuf. Moi, j'attends de voir comment ils vont appliquer ça. Honnêtement, faudra voir les ordonnances. La loi, c'est le texte fondamental. L'ordonnance c'est une mise en œuvre de la loi. Cela a une valeur juridique. Je pense qu'ils vont fixer des normes, année après année pour baisser la consommation, mais j'attends de voir. Mais je trouve qu'il y a un gros paradoxe parce qu'en même temps on a ces exigences et on n'arrête pas de construire des routes. En terme de loi sur le CO₂, si on y revient, on a tendance à énoncer des intentions d'un côté et dans le domaine quotidien, sauf erreur les émissions de CO₂ des transports représentent 30 %. Donc là, il y a vraiment un déficit.

Et pour les bâtiments, il y a deux choses : le programme bâtiment qui est une subvention à la rénovation et des dégrèvements, des rabais d'impôts pour les propriétaires qui rénovent selon certaines normes. Ce sont surtout des outils incitatifs. Et après, dans chaque canton, il y a des normes particulières comme dans le canton de Genève où on a une loi sur

l'énergie et c'est assez strict et on ne peut pas rénover une maison ou un immeuble sans avoir tel standard.

<u>Question 9</u>: Quel est le meilleur moyen selon vous pour la Suisse de devenir autosuffisante en énergie ?

Développer les énergies renouvelables et en particulier l'énergie solaire. Ne pas trop se perdre avec les pompes à chaleur parce qu'elles consomment elles-mêmes de l'énergie pour pouvoir fonctionner. On a fait beaucoup de foin avec ces pompes à chaleur alors que le solaire est beaucoup plus neutre. Mon père est installateur de panneau solaire. Le panneau solaire, une fois qu'il est construit et posé c'est du rendement. Tandis que les pompes à chaleur consomment de l'énergie pour pouvoir fonctionner en permanence.

Il faut aussi développer les économies d'énergie. Le canton de Genève l'a montré avec les SIG et le programme ECO 21: la population genevoise a augmenté, la croissance économique a aussi augmenté et pourtant on a toujours le même niveau d'électricité. C'est la preuve que l'efficacité énergétique, les mesures d'économie d'énergie, tous les trucs à l'échelle de l'individu, mais aussi l'industrie avec les circuits courts, la réutilisation de l'énergie par exemple du lac (eau du lac) pour faire un système de climatisation dans le quartier de Sécheron - Pâquis, tout ce qui a été mis en place à Genève fait que la consommation d'énergie diminue énormément. Il y a encore beaucoup de potentiel, il faut aussi beaucoup de créativité. À Genève, on est tout à fait précurseur sur le plan de ces économies d'énergie. Les SIG ont beaucoup misé sur la transition depuis longtemps. C'est une particularité. C'est quand même spécial : Les services industriels de Genève vendent de l'électricité. Donc on pourrait se dire qu'un vendeur d'électricité il veut qu'on lui en achète le plus possible. Mais là on a de la chance parce que c'est une entreprise d'État. On est jumelé avec des objectifs : ils peuvent jouent en disant on vous accompagne pour dépenser moins en d'énergie et on la vend plus cher.

Ouestion 10: Quand sera-t-on autonome sur le plan de l'énergie en Suisse?

Cela dépend beaucoup des politiques et des choix qui seront faits. Il faut des fois être plus volontaire : par exemple le mazout est encore très très présent.

Cela dépendra aussi de ce qui se passera dans le monde. Prenons l'exemple du pétrole qui est vendu aujourd'hui très peu cher. On sait que les compagnies dépensent aujourd'hui plus pour prospecter que l'argent qu'elles retirent du pétrole qu'elles vendent. Le pétrole est peu cher aujourd'hui, car il y a encore une croyance des marchés, des investisseurs que

c'est une énergie rentable. On est dans un système financier, c'est la finance qui dirige, cela fait que le pétrole est hyper bien coté, on mise pour l'instant sur lui donc il reste à un prix bas. Mais cela pourrait tout à fait changer. On pourrait voir les investisseurs se désengager et se dire «Non, on n'est plus là dedans!» et aller vers les énergies renouvelables.

Il y a des dynamiques internationales qui peuvent beaucoup impacter la Suisse. La Suisse a pris quand même des mesures importantes avec la stratégie énergétique 2050, mais ce n'est pas non plus qu'on est des gens super volontaires. C'est lent! Les Suisses ne sont plus des précurseurs. On est après l'Allemagne, après le Danemark, après la Suède. Même l'Espagne a fait des trucs vachement forts. La France est plus en retard que nous, clairement. On n'est plus tellement précurseur.

Question 11: Quelles sont les énergies, à part les pompes à chaleur, qui ne feront pas partie de la transition énergétique?

Ce que je trouve dramatique ce sont les gens qui installent une pompe à chaleur et qui ne mettent pas de panneau solaire. Et ça, cela arrive de plus en plus souvent, et qui ne mettent pas de panneau pour l'eau chaude. À l'heure actuelle, c'est obligatoire de mettre des panneaux solaires si on construit un nouvel immeuble.

L'éolien va jouer un rôle, mais certainement pas dans des dimensions comme on a pu le fantasmer parce qu'on est un petit pays, assez dense. On n'a pas d'étendue comme au Danemark. Les problèmes de l'éolien ce sont l'esthétique et les nuisances sonores. Moi, personnellement, je trouve cela très joli. J'habite à l'heure actuelle sous les avions et je préférerais une éolienne.

Question 12 : Quand sera-t-on autosuffisant en énergie en Suisse ?

Si je dois donner un chiffre, 2050, on va pouvoir y arriver.

Pour y arriver, il faut aussi tenir compte de l'énorme potentiel que sont les économies d'énergie. L'autosuffisance en énergie, ce n'est pas que des compensations par des énergies renouvelables, ce n'est pas qu'on va prendre ce qu'on consomme et qu'on va remplacer. Il y a une grande part d'économie. Et l'économie elle passe par la rénovation des bâtiments, elle passe aussi par l'efficacité énergétique, par ces processus industriels de diminution dans l'économie. Et là, il y a un énorme potentiel.

Sur le plan des centrales à gaz (qui ne sont pas des énergies renouvelables), certaines personnes ont dit qu'elles pourraient être utilisées durant un moment de transition. Or, Doris Leuthard a clairement dit le jour des votations que cette option était exclue. On

préfère une importation temporaire pour faire la jonction sachant qu'il y a trop d'électricité sur le réseau européen.

Question 13: Quels sont les engagements pris par la Suisse lors de la COP 21?

Elle l'a ratifiée. Honnêtement, la COP 21 c'est quand même une grosse déclaration d'intention. L'important c'est la loi sur le CO₂, car il faudra voir comment la mettre en œuvre. On s'est engagé à une réduction de 50 % des émissions de CO₂ d'ici 2030 par rapport à 1990.

Il y deux aspects importants dans les émissions de CO₂:

D'une part c'est le rôle de la finance qui investit par exemple dans des actions de compagnies pétrolières, dans des énergies fossiles. Un des aspects qui est hyper important c'est la question du désinvestissement des énergies fossiles et qui est central dans le rôle de la Suisse sur le réchauffement climatique global.

Le second aspect, c'est la question des produits et de l'énergie grise. L'énergie grise c'est l'énergie qui a servi par exemple à fabriquer, transporter, importer une tasse. C'est toute l'énergie qu'il a fallu utiliser pour avoir cette tasse ici, à un moment X. Sur le plan de l'énergie grise, on est très hypocrite, car on consomme énormément de biens, on a un pouvoir d'achat très élevé par rapport au reste du monde et tous ces biens, ils ont été produits ailleurs et du coup on dit que ce ne sont pas nos émissions de CO₂. En même temps, c'est nous qui consommons la tasse et donc ce sont quand même nos émissions de CO₂. Il y a donc beaucoup d'hypocrisie parce que du coup on va demander des contributions très importantes a des pays en voie de développement qui ont beaucoup de progrès à faire parce qu'eux, par rapport à nous, ils sont moins avancés dans l'efficacité énergétique, etc. On n'encourage pas non plus à avoir des objets locaux, ni des objets plus respectueux de l'environnement. De plus l'énergie grise n'est pas taxée. C'est possible de le faire, mais il faudrait des accords globaux. C'est extrêmement problématique.

Aujourd'hui, un des drames en terme de réchauffement climatique ce sont les transports des marchandises par cargo. Ces cargos très nombreux sont hyper polluants, ils font beaucoup de dégâts. La consommation de nombreux biens importés, produits dans des conditions non respectueuse de l'environnement est un des gros poids de notre empreinte. Les Verts vont essayer d'amener ça dans le cadre du débat parlementaire. On sait qu'on va

perdre. Du coup, l'option c'est de lancer une initiative. Actuellement, il y a un regain de climato-scepticisme au parlement suisse. Quand on a voté l'accord sur le climat, juste la ratification, il y a eu des discours de l'UDC climato-sceptiques à tomber par terre. Ils n'y croient pas. Ils pensent que c'est une fabulation. C'est comme Trump.

<u>Question 14</u>: Quels seront les impacts de la sortie des États-Unis des accords de Paris sur le climat (COP 21)?

Je pense que paradoxalement, cela peut avoir un impact positif dans le sens où cela peut pousser tous les autres pays à réaffirmer encore plus leur adhésion aux accords de Paris afin de marginaliser les États-Unis et de leur faire perdre de leur puissance. La Chine a tout intérêt à réaffirmer son adhésion afin d'essayer d'inverser les rapports de force mondiaux. Dans la société, il y a encore beaucoup de climato-sceptiques. Peut-être pas chez les jeunes, mais plus chez les personnes âgées, comme on est une société vieillissante.

Je pense aussi que ce n'est pas forcément évident d'avoir une empreinte environnementale saine, ce n'est pas évident de trouver des habits produits de façon respectueuse de l'environnement et des humains qui les fabriquent. Ce n'est pas facile. L'impact des habits, il est énorme. Il n'y a pas beaucoup de choix.

Un autre problème est qu'il y a beaucoup d'entreprises qui ont leur siège en Suisse et qui ont des activités à l'étranger. Dans leurs activités à l'étranger, elles ne respectent pas du tout les normes suisses : elles exploitent les gens, etc. Comme ces entreprises paient des impôts en Suisse, on devrait exiger que ces impôts soient propres.

<u>Question 15</u>: Auriez-vous d'autres éléments – dont nous n'aurions pas parlé – qui pourraient m'être utiles pour mon travail de maturité ?

Il y a aussi la question du transport de l'énergie. Ce qui est intéressant dans la stratégie énergétique c'est aussi de décentraliser la production avec notamment les panneaux solaires, les pompes à chaleur. Il est important d'avoir une multitude de productions locales d'énergie parce que le transport fait perdre beaucoup d'énergie.

Il y a un enjeu de réduire le transport par une production locale d'énergie. Ça me semble important.

Ce qui est aussi important, ce sont les circuits courts, typiquement ne plus avoir de climatisation électrique au profit d'un refroidissement via l'eau du lac.