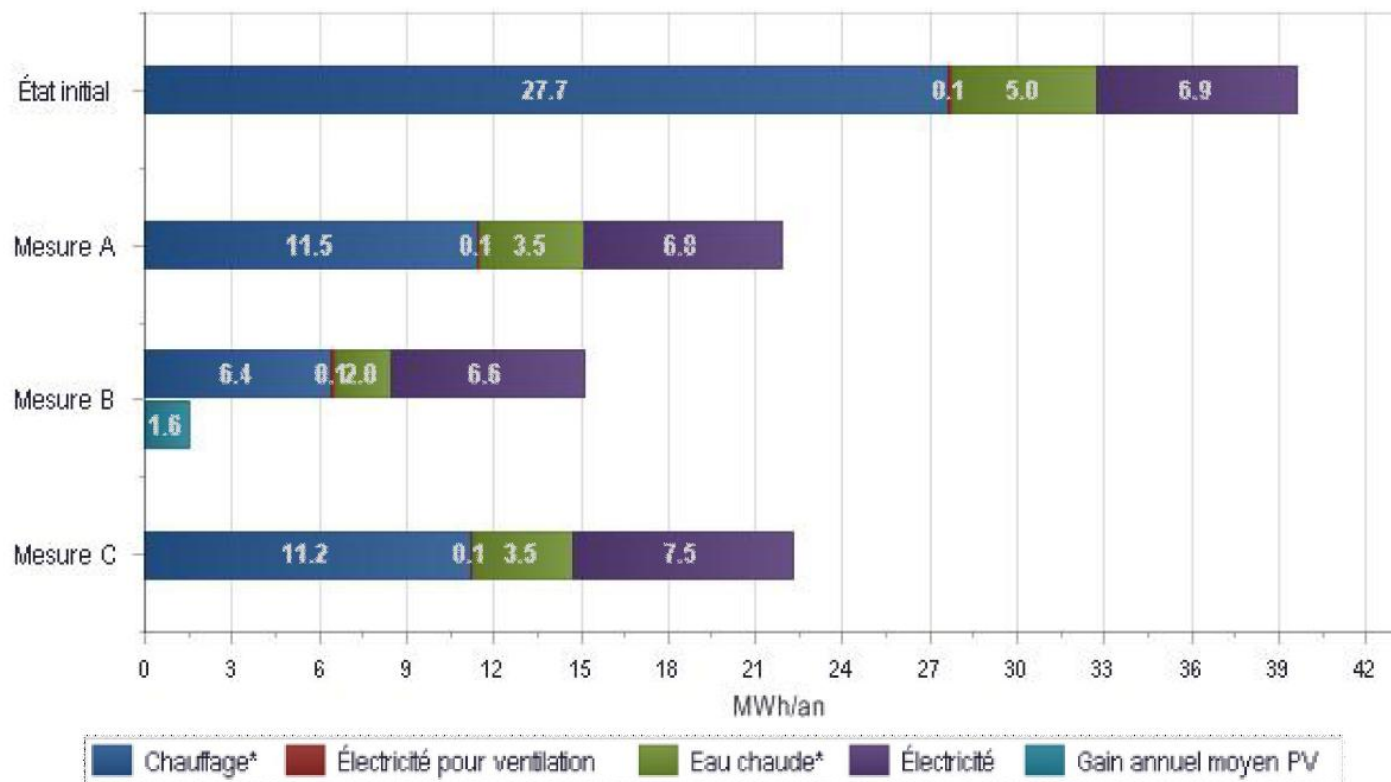


Energie primaire, CO2 et saisonnalité de l'électricité dans les résultats d'un CECB+

Aperçu énergie finale



* Le besoin couvert par l'énergie thermique solaire est déjà déduit

Le constat

- Le rapport conseil-rénovation du CECB+ est un document très documenté et certainement impressionnant pour les novices ; seules les premières pages sont lues. Les résultats qui y figurent sont donc très importants puisque les ingénieurs n'ont qu'une seule heure de conseil à consacrer au client pour présenter l'ensemble des résultats.
- Le graphique « Aperçu énergie finale » est incohérent, car il mélange deux types d'énergie différents : l'électricité et la chaleur.
- Energie Primaire non Renouvelable (EPnR) et CO₂ ne sont pas clairement présentés dans les premiers résultats. Pourtant ces données sont présentes dans le rapport, mais perdues dans les annexes. Ces informations sont capitales pour la comparaison « écologique » des différents systèmes de production de chaleur.

Objectifs : Améliorer les indicateurs clefs « écologiques », en incluant les données suivantes aux résultats graphiques du CECB+

Soit :

- Dans le graphique « Aperçu énergie finale » : Inclure la contenance EPnR
- Ajouter un graphique comparatif CO₂ pour les différents systèmes de production énergétique
- Considérer la contenance EPnR et CO₂ à la production d'énergie solaire thermique (TH) et photovoltaïque (PV)
- Inclure les variations saisonnières de l'EPnR et CO₂ à l'électricité réseau dans les résultats

Notre démarche

1. Présentation des résultats d'un rapport CECB+ témoin
2. Ajustement des résultats avec les données EPnR et CO₂ du rapport
3. Déduction de la production PV de la demande de chauffage, ajout de l'EPnR et CO₂ du PV et TH
4. Ventilation du contenu EPnR et CO₂ saisonnier de l'électricité sur la demande de chauffage
5. Comparaisons
6. Annexes / Sources

1. Présentation des résultats d'un rapport CECB+ témoin

Rapport de conseil CECB® Plus

Modernisation du bâtiment



Maison individuelle

Commune : Mollie-Margot VD

Toit SE, pente 35°

SRE = 229 m²

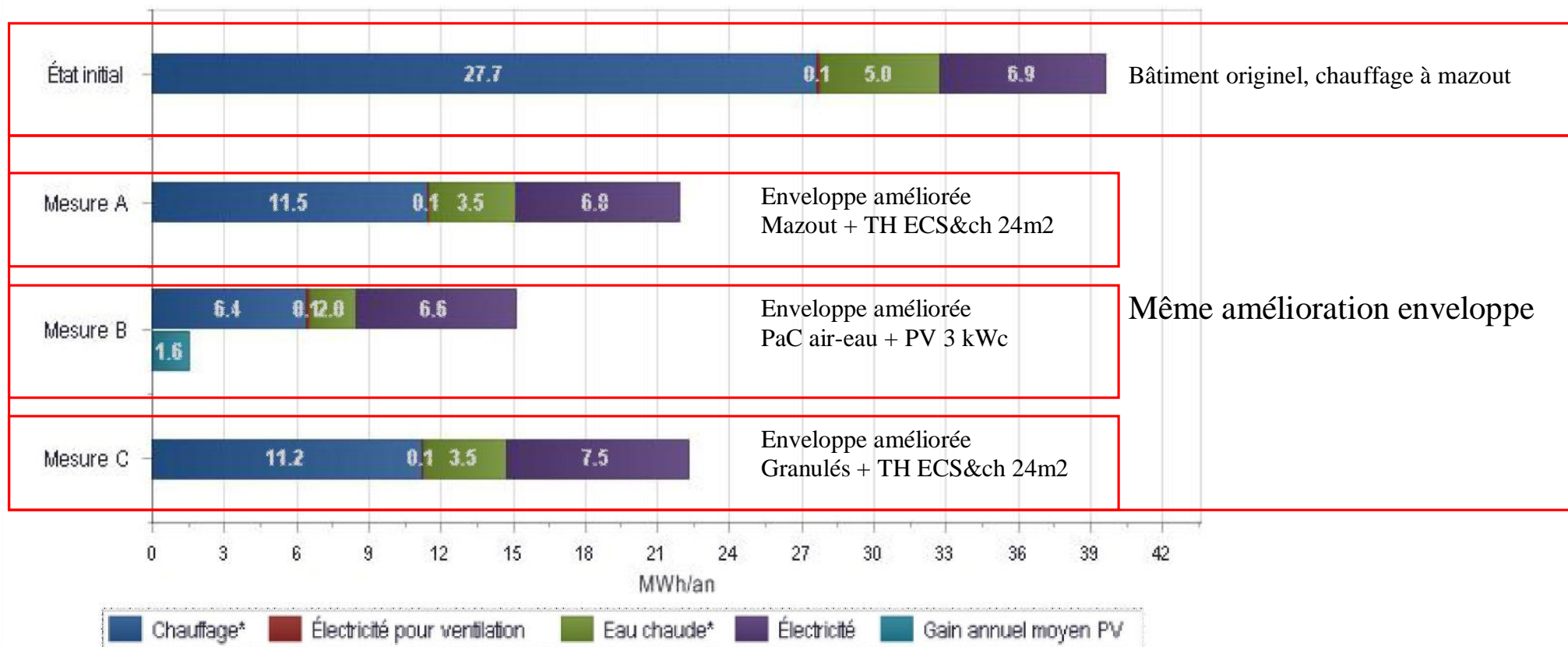
Chauffage Mazout

Chauffage au sol

Classe énergétique E à l'origine

Classe énergétique D après travaux

1. Présentations de résultats d'un rapport CECB+ témoin



* Le besoin couvert par l'énergie thermique solaire est déjà déduit

Les résultats suivants sont également donnés:

	Production de chaleur	CO2 (page 12 du CECB+) [kg/m ² an]	Proportion d'énergie primaire renouvelable (pages 32 à 35 du CECB+)
Etat initial	Mazout (origine)	46 (page 12)	5.48%
Variante A	Mazout (condensation) + solaire thermique	23	25.9%
Variante B	PAC	9	14.9%
Variante C	Bois et solaire thermique	7	55.49%

2. Ajustement des résultats avec les données EPnR et CO₂ du rapport

Voir fichier CECB+_Energie primaire, CO2 et saisonnalité de l'électricité 1 20.xls_Onglet « 1_Annualisé sans PV&TH »

Caractéristiques

- Pas de changement par rapport aux résultats du rapport.
- En particulier : pas de déduction de la production PV à l'électricité dans la PaC en Variante B
- « Annualisé » <=> utilisation des données EPnR (2.52 [MJ/MJ]) et CO₂ (0.043 [kg/MJ]) en moyenne annuelle du rapport

Source: A : Manuel CECB V. 5.3 (tableau HWW13) et SIA 2031 (2009)

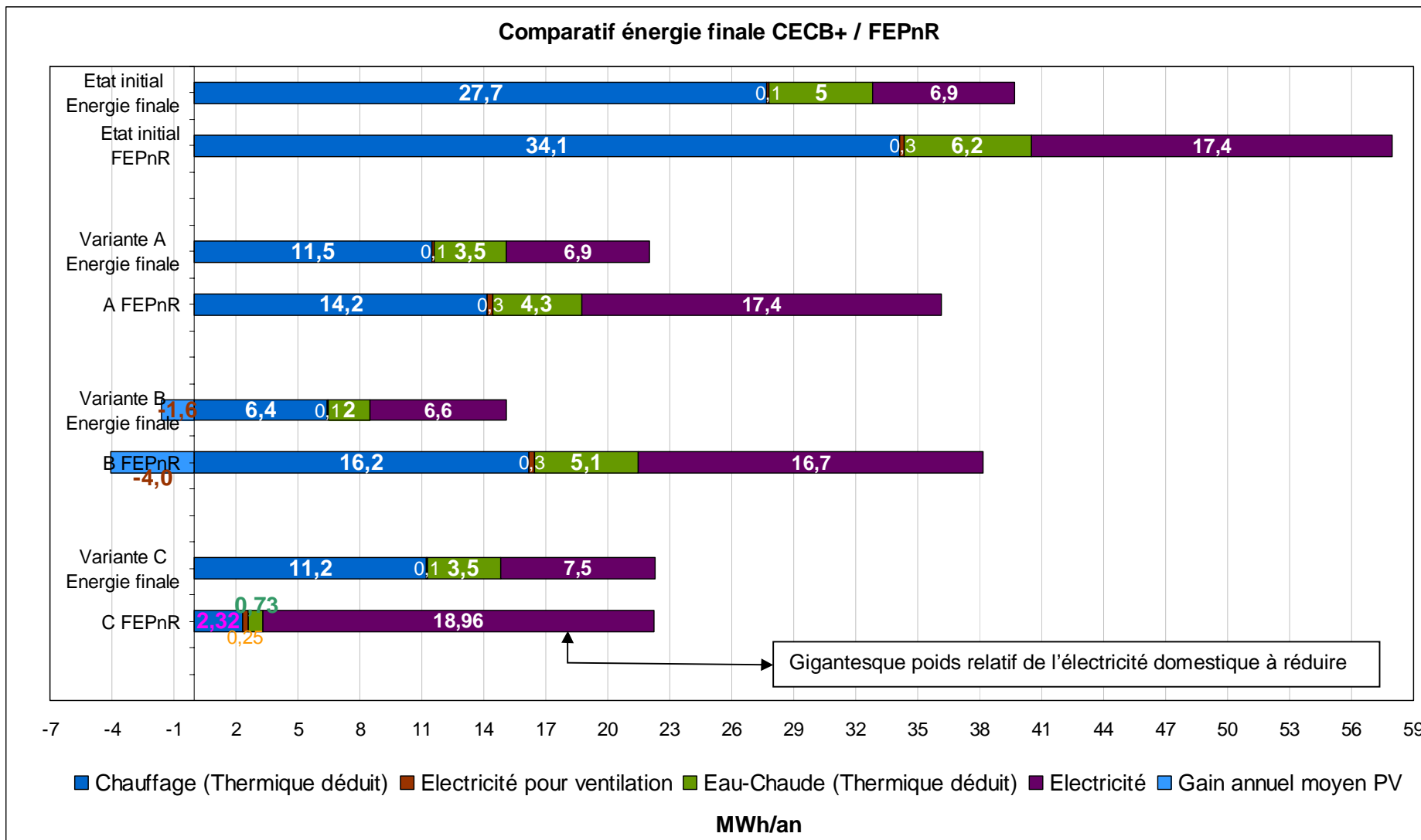
Source B (jaune) : KBOB-Ökobilanzdatenbestand v.2.2.2016 - stand 2016

Source C (verte): Umweltkennwerte und Primärenergiefaktoren von Energie systemen (2016)_Page 10

Agent énergétique	Densité [kg/m ³]	Pouvoir calorifique [MJ/kg]	Facteur national de pondération [-]	Facteur total d'E.P. [-]	Proportion d'E.P. Renouvelable [%]	Coefficient émission de CO ₂		FEPnR		
						[kg/mJ]	[kg/kWh]	[MJ/MJ]		
1 Unités										
2 Mazout	840	44,8	1	1,24	0,70%	0,082	0,2952	1,23132	Source A	
3 Charbon en briquette	700	21,2	1	1,19	0,60%	0,107	0,3852	1,18286	Source A	
4 Bois morceaux	350	19,9	0,5	1,06	95,20%	0,003	0,0108	0,05088	Source A	
5 Bois copeaux	170	19,9	0,5	1,14	94,60%	0,003	0,0108	0,06156	Source A	
6 Bois en pellets	660	20,2	0,5	1,22	83,00%	0,01	0,036	0,2074	Source A	
7 Gaz naturel	0,76	40,3	1	1,15	0,50%	0,067	0,2412	1,14425	Source A	
8 Biogaz	1,3	23	0,5	0,48	8,20%	0,038	0,1368	0,44064	Source A	
9 Chaleur solaire			0	1	100,00%	0,01	0,04	0,24	Source B	
10 Electricité PV			0	1	100,00%	0,02	0,07	0,33	Source B	
11 Chaleur à distance part fossile ? 25%			0,4	0,38	60%	0,013	0,0468	0,152	Source A	
12 Chaleur à distance part fossile ? 50%			0,6	0,71	36,60%	0,025	0,09	0,45014	Source A	
13 Chaleur à distance part fossile ? 75%			0,8	1,18	10%	0,045	0,162	1,062	Source A	
14 Chaleur à distance part fossile >75%			1	1,55	1,20%	0,1	0,36	1,5314	Source A	
15 Electricité réseau Suisse			2	2,97	14,90%	0,043	0,1548	2,52747	Source A	
16 Electricité réseau Suisse				3	14,90%	0,028	0,1008	2,52000	Source C	
17 Electricité réseau Européen				3,18	31%	0,146	0,5256	2,89	Source C	

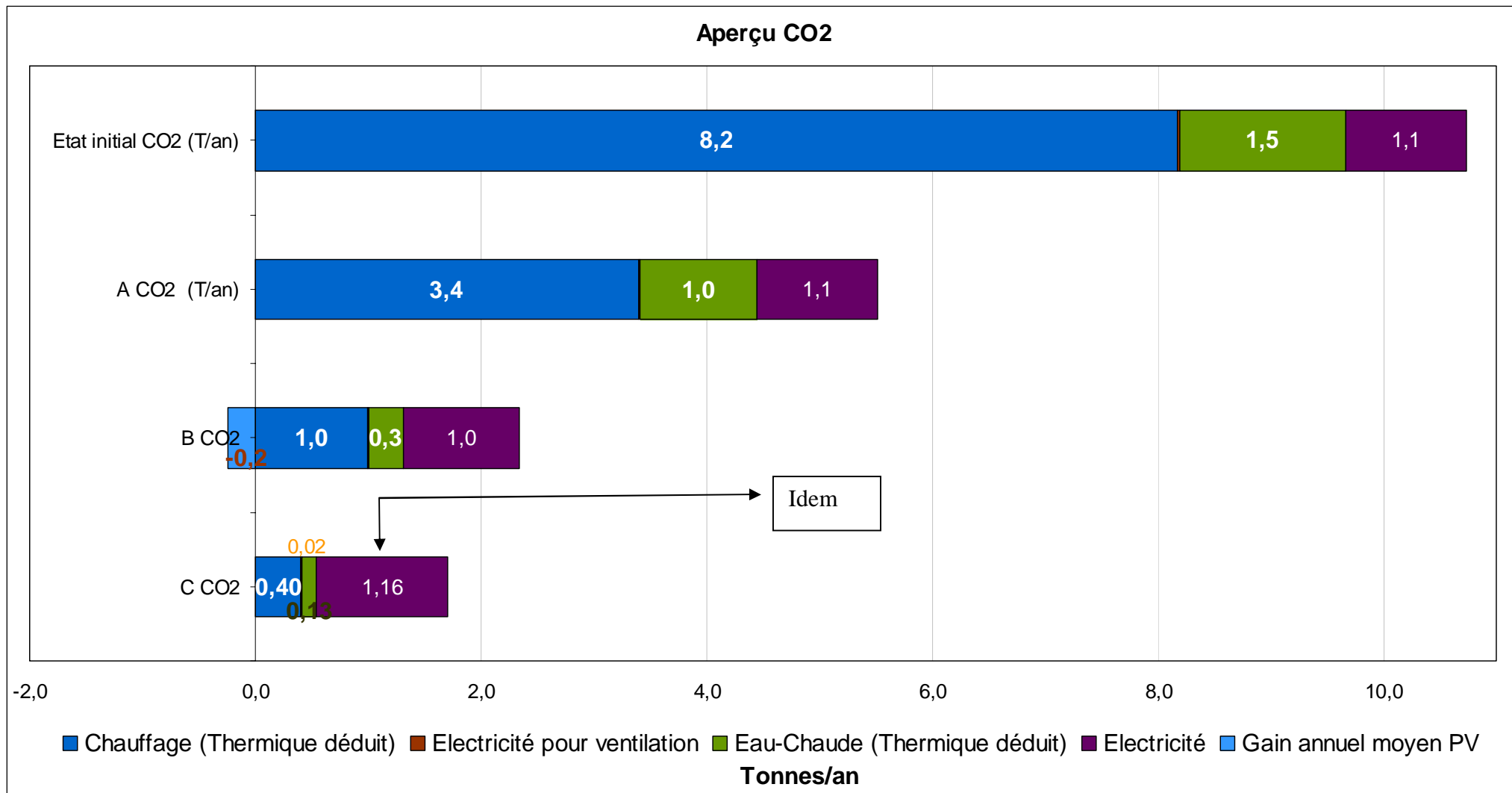
2. Ajustement des résultats avec les données EPnR et CO₂ du rapport

Voir fichier CECB+_Energie primaire, CO2 et saisonnalité de l'électricité 1 20.xls_ onglet « 1_Annualisé sans PV&TH »



2. Ajustement des résultats avec les données EPnR et CO2 du rapport

Voir fichier CECB+_Energie primaire, CO2 et saisonnalité de l'électricité 1 20.xls_ onglet « 1_Annualisé sans PV&TH »



3. Déduction de la production PV de la demande de chauffage, ajout de l'EPnR et CO₂ du PV et TH

Voir fichier CECB+_Energie primaire, CO2 et saisonnalité de l'électricité 1 20.xls_Onglet « 1_Annualisé sans PV&TH »

Caractéristiques

- Déduction de 100% de la production PV à la demande électrique de chauffage de la PaC dans la variante B.
- « Annualisé » <=> utilisation des données EPnR (2.52 [MJ/MJ]) et CO₂ (0.043 [kg/MJ]) en moyenne annuelle du rapport
- Ajout des contenances EPnR et CO₂ du TH et PV, soit respectivement (0.24/0.33 [MJ/MJ]) et (0.01/0.02 [kg/MJ])

Source: A : Manuel CECB V. 5.3 (tableau HWW13) et SIA 2031 (2009)

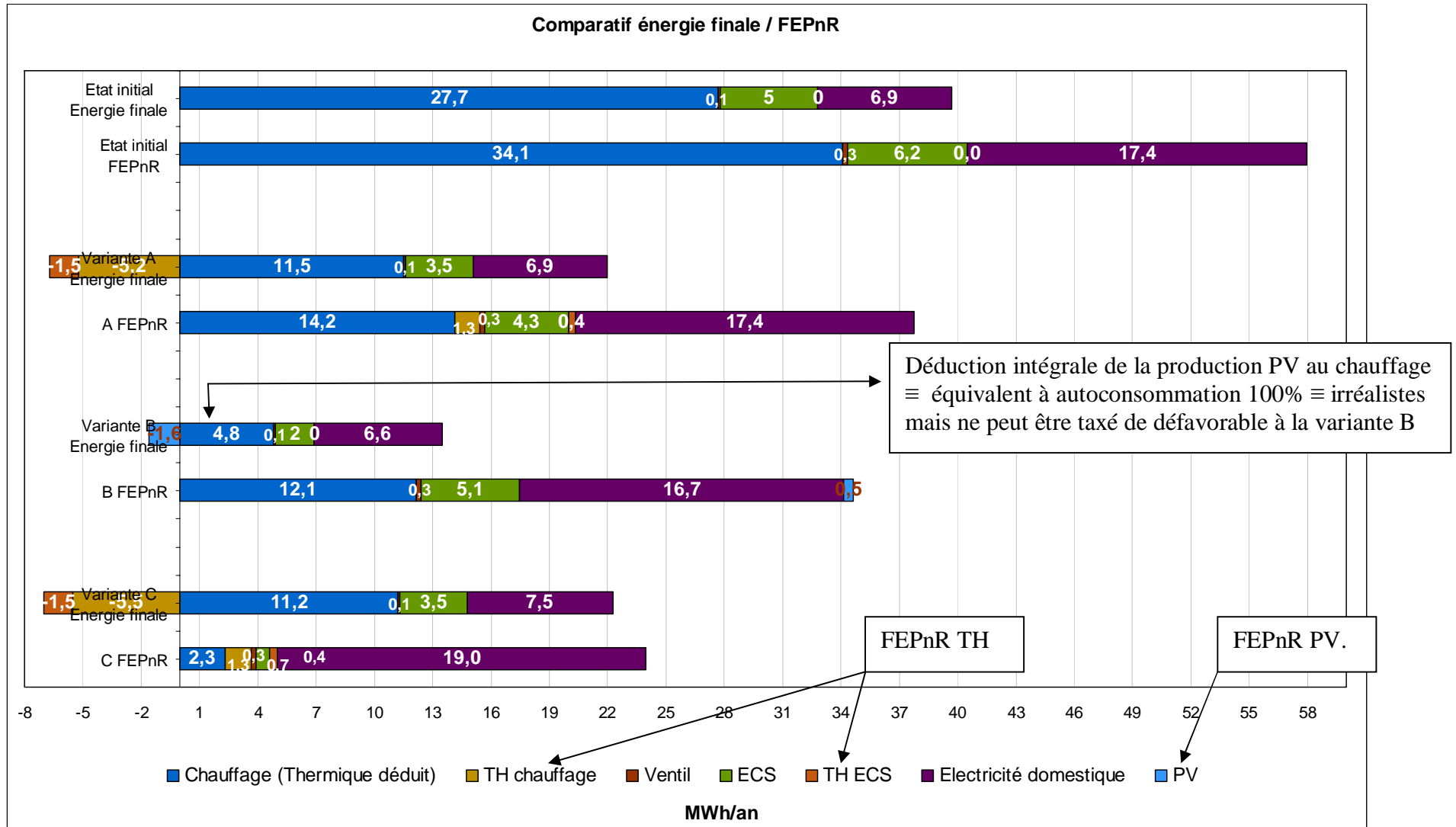
Source B (jaune) : KBOB-Ökobilanzdatenbestand v.2.2.2016 - stand 2016

Source C (verte): Umweltkennwerte und Primärenergiefaktoren von Energie systemen (2016)_Page 10

Agent énergétique	Densité [kg/m ³]	Pouvoir calorifique [MJ/kg]	Facteur national de pondération [-]	Facteur total d'E.P. [-]	Proportion d'E.P. Renouvelable [%]	Coefficient émission de CO ₂		FEPnR	
						[kg/mJ]	[kg/kWh]	[MJ/MJ]	
1 Unités									
2 Mazout	840	44,8	1	1,24	0,70%	0,082	0,2952	1,23132	Source A
3 Charbon en briquette	700	21,2	1	1,19	0,60%	0,107	0,3852	1,18286	Source A
4 Bois morceaux	350	19,9	0,5	1,06	95,20%	0,003	0,0108	0,05088	Source A
5 Bois copeaux	170	19,9	0,5	1,14	94,60%	0,003	0,0108	0,06156	Source A
6 Bois en pellets	660	20,2	0,5	1,22	83,00%	0,01	0,036	0,2074	Source A
7 Gaz naturel	0,76	40,3	1	1,15	0,50%	0,067	0,2412	1,14425	Source A
8 Biogaz	1,3	23	0,5	0,48	8,20%	0,038	0,1368	0,44064	Source A
9 Chaleur solaire			0	1	100,00%	0,01	0,04	0,24	Source B
10 Electricité PV			0	1	100,00%	0,02	0,07	0,33	Source B
11 Chaleur à distance part fossile ? 25%			0,4	0,38	60%	0,013	0,0468	0,152	Source A
12 Chaleur à distance part fossile ? 50%			0,6	0,71	36,60%	0,025	0,09	0,45014	Source A
13 Chaleur à distance part fossile ? 75%			0,8	1,18	10%	0,045	0,162	1,062	Source A
14 Chaleur à distance part fossile >75%			1	1,55	1,20%	0,1	0,36	1,5314	Source A
15 Electricité réseau Suisse			2	2,97	14,90%	0,043	0,1548	2,52747	Source A
16 Electricité réseau Suisse				3	14,90%	0,028	0,1008	2,52000	Source C
17 Electricité réseau Européen				3,18	31%	0,146	0,5256	2,89	Source C

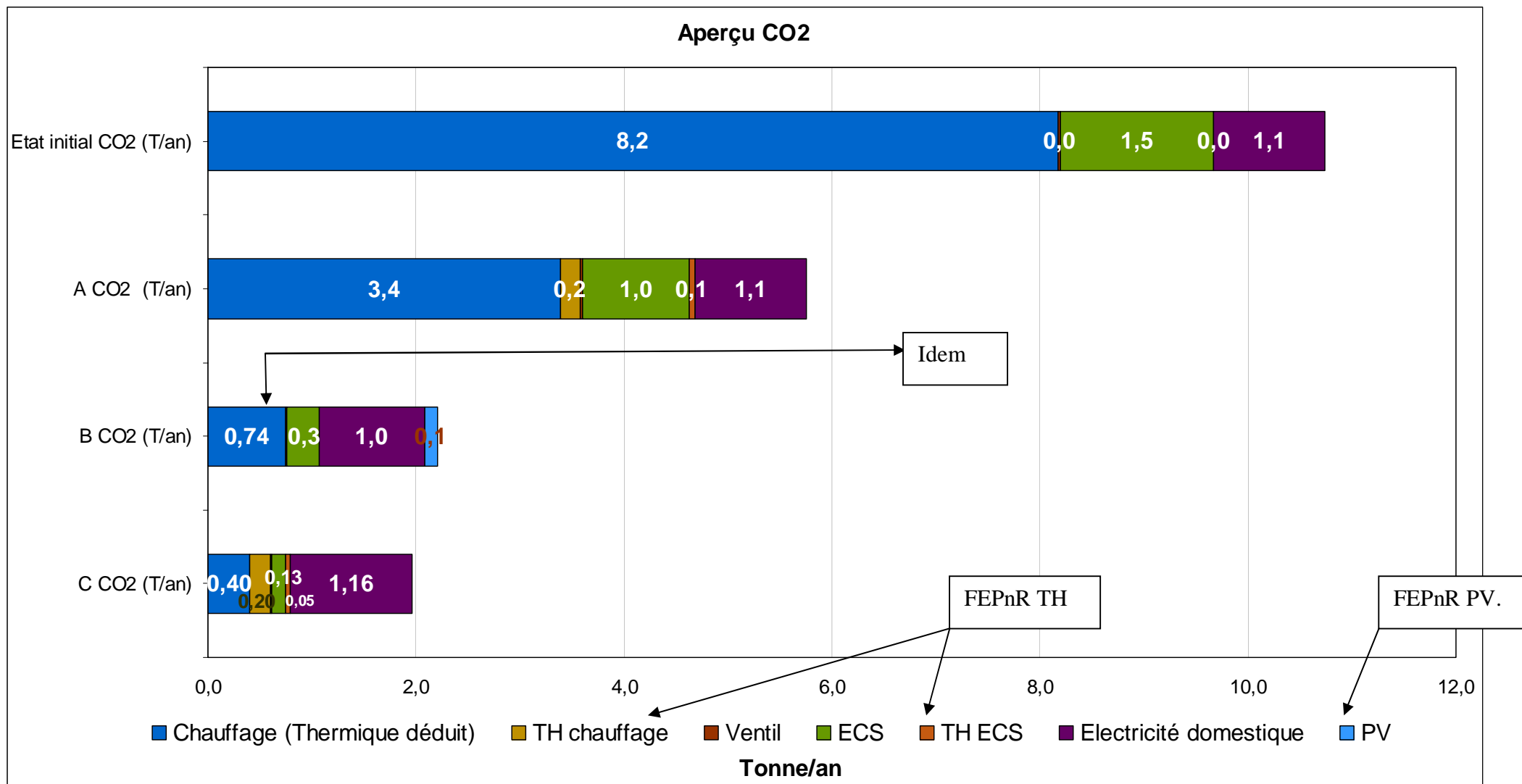
3. Déduction de la production PV de la demande de chauffage, ajout de l'EPnR et CO₂ du PV et TH

Voir fichier CECB+_Energie primaire, CO2 et saisonnalité de l'électricité 1 20.xls_Onglet « 2_Annualisé avec PV&TH »



3. Déduction de la production PV de la demande de chauffage, ajout de l'EPnR et CO₂ du PV et TH

Voir fichier CECB+_Energie primaire, CO2 et saisonnalité de l'électricité 1 20.xls_Onglet « 2_Annualisé avec PV&TH »



4. Ventilation du contenu EPnR et CO₂ saisonnier de l'électricité sur la demande de chauffage

Voir fichier CECB+_Energie primaire, CO2 et saisonnalité de l'électricité 1 20.xls_Onglet « Vuarnoz moyenné au mois »

Caractéristiques

- Déduction de 100% de la production PV à la demande électrique de chauffage de la PaC dans la variante B.
 - Utilisation des données Juselme/Vuarnoz pour le contenu EPnR et CO₂ de l'électricité mais en corrigeant la moyenne annuelle EPnR (2.92 [MJ/MJ]) et CO₂ (0.057 [kg/MJ]) vers les valeurs officielles du rapport CECB+ (2.53 [MJ/MJ]) et (0.043 [kg/MJ]).
 - But : **sortir les valeurs absolues plus élevées Vuarnoz/Juselme pour ne voir que l'effet de la saisonnalité sur une demande électrique elle aussi saisonnière.** Pour l'électricité domestique, vu la distribution uniforme de la demande, il n'y a pas d'influence.

Sources

- Rapport Vuarnoz/Juselme
 - <http://www.sebasol.info/public/Article%20Vuarnoz%20sur%20l%20EPnR%20variable%20EPFL%2014.07.2018.pdf>
- Séries temporelles Vuarnoz/Juselme
<http://www.sebasol.info/public/S%C3%A9ries%20temporelles%20a%20heure%20pour%20article%20EPnR%20Vuarnoz.xls>

Vuarnoz / Juselme – EPFL : contenance EPnR et CO₂

		jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec	Annuel
FEPnR	{MJ/MJ}	3,319	2,781	3,112	3,210	2,880	2,050	2,427	2,610	2,924	3,015	3,187	3,326	2,903
CO2	[kg/kWh]	0,281	0,241	0,232	0,192	0,079	0,104	0,135	0,162	0,214	0,263	0,279	0,291	0,206

[kg/MJ] 0,057

4. Ventilation du contenu EPnR et CO₂ saisonnier de l'électricité sur la demande de chauffage

Voir fichier CECB+_Energie primaire, CO2 et saisonnalité de l'électricité 1 20.xls_Onglet « 1_Annualisé sans PV&TH »

Source A : Manuel CECB V. 5.3 (tableau HWW13) et SIA 2031 (2009)

Source B (jaune) : KBOB-Ökobilanzdatenbestand v.2.2.2016 - stand 2016

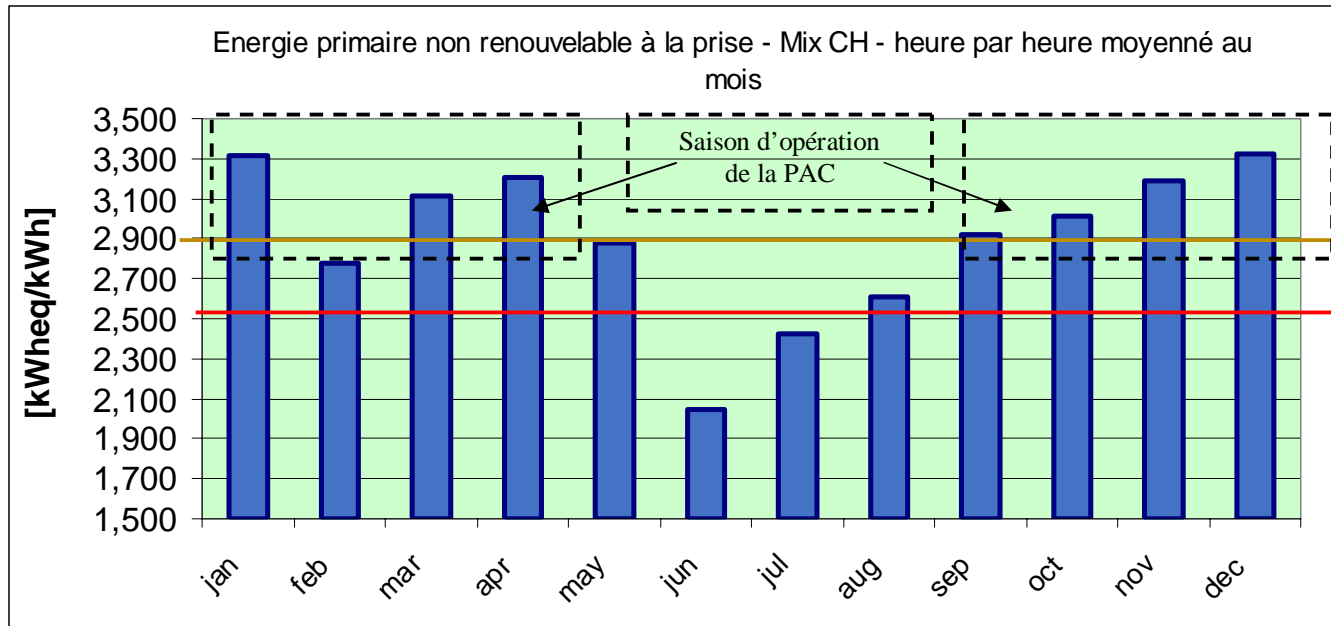
Source C (verte): Umweltkennwerte und Primärenergiefaktoren von Energie systemen (2016)_Page 10

Source D (rose). Vuarnoz/Juselme, EPFL voir liens dans présentation

Agent énergétique	Densité [kg/m ³]	Pouvoir calorifique [MJ/kg]	Facteur national de pondération [-]	Facteur total d'E.P. [-]	Proportion d'E.P. Renouvelable [%]	Coefficient émission de CO ₂		FEPnR [MJ/MJ]	Source
						[kg/m ³]	[kg/kWh]		
1 Unités									
2 Mazout	840	44,8	1	1,24	0,70%	0,082	0,2952	1,23132	Source A
3 Charbon en brique	700	21,2	1	1,19	0,60%	0,107	0,3852	1,18286	Source A
4 Bois morceaux	350	19,9	0,5	1,06	95,20%	0,003	0,0108	0,05088	Source A
5 Bois copeaux	170	19,9	0,5	1,14	94,60%	0,003	0,0108	0,06156	Source A
6 Bois en pellets	660	20,2	0,5	1,22	83,00%	0,01	0,036	0,2074	Source A
7 Gaz naturel	0,76	40,3	1	1,15	0,50%	0,067	0,2412	1,14425	Source A
8 Biogaz	1,3	23	0,5	0,48	8,20%	0,038	0,1368	0,44064	Source A
9 Chaleur solaire			0	1	100,00%	0,01	0,04	0,24	Source B
10 Electricité PV			0	1	100,00%	0,02	0,07	0,33	Source B
11 Chaleur à distance part fossile ? 25%			0,4	0,38	60%	0,013	0,0468	0,152	Source A
12 Chaleur à distance part fossile ? 50%			0,6	0,71	36,60%	0,025	0,09	0,45014	Source A
13 Chaleur à distance part fossile ? 75%			0,8	1,18	10%	0,045	0,162	1,062	Source A
14 Chaleur à distance part fossile >75%			1	1,55	1,20%	0,1	0,36	1,5314	Source A
15 Electricité réseau Suisse			2	2,97	14,90%	0,043	0,1548	2,52747	Source A
16 Electricité réseau Suisse				3	14,90%	0,028	0,1008	2,52000	Source C
17 Electricité réseau Européen				3,18	31%	0,146	0,5256	2,89	Source C
18 Electricité réseau Suisse, Vuarnoz/Juselme						0,057	0,2061	2,90	Source D

Grande variabilité du calcul de la contenance CO₂ de l'électricité du CH-mix !!
 Facteur 2 entre 3 sources ! Facteur 2.5 à 5.2 entre l'Europe et la Suisse !
 (commentaires additionnels en annexe)

Vuarnoz / Juselme – EPnR et CO₂ – Saisonnalité visible

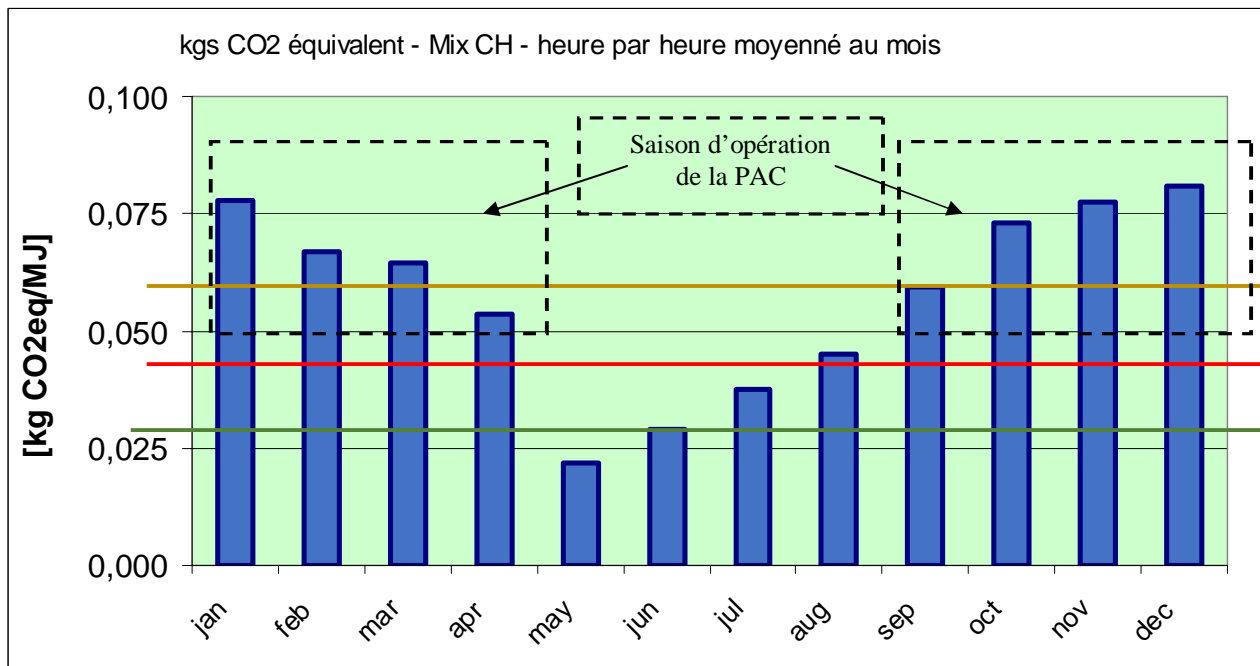


Traits = moyennes annuelles

Source D (Vuarnoz), 2.9

Source A (SIA) & C Frischknecht, 2.52

EPnR Juselme/Vuarnoz



Source D (Vuarnoz), 0.057

Source A (SIA), 0.043

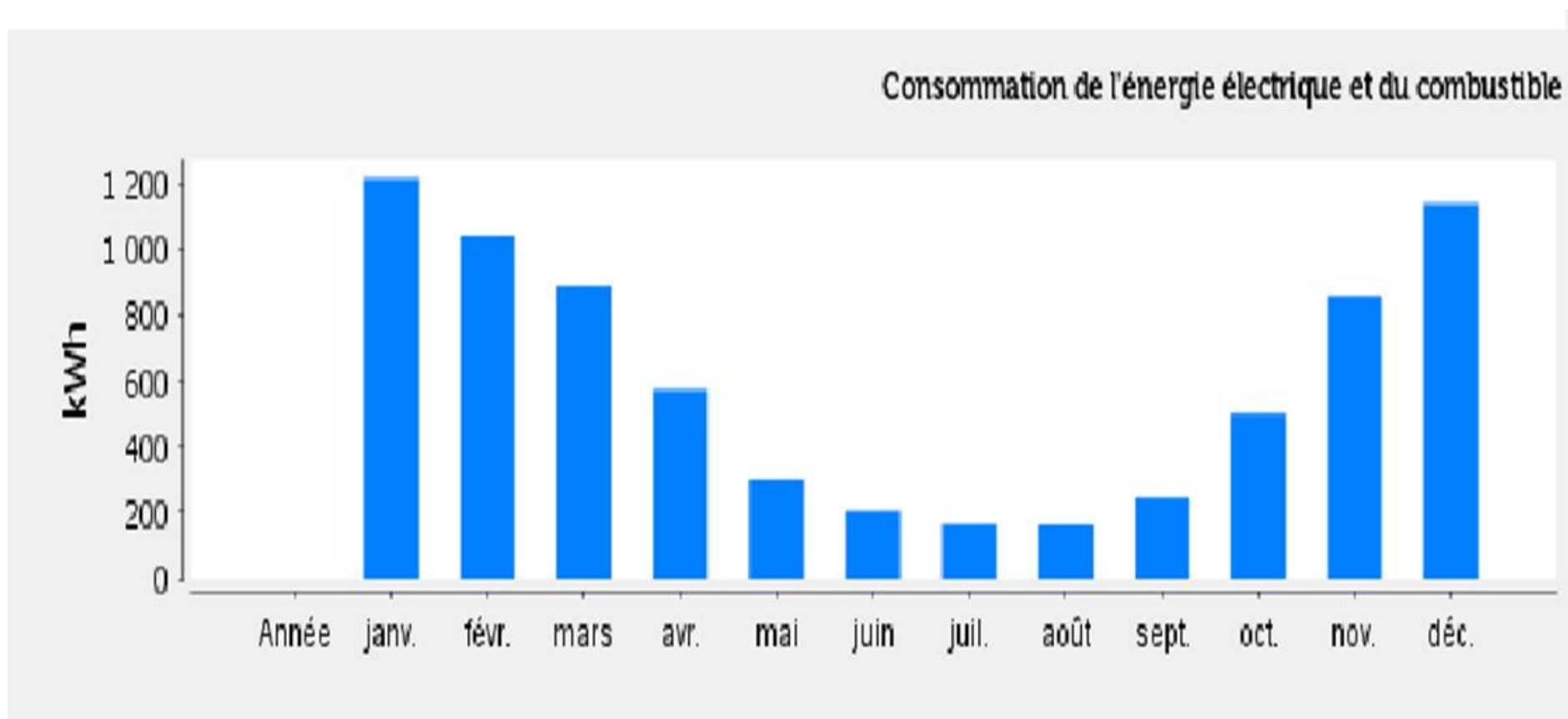
Source C, Frischknecht, 0.028

CO2 Juselme/Vuarnoz

4. Ventilation du contenu EPnR et CO₂ saisonnier de l'électricité sur la demande de chauffage

Courbe de charge électricité dans PaC – Simul Polysun

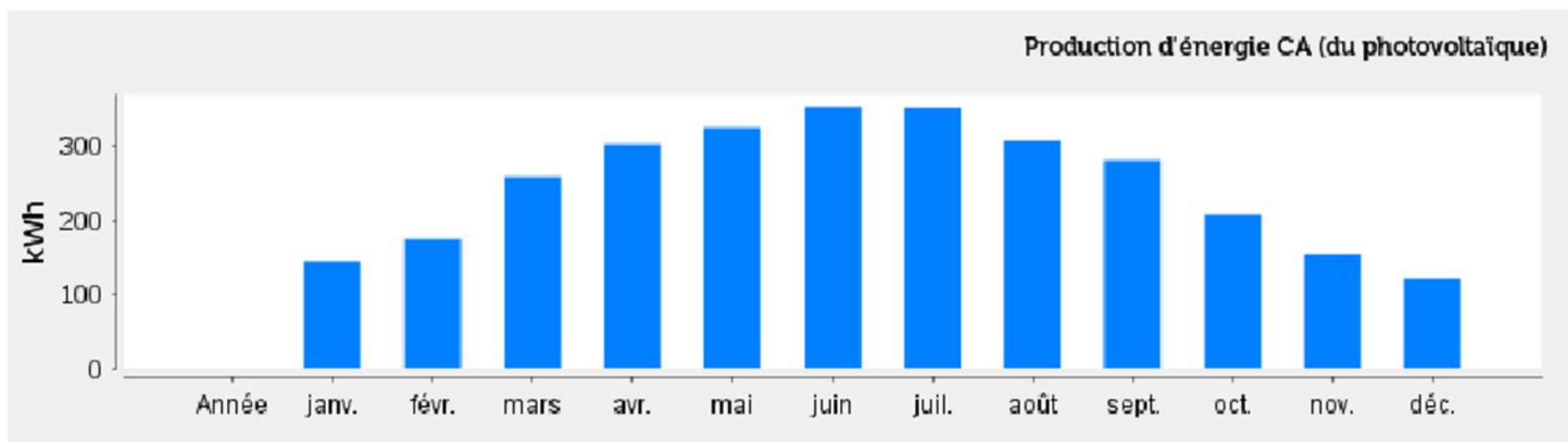
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec	Année
Conso électrique	1220	1044	890	575	304	204	164	162	245	501	860	1143	7312
Proportion annuelle	16,7%	14,3%	12,2%	7,9%	4,2%	2,8%	2,2%	2,2%	3,4%	6,9%	11,8%	15,6%	100%



4. Ventilation du contenu EPnR et CO₂ saisonnier de l'électricité sur la demande de chauffage

Courbe de production PV 3kWc– Simul Polysun

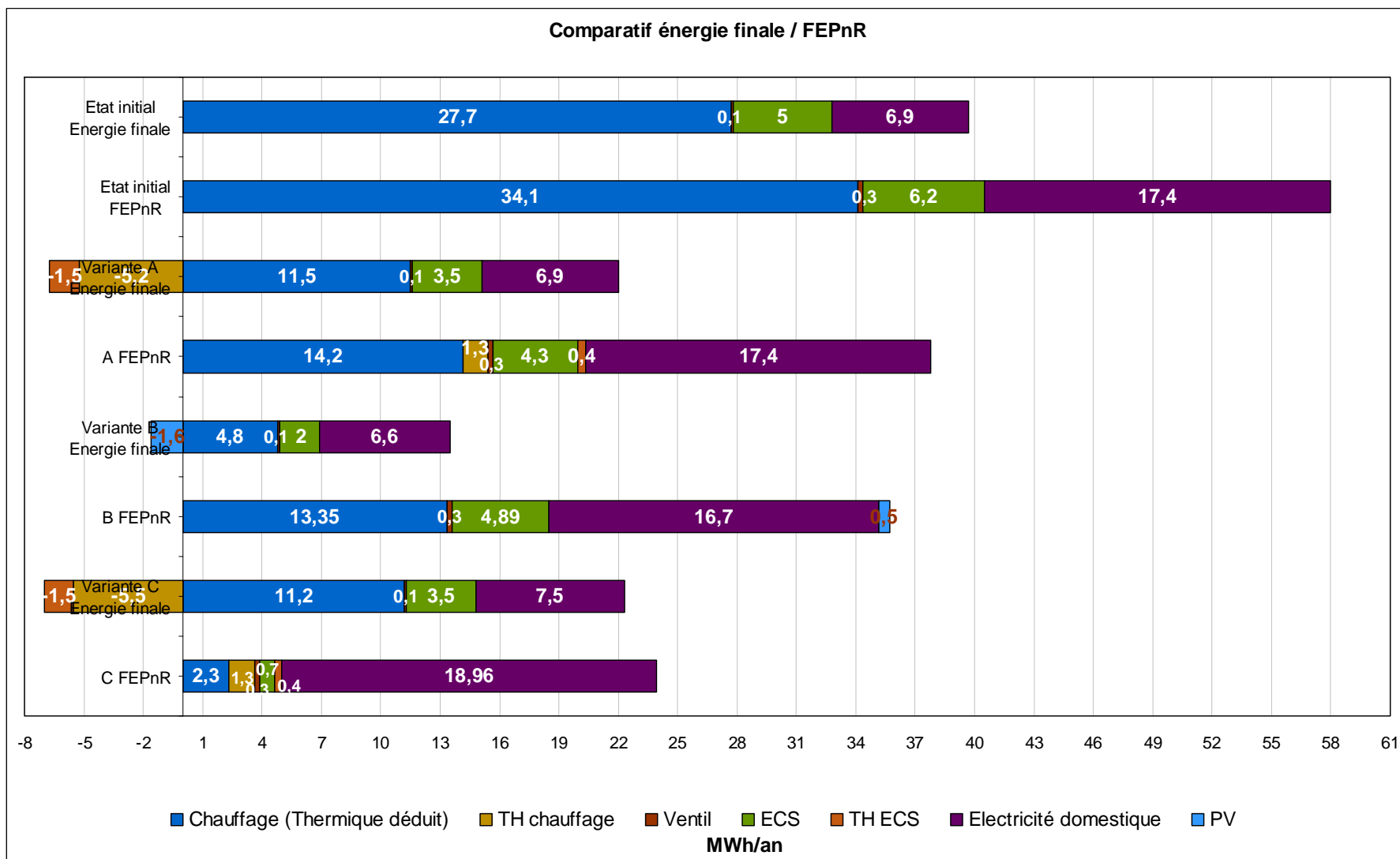
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec	Année
Production	144	174	258	302	325	352	351	307	281	207	154	121	2976
Proportion annuelle	4,8%	5,8%	8,7%	10,1%	10,9%	11,8%	11,8%	10,3%	9,4%	7,0%	5,2%	4,1%	100%



Note : la courbe de charge et la production PV tirées de Polysun ont été obtenue en simulant un bâtiment approximativement semblable à celui du CECB+. Ceci pour ventiler l'électricité réseau dans la PaC mois par mois avec les productions PV des mêmes mois. Mais les besoins en chauffage et la production PV proviennent du bâtiment témoin, car sinon il est impossible de comparer. Et toute la production PV du CECB+ est attribuée à la composante chauffage de la PaC soit celle de mauvaise saison la plus lourde en EPnR/CO₂, ce qui ne préterite pas cette variante.

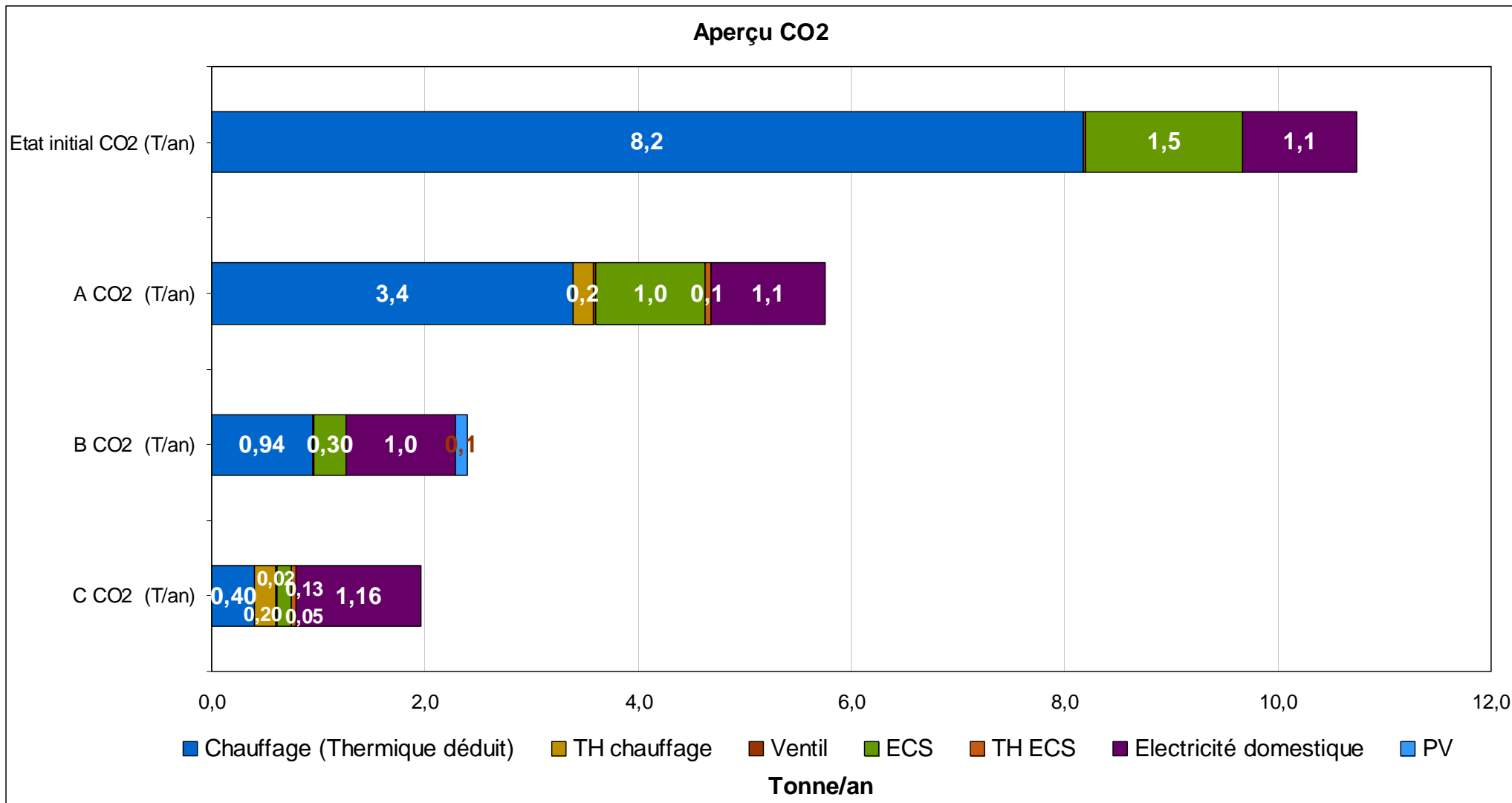
4. Ventilation du contenu EPnR et CO₂ saisonnier de l'électricité sur la demande de chauffage

Voir fichier CECB+_Energie primaire, CO2 et saisonnalité de l'électricité 1 20.xls_Onglet « 3_Saisonnalité avec PV&TH»
 Normé sur données Source A (SIA)



4. Ventilation du contenu EPnR et CO₂ saisonnier de l'électricité sur la demande de chauffage

Voir fichier CECB+_Energie primaire, CO2 et saisonnalité de l'électricité 1 20.xls_Onglet « 3_Saisonnalité avec PV&TH»
 Normé sur données Source A (SIA)

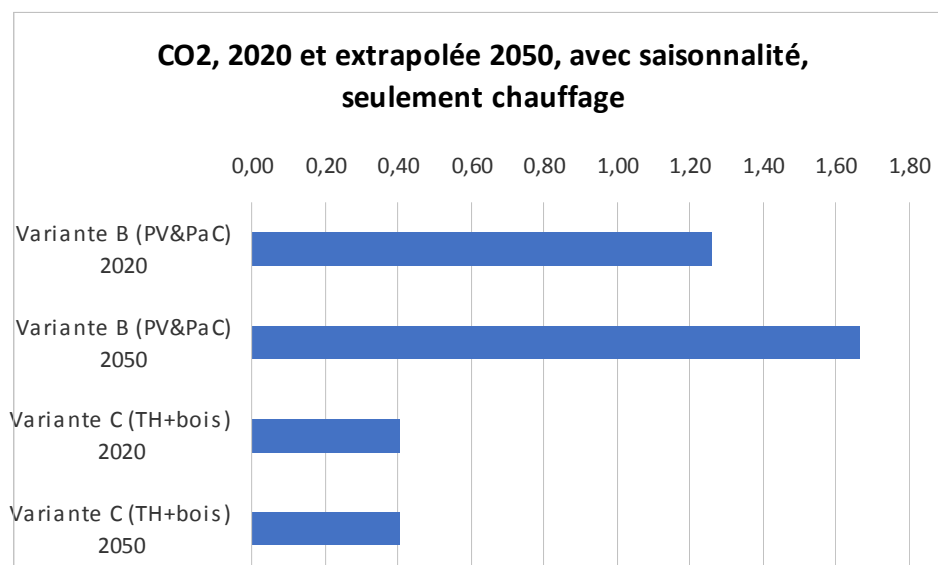
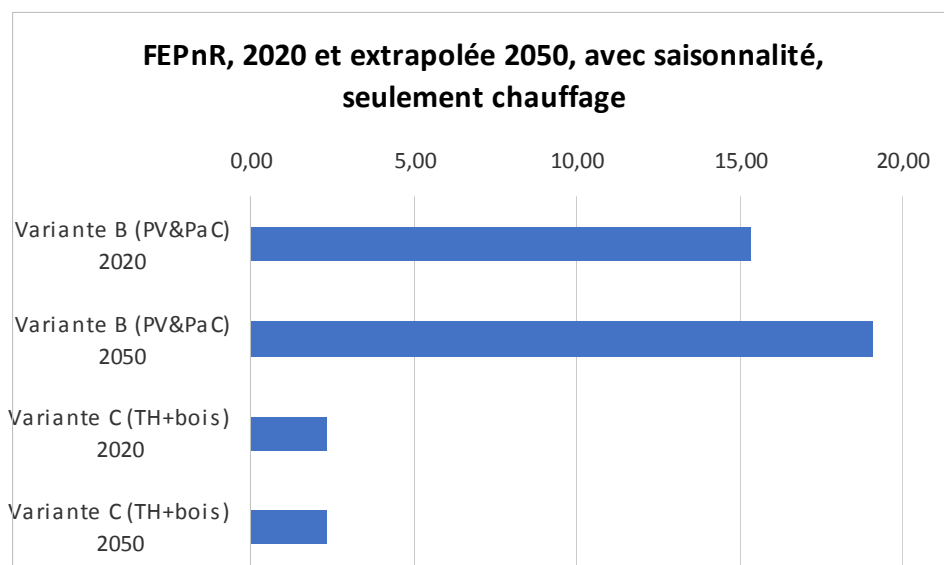


5. Comparaison Saisonnalité

Seulement chauffage – Situation 2020 et 2050

Voir fichier CECB+_Energie primaire, CO₂ et saisonnalité de l'électricité 1 20.xls_Onglet « Compar Saison Vuarnoz 2050»

Hypothèse : selon annexe 3, poursuite du taux de croissance des 30 dernières années des importations d'électricité durant l'hiver sans besoins électriques additionnels (véhicules électriques, PaC, 5G, blockchain etc)...



Soit près de +30% d'augmentation due à l'influence de la saisonnalité selon annexe 3.

Rappel : seul l'effet de la saisonnalité sur les données du CECB+ est prise en compte. Les +15% (FEPnR) / +33% (CO₂) d'impact moyens annuels supplémentaires des facteurs FEPnR/CO₂ Vuarnoz/Juselme (source D) sur les ceux du CECB+ (source A) en 2015-20 (étude Vuarnoz/Juselme) ne le sont pas. S'il l'étaient, il prêteraient d'avantage non seulement la variante B (PV+PaC), mais aussi toute l'électricité domestique partout.

5. Comparaison Récapitulatif

Rappel

- Situation A = calcul avec l'EPnR et le CO₂ du CECB+
- Situation B = idem A plus injection de 100% de la production PV dans la PaC (variante B) et prise en compte partout de la contenance EPnR et CO₂ de l'énergie PV et TH
- Situation C = idem B plus prise en compte de la variation saisonnière EPnR et CO₂ de l'électricité à la prise.

Chapitre	Concerne	Initial	Variante A	Variante B	Variante C
2	Energie finale	27.7	11.5	6.4	11.2
2	FEPnR	34.1	14.2	16.2	2.32
2	CO2 (T/an)	8.2	3.4	1	0.4
3	Energie finale	27.7	11.5	4.8	11.2
3	FEPnR	34.1	14.2	12.1	2.32
3	CO2 (T/an)	8.2	3.4	0.74	0.4
4	Energie finale	27.7	11.5	4.8	11.2
4	FEPnR	34.1	14.2	13.35	2.32
4	CO2 (T/an)	8.2	3.4	0.94	0.4

6. Nos conclusions

- Dans le rapport du CECB+, la présentation des résultats énergétiques et écologique doit également être faite en EPnR et CO₂ pour être pertinente dans la comparaison des variantes
- L'énergie solaire n'est pas exempte d'EPnR et de CO₂, il faut le prendre en compte.
- La saisonnalité de la contenance EPnR et CO₂ de l'électricité réseau influence de manière significative le bilan des machines de faible COP et qui tirent surtout de l'électricité en hiver (pompes à chaleur, mais aussi ventilations avec récupération de chaleur).
- Si la tendance de ces 30 dernières années se poursuit l'électricité suisse se rapprochera de l'électricité européenne. Ce constat n'inclus pas les nouveaux usages de l'électricité. Le « Sonderfall Suisse » exprimé par des valeurs du FEPnR et CO₂ utilisées entre autres dans le CECB+ actuel aura vécu. Et avec lui malheureusement la stratégie énergétique 2050.

MERCI POUR VOTRE ATTENTION ET VOS
INTERROGATIONS 😊 😊

Annexe 1_Sources

- Manuel CECB V. 5.3

- SIA 2031

- Rapport Vuarno/Juselme

<http://www.sebasol.info/public/Article%20Vuarnoz%20sur%20l%20EPnR%20variable%20EPFL%2014.07.2018.pdf>

- Séries temporelles Vuarnoz/Juselme

<http://www.sebasol.info/public/S%C3%A9ries%20temporelles%20a%20l%20heure%20pour%20article%20EPnR%20Vuarnoz.xls>

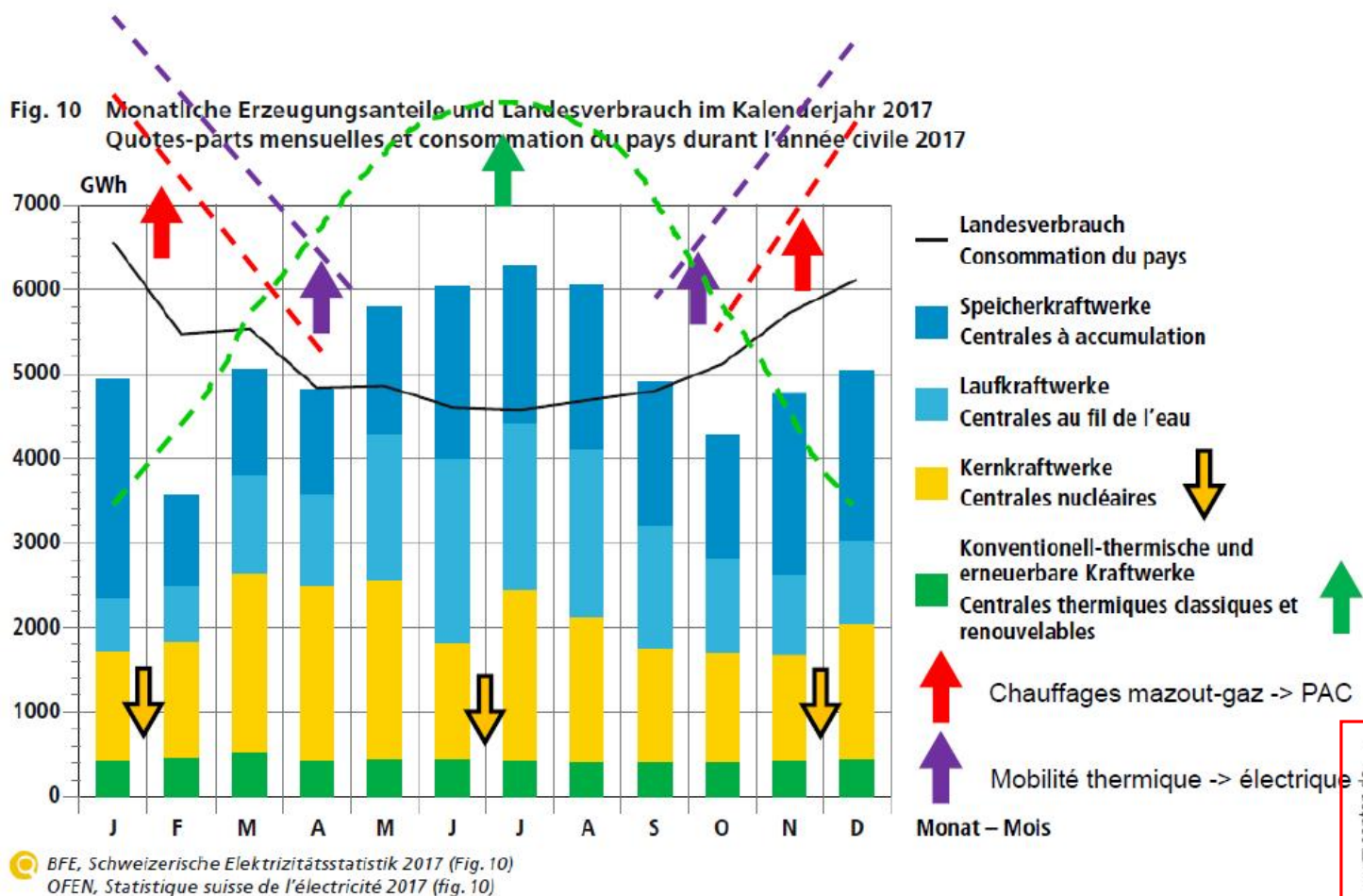
- Ecofacteurs de systèmes énergétiques pour KBOB 2016

<http://www.sebasol.info/archives/2019/frischknecht-2016-Energiesysteme.pdf>

- Fichier excel de travail « CECB+_Energie primaire, CO2 et saisonnalité de l'électricité 1.20»

Annexe 2

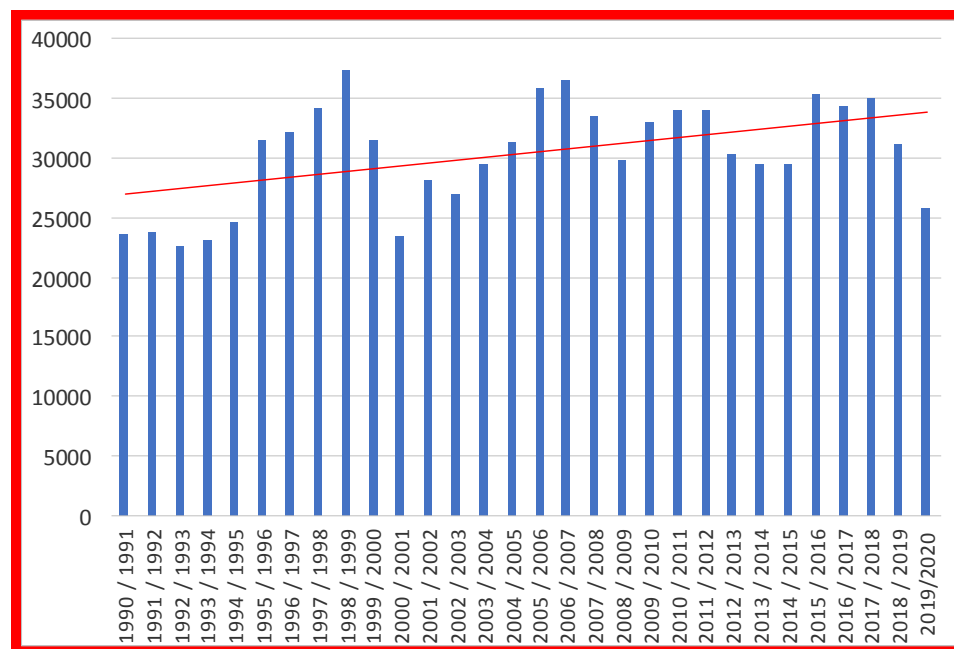
Sortie du nucléaire / Nouvelles technologies : Impact sur la consommation électrique nationale




**Merci
 au
 DIREN**

Annexe 3

Consommation électrique / Importations Tendance sur les 30 dernières années

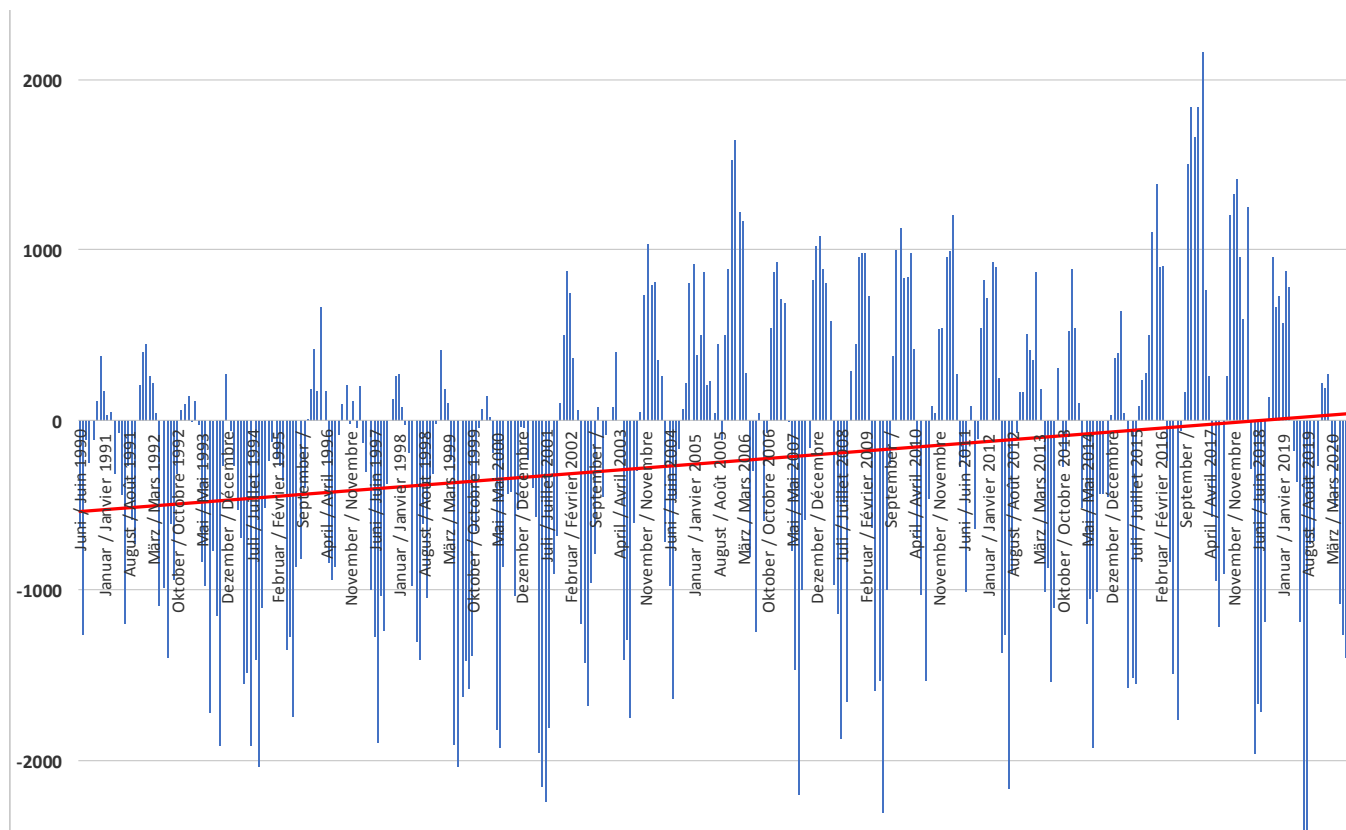


Entre 1990 et 2019, les importations d'électricité ont augmenté de ~10'000 GWh (+30%). Si l'on extrapole cette évolution, sans « consommations disruptives » en addition (numérique, mobilité électrique, shift de la demande de chauffage sur des machines de faible COP, cryptomonnaie, etc.), l'importation en 2050 devrait atteindre 45'000 GWh.

Source : Le Bilan suisse de l'électricité. <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/statistiques-delenergie/statistique-de-l-electricite.html#kw-96086>. Les graphiques ne sont pas à jour avec leur dernière version.

Annexe 4

Importation-exportation : Tendance sur les 30 dernières années

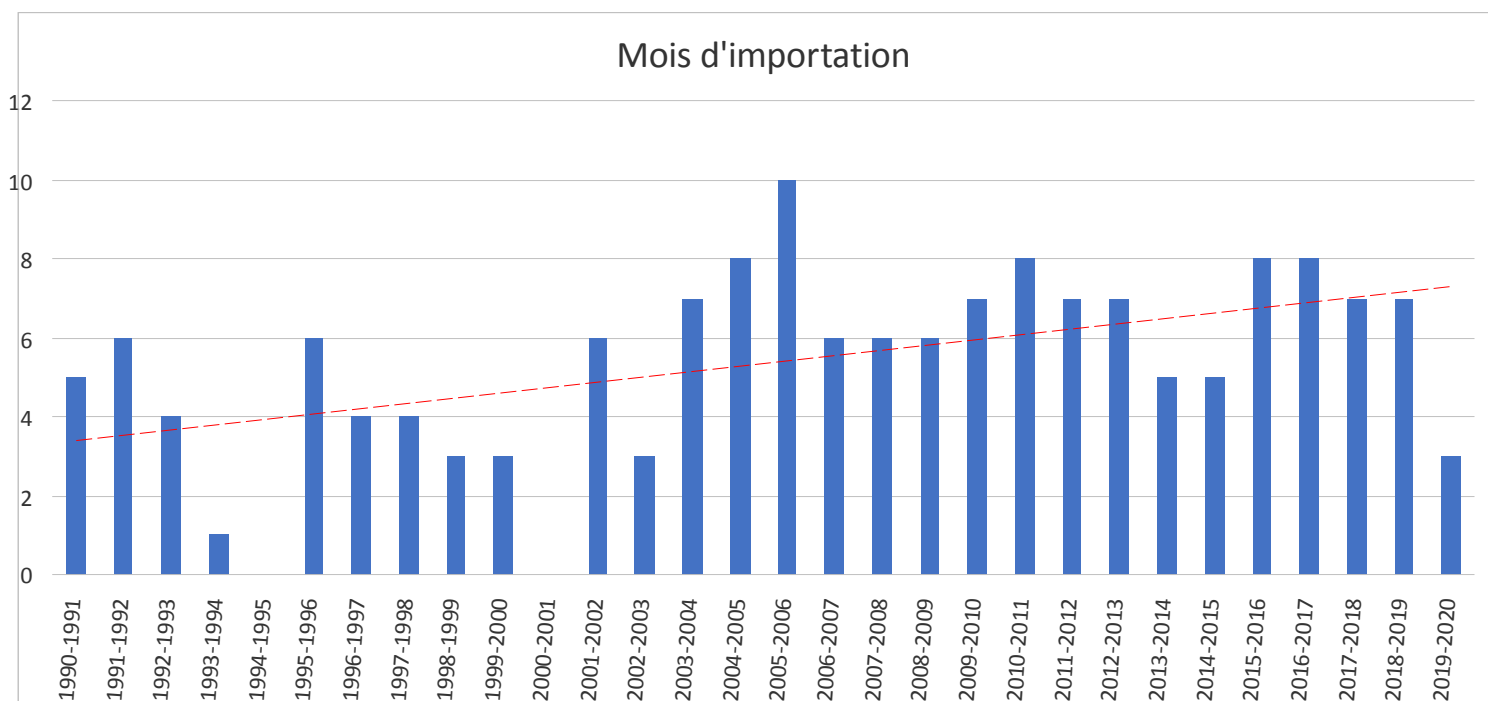


Les importations sont supérieures à l'exportation durant l'hiver. De nos jours les importations sont devenues aussi importantes que les exportations.

Source : Le Bilan suisse de l'électricité. <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/statistiques-delenergie/statistique-de-l-electricite.html#kw-96086>.

Annexe 5 :

Importation nombre de mois et les pires mois



Le nombre et les mois de plus grande importation déterminent la demande de pointe susceptible de créer des ruptures d'approvisionnement en cas de refus de livraison de l'étranger.

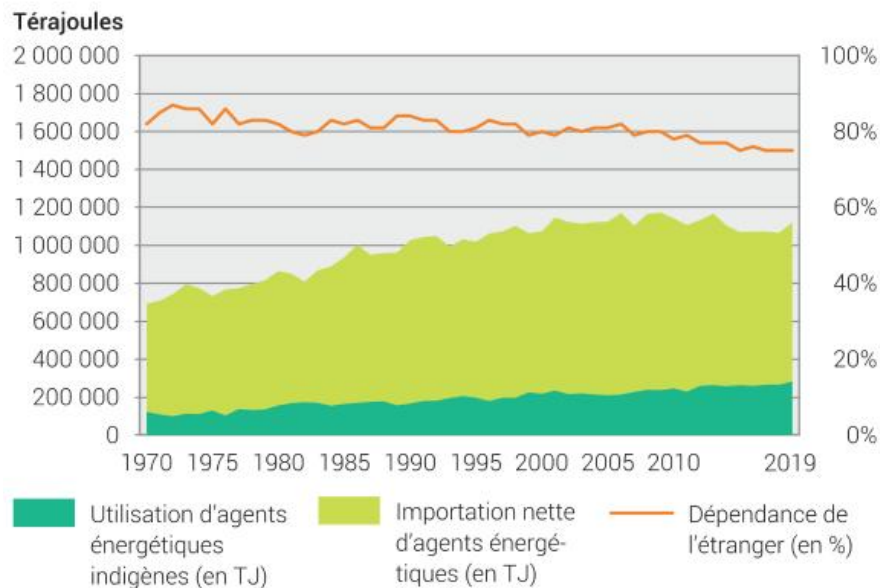
Ce nombre est passé de 3 à 7 en moyenne depuis les années 90, et les 4 mois de plus grande demande d'importation sont en général de décembre à mars.

Source : Le Bilan suisse de l'électricité. <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/statistiques-delenergie/statistique-de-l-electricite.html#kw-96086>. Les graphiques ne sont pas à jour avec les nouvelles valeurs.

Annexe 6

Un graphique trompeur

Dépendance énergétique



Source: OFEN – Statistique globale de l'énergie

© OFS 2020

<https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/energie/approvisionnement.assetdetail.13927569.html>

La courbe rouge donne l'impression que la situation du pays s'améliore. Or un examen plus attentif montre que

- Les besoins augmentent
- Les importations augmentent

Le graphique montre que la production indigène (qui peut aussi être de nature non renouvelable et ne concerne pas que l'électricité) augmente d'avantage que les importations. Mais il ne prend pas en compte

- la consommation d'énergie à l'étranger pour notre consommation
- la saisonnalité pour l'électricité, qui impacte négativement le bilan FEPnR et CO₂, et qui le fera encore d'avantage à futur à mesure que des nouveaux besoins électriques viendront s'ajouter en mauvaise saison.

Annexe 7

Aller vers l'électricité européenne

Tabelle 11: Raumwärmeverbrauch nach Energieträgern, mit Witterungseinfluss
 Entwicklung des Endenergieverbrauchs für die Jahre 2000 bis 2017,
 inkl. mobiler Kleinheizgeräte, ohne Zweit- und Ferienwohnungen, in PJ

Energieträger	2000	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Elektrische Wärmepumpen	1.5	3.3	4.0	4.9	3.9	4.6	5.3	5.4
Umweltwärme	2.7	6.5	8.0	9.7	7.8	9.4	10.8	11.1

Source : "Der energieverbrauch der Privaten Haushalte 2000-2017" - Prognos 2018. Page 39

Observations :

- COPa du parc habitat suisse en 2017 : 3.06.
- Amélioration du COPa du parc habitat suisse entre 2000 et 2017 : 2.8 -> 3.06 => +9%.

Via interpolation linéaire, le COPa 4 est atteint en 2078. Une telle interpolation est irréaliste pour une machine réelle (il est de plus en plus difficile d'améliorer le rendement d'une machine à mesure qu'on l'améliore, l'interpolation devrait donc être asymptotique).

Agent énergétique	Densité	Pouvoir calorifique	Facteur national de pondération	Facteur total d'E.P.	Proportion d'E.P. Renouvelable	Coefficient d'émission de CO2	FEPnR
1 Unités	[kg/m3]	[MJ/kg]	[-]	[-]	[%]	[kg/mJ] [kg/kWh]	[MJ/MJ]
2 Mazout	840	44,8	1	1,24	0,70%	0,082 0,2952	1,23132 Source A
7 Gaz naturel	0,76	40,3	1	1,15	0,50%	0,067 0,2412	1,14425 Source A
19 Chaleur via électricité réseau suisse, COPa moyen 2017						0,014 0,0507	0,83 Source A
20 Chaleur via électricité réseau européenne, COPa moyen 2017						0,048 0,1720	0,95 Source C

Observation :

- avec de l'électricité suisse à la prise selon le CECB+ (source A), le passage de la production de la chaleur à la PaC gagne un facteur 1.48/1.38 (EPnR) et 5.85/4.8 (CO₂) sur respectivement le mazout et le gaz. En moyenne annuelle, sans saisonnalité sur l'électricité.
- si notre électricité à la prise rejoint l'électricité européenne, ce passage gagne 1.29/1.2 (EPnR) et 1.7/1.4 (CO₂). Toujours en moyenne annuelle, sans saisonnalité sur l'électricité.

Conclusion : il faut cesser de faire de la chaleur avec des machines de faible COP. Le COP minimal devrait être au moins de 10.