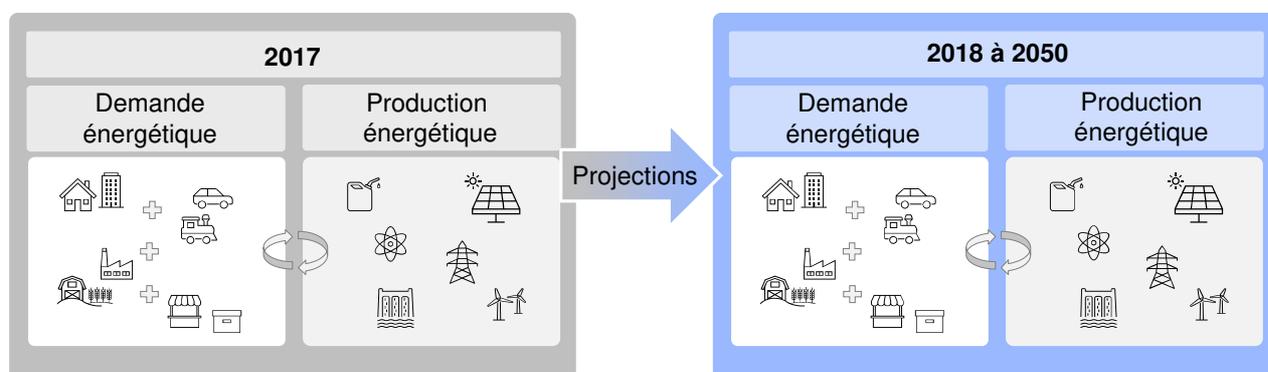


Description de la méthode

Un des objectifs de l'étude prospective « Transition énergétique à l'horizon 2050 » est de dessiner différentes trajectoires que pourrait emprunter la transition énergétique vaudoise d'ici à 2050.

Il est entendu par trajectoire de transition énergétique l'évolution combinées des deux faces du système énergétique vaudois que sont premièrement la demande en énergie vaudoise et deuxièmement l'approvisionnement énergétique pour y répondre. La demande est par ailleurs découpée en trois grands secteurs :

- 1) les habitations et appareils domestiques ;
- 2) les transports ;
- 3) la production de biens et services.



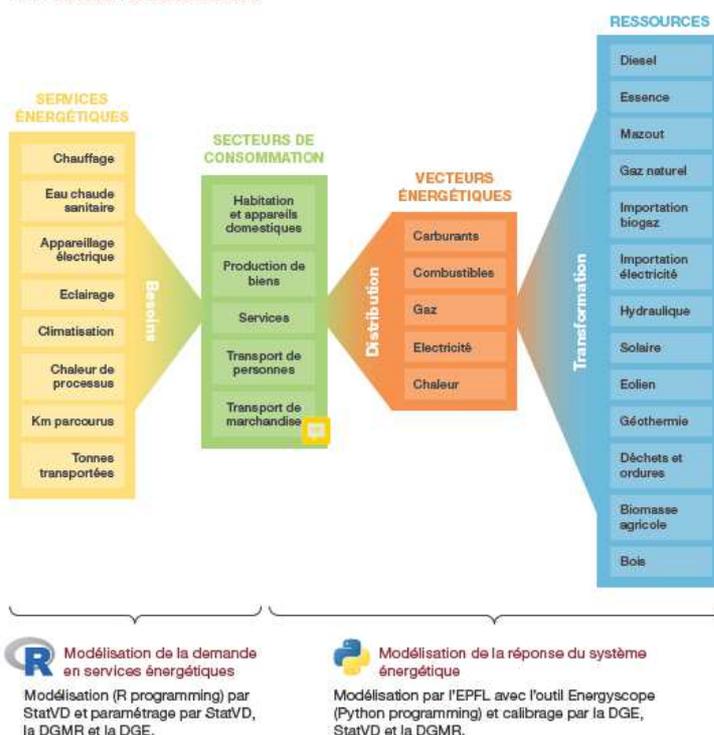
Cette étude utilise deux types d'outils pour appréhender les deux faces de ce système :

- 1) premièrement, des outils de projection de demandes énergétiques établis par StatistiqueVaud ;
- 2) deuxièmement, l'outil Energyscope développé par l'EPFL qui permet de modéliser le système de production énergétique vaudois pour des demandes énergétiques données.

La figure ci-contre schématise le concept général de modélisation. La démarche part des services énergétiques, autrement dit les

bénéfices physiques rendus par la

FIG. 1 CONCEPT DE MODÉLISATION

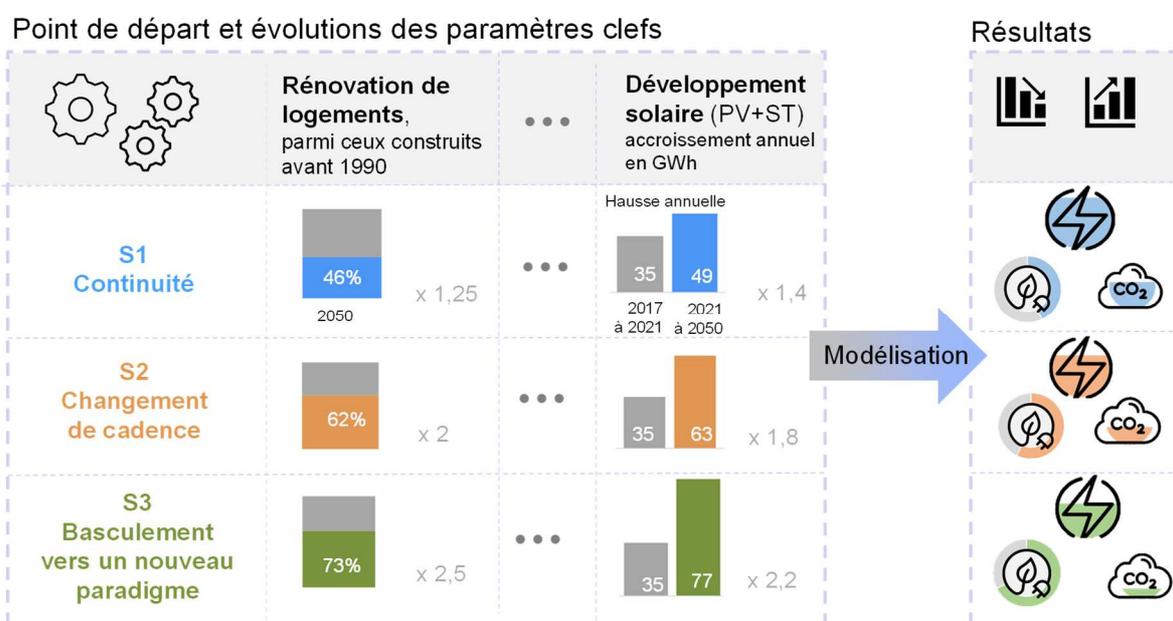


Etude prospective : transition énergétique dans le canton de Vaud à l'horizon 2050 Annexe – compléments techniques, état au 30 juin 2023

consommation d'énergie (chauffage, éclairage, déplacement, etc.) pour définir les usages et donc les besoins en chaleur, électricité spécifique et mobilité liés aux différents secteurs. Ces besoins vont ensuite être croisés avec la disponibilité des ressources énergétiques ainsi que les capacités de transformation permettant d'obtenir les vecteurs à même de combler cette demande en énergie.

Des paramètres à fixer

Les résultats de nos modélisations sont exprimés en termes de trajectoires de consommation d'énergie, de production d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre (GES) qui y sont associées. Afin d'établir ces trajectoires, différents paramètres viennent moduler les besoins en énergie, la disponibilité des ressources, les technologies de transformation ou encore les vecteurs utilisés. Chaque scénario voit les paramètres clés associés à la chaîne de production-consommation d'énergie se modifier selon des hypothèses différentes. Ces hypothèses ont été élaborées en se basant sur la littérature scientifique et la consultation de spécialistes.



Un travail de cohérence a été réalisé entre les différents secteurs. Pour rappel, les grandes lignes des mondes qui ont servi d'écrin aux trajectoires de demande et de production énergétique que nous avons élaborés sont les suivantes :

- 1) Dans le scénario *continuité*, les tendances actuelles se poursuivent et sont même renforcées ce qui conduit à une légère accélération de la transition énergétique, tandis que la société reste énergivore.
- 2) Dans le scénario *changement de cadence*, toutes les actions et les investissements stimulant la transition énergétique sont massivement renforcés. Un réel coup d'accélérateur est donné au rythme des rénovations et au développement des énergies renouvelables, tandis que les pratiques et les modes de vie s'adaptent, tout en restant consuméristes.
- 3) Dans le scénario *basculement vers un nouveau paradigme*, les actions et les investissements réalisés sont également nettement plus rapides. De surcroît, la société vaudoise se tourne progressivement vers des habitudes de consommation plus sobres. Les actions pour réaliser la transition énergétique sont ainsi

démultipliées, ce qui marque une rupture tant sur l'intensité des démarches déjà existantes que sur l'élargissement de la palette des changements mis en œuvre.

Démarches retenues pour la modélisation par secteurs

Pour établir nos projections des besoins énergétiques par secteur, nous avons adopté une approche pragmatique en nous basant sur les données à disposition. D'une manière générale, cette approche nous a conduit à diviser la demande énergétique par services énergétiques ou selon des composantes spécifiques à chaque secteur considéré.

Pour formuler des hypothèses quant à l'évolution de paramètres clés déterminant les besoins énergétiques de ces différentes applications, il a tout d'abord fallu engager une réflexion sur la manière dont la demande en énergie des Vaudoises et des Vaudois pourrait évoluer d'ici à 2050, tout en gardant en tête les grandes lignes des trois scénarios explorés dans cette étude. **Les hypothèses d'évolution de ces paramètres sont rassemblées dans les tables suivantes.**

Par exemple, pour le secteur de habitations et appareils domestiques les éléments disponibles nous ont conduit à diviser la demande en énergie en six applications différentes : 1) le chauffage, 2) l'appareillage électrique, 3) l'eau chaude sanitaire (ECS), 4) l'éclairage, 5) la chaleur de processus et 6) la climatisation. Toujours dans un souci de pragmatisme, nous avons concentré nos efforts sur les principales composantes de ces besoins, à savoir le chauffage (72% des besoins énergétiques du secteur des habitations et appareils domestiques vaudois en 2017), l'appareillage électrique (17%) et l'eau chaude sanitaire (8%). Les autres composantes sont également traitées, mais de façon moins approfondie.

Etude prospective : transition énergétique dans le canton de Vaud à l'horizon 2050
Annexe – compléments techniques, état au 30 juin 2023

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Secteur des habitations et appareils domestiques			
Chauffage			
Taux de rénovation	Augmente linéairement de 0,8% en 2017 à 1,0% en 2050.	Augmente linéairement pour atteindre 1,6% (CoCEn) en 2050	Augmente linéairement pour atteindre 2,0% en 2050.
Rendement de rénovation	Se maintient à 60%.	Augmente linéairement pour atteindre 70% en 2050.	Augmente linéairement pour atteindre 80%.
Besoins énergétiques (IBC) des nouveaux bâtiments selon leur type (villas et immeubles) et leur année de construction	Les normes SIA atteignent les standards MINERGIE actuels (i.e 35kWh/m2) pour les deux types de construction à l'horizon 2050.	Surpassement du MINERGIE actuel (pour atteindre 25 kWh/m2) pour les immeubles, mais pas pour les maisons individuelles à l'horizon 2050.	Les normes SIA surpassent les standards MINERGIE actuels pour les deux types de construction (pour atteindre 25 kWh/m2) à l'horizon 2050.
Taille des logements	Poursuite de la tendance à la légère hausse observée ces 50 dernières années.	Poursuite de la tendance à la légère hausse observée ces 50 dernières années.	Stabilité jusqu'en 2030 puis baisse.
Comportement utilisateurs : évolution du gap entre comportements attendus selon les « standards » et observés	Le gap se maintient à 12% (2 x 6%).	Descend pour atteindre 6% en 2050.	Descend pour atteindre 0% en 2050.
Indice d'optimisation lié à l'exploitation et la construction des installations	Le gap se maintient à 12%.	Descend pour atteindre 6% en 2050.	Descend pour atteindre 0% en 2050.
Changements climatiques	-4,7% de besoin en chauffage en moins en 2050.	idem S1	idem S1
Nombre de logements selon le type	+30% pour les ménages et les logements.	idem S1	idem S1
Appareillage électrique			
Taux d'équipement	Nbr gros appareils liés à cuisine par ménage reste stable. Nbr gros app. de lavage/séchage augmente pour atteindre 2 machines par ménage en moyenne, puis se stabilise. Nbr petits app. électriques augmente en 2050 de 17% par rapport à 2017 et nbr app. de divertissement/TIC augmente de 30 %.		Les tendances observées ces dernières années s'inversent dès 2030.
Consommation des équipements	Tendances à la baisse poursuivie jusqu'à atteindre une diminution maximum de 50% en termes de consommation.	Baisse pour atteindre une diminution maximum de 65% en terme de consommation.	Baisse pour atteindre une diminution maximum de 70% en terme de consommation.
Nombre de ménages	+30% pour les ménages et les logements	idem S1	idem S1
Eau chaude sanitaire			
Consommation journalière d'eau chaude per capita	La consommation d'eau chaude reste stable à 50L per capita.	Descend pour atteindre 45L per capita en 2050.	Descend à 40L per capita en 250.
Température de chauffe	Stable	idem S1	idem S1
Population	+28% pour la population.	idem S1	idem S1
Eclairage			
Pénétration du LED dans le marché Suisse	Les LED remplacent progressivement les ampoules halogènes.	idem S1	idem S1
Population	+28% en 2050.	idem S1	idem S1
Climatisation			
Taux de pénétration	+ 87% en 2050.	idem S1	idem S1
Chaleur de processus			
Consommation par capita	Le taux de consommation per capita de la chaleur de processus est calculée avec les observations de 2017. Elle reste stable.	idem S1	idem S1
Nombre de ménages	+30% pour les ménages et les logements	idem S1	idem S1

Etude prospective : transition énergétique dans le canton de Vaud à l'horizon 2050
Annexe – compléments techniques, état au 30 juin 2023

Secteur des transports de personnes			
Taille et structure par âge et région de résidence de la population Vaudoise et Suisse.	+28% pour la population.	idem S1	idem S1
Avènement du télétravail (TT)			
Effets suppression des trajets	-9% (part des actifs: 50%, part activité: 25%, effet éloignement: 10%).	-17% (part des actifs: 50%, part activité: 40%, effet éloignement: 10%)	-19% (part des actifs: 50%, part activité: 40%, effet éloignement: 5%)
Effets répartition géographique	+0.25 point de % en centres secondaires et suburbains, +1pt de % périurbains et montagnes.	+0.75 % en centres secondaires et suburbains, +1.5% périurbains et montagnes.	+0 % en centres secondaires et suburbains, +0% périurbains et montagnes.
Utilisation facilitée des TP			
Effet de substitution	Baisse par substitution des distances en TIM: -5%.	Baisse par substitution des distances en TIM: -10%	Baisse par substitution des distances en TIM: -15%
Effet de distance	Effets d'augmentation des distances sur le train: +20%	idem S1	Effets d'augmentation des distances sur le train: +15%
Préférences ou changements de comportement de mobilité			
Effet générationnel des années 2000	Part persistante des comportements: 10%	idem S1	Part persistante des comportements: 20%
Renforcement de la préoccupation climatique	Substitution de 10% des distances parcourues en TIM pour les loisirs.	idem S1	Substitution de 15% des distances parcourues en TIM pour les loisirs et 5% pour le travail.
	Pas de renoncement	-5% achats	-10% des distances motorisées pour les loisirs et -5% achats. multipliée par 7 ce qui correspond à une utilisation deux fois plus importante du vélo que dans le canton de Berne actuellement.
Explosion de l'usage des vélos électriques	L'utilisation du vélo est multipliée par 3.5 et atteint le niveau d'utilisation actuel du canton de Berne.	multipliée par 5 et surpasse le niveau d'utilisation actuel du canton de Berne.	
Secteur des transports de marchandise			
Général	+29% de tkm total transportés en 33 ans, +35% des tkm transportés par les rails et +26% des tkm transportés par la route. La part du rail passe de 30.5% en 2017 à 32% en 2050.	+24% tkm total, +48% des tkm transportés par les rails et 14% des tkm transportés par la route. La part du rail passe de 30.5% en 2017 à 36% en 2050.	+14% de tkm total, +50% des tkm transportés par les rails et -1% des tkm transportés par la route. La part du rail passe de 30.5% en 2017 à 40% en 2050.
Domaine de la production de biens			
Général	Intensités implicites du scénario WWB des perspectives Energétiques 2050+, ce qui suppose des gains d'efficience de 31% sur la période.	Augmentation des intensités implicites du scénario zéro-basis pour atteindre 110% de cette intensité en 2050. Ce qui suppose des gains d'efficience de 41% sur la période.	Se base sur les intensités implicites du scénario zéro-basis. Ce qui suppose des gains d'efficience de 45% sur la période.
SRE	+24% sur la période	Idem S1	Idem S1
ETP	+23% sur la période	Idem S1	Idem S1
VA	+120% sur la période	Idem S1	Idem S1
Domaine de la production de services			
Général	Intensités implicites du scénario WWB, ce qui suppose des gains d'efficience de 34% sur la période.	Intensités implicites du scénario zéro-basis + 10% d'ici à 2050, ce qui suppose des gains d'efficience de 44% sur la période.	Se base sur les intensités implicites du scénario zéro-basis. Ce qui suppose des gains d'efficience de 47% sur la période.
ETP	+27% sur la période.	Idem S1	Idem S1
VA	+77% sur la période.	Idem S1	Idem S1
SRE	+24% sur la période.	Idem S1	Idem S1

Etude prospective : transition énergétique dans le canton de Vaud à l'horizon 2050
Annexe – compléments techniques, état au 30 juin 2023

Approvisionnement énergétique, principales contraintes implémentées

Production d'électricité			
	1400 GWh en 2050, avec une plage de valeurs autorisée entre 1260 et 1400 GWh.	1650 en 2050, avec une plage de valeurs autorisée entre 1480 et 1650 GWh.	2160 GWh en 2050, avec une plage de valeurs autorisée entre 2160 et 2400 GWh.
Panneaux photovoltaïques			
Éoliennes	600 GWh en 2050, avec une plage de valeur autorisée entre 480 et 600 GWh.	750 GWh en 2050, avec une plage de valeur autorisée entre 600 et 750 GWh.	740 GWh en 2050, avec une plage de valeur autorisée entre 740 et 930 GWh.
Importation d'électricité (origine CH)	Sur environ 1'800 GWh annuellement importés de Suisse en 2017, l'importation d'électricité baisse de -25% en 2035 et -30% en 2050.	Idem S1	Importations similaires aux scénarios 1 et 2 jusqu'en 2035, et légère réduction supplémentaire en 2050 (-40% par rapport à 2017).
Importation d'électricité (origine UE)	De 1'500 GWh en 2017, l'électricité produite en Europe (hors Suisse) diminue de moitié en 2035 et se stabilise à 800 GWh jusqu'en 2050.	Même réduction que pour le scénario 1 à l'horizon 2035, et la baisse continue jusqu'à atteindre 450 GWh en 2050.	Réduction similaire aux scénarios 1 et 2 à l'horizon 2035, et la baisse continue jusqu'à atteindre 300 GWh en 2050.
Production de chaleur			
Chaudières à mazout (décentralisées, hors procédés industriels)	840 GWh en 2035 avec une plage de valeur autorisée entre 850 et 2600 GWh, plus de mazout en 2050	0 GWh en 2035 avec une plage de valeur autorisée entre 0 et 2600 GWh, plus de mazout en 2050	0 GWh en 2035 avec une plage de valeur autorisée entre 0 et 2600 GWh, plus de mazout en 2050
Chaudières à gaz (décentralisées, hors procédés industriels)	Réduction d'environ 15% en 2035 par rapport à l'utilisation 2017 (2'670 GWh) et utilisation stabilisée jusqu'à 2050. Maximum possible égal à la valeur 2017, et minimum 100 GWh en 2050.	Réduction similaire au scénario 1 pour 2035 (-15%) et ensuite réduction renforcée jusqu'à environ 550 GWh en 2050, soit -80% par rapport à 2017. Maximum possible égal à la valeur 2017, et minimum 100 GWh en 2050.	Réduction d'environ 30% en 2035 par rapport à 2017 (2'670 GWh) puis renforcement de cette baisse jusqu'à atteindre 100 GWh en 2050 (4% de 2017). Maximum possible égal à la valeur 2017, et minimum 100 GWh en 2050.
Pompes à chaleur (décentralisées, hors procédés industriels)	De 410 GWh en 2017, la production de chaleur pour le chauffage est triplée en 2035 (1'300 GWh) pour ensuite atteindre 1'700 GWh en 2050.	Idem S1	La production de chaleur suit le même développement que les scénarios 1 et 2 jusqu'en 2035, puis termine à 1'500 GWh en 2050.