

CERTIFICAT COMPLÉMENTAIRE EN GÉOMATIQUE

Projet Jupyter : Graphiques interactifs du métabolisme de l'énergie et de l'eau du canton de Genève avec l'approche Nexus MuSIASEM

Mémoire présenté par
GONZALEZ Fanny

Encadrant : Prof Anthony Lehmann

Université de Genève

Août 2020

Le but principal de ce mémoire est d'apporter un aspect dynamique à un ensemble de données statiques, à travers la création de graphiques interactifs, via l'utilisation de l'application Web Jupyter Notebook.

Les données utilisées dans ce travail sont les résultats obtenus dans deux mémoires réalisés au sein de l'Institut des Sciences de l'Environnement (UNIGE). Ces deux mémoires étudient la consommation des ressources telles que l'électricité, le gaz, le pétrole, l'eau ainsi que la production de richesse, pour le canton de Genève, à travers la méthode Nexus MuSIASEM. Les données se basent sur des résultats pour l'année 2017 ainsi que sur quatre scénarios pour l'année 2050.

L'intérêt de ce travail est, dans un premier temps, la possibilité d'ajouter des changements qui ne sont pas visibles dans des données statiques. Cet ajout permet ainsi d'intégrer des variations aux caractéristiques pouvant avoir des conséquences sur la consommation des ressources et leurs répercussions. Par exemple, une modification de la loi du travail ou l'introduction de la robotisation dans les secteurs rémunérés du canton aurait des conséquences sur la consommation en électricité, en gaz, en pétrole, en eau ainsi que sur la production de richesse du secteur étudié. L'ajout de ces fluctuations aux données statiques permet, dans un second temps, d'évaluer des contextes précis permettant d'adapter les prises de décision politiques pour le canton de Genève. Enfin, l'intérêt de ce travail se situe également dans l'apprentissage d'une nouvelle application Web avec ses caractéristiques techniques et ses nombreuses possibilités d'animations.

Table des matières

1.	Introduction.....	7
1.1	Contexte	7
2.	Données et concepts théoriques mobilisés	9
2.1	Méthode Nexus MuSIASEM : Métabolisme de l’Energie et de l’Eau du Canton de Genève.....	9
2.2	Concept de la prospective	12
2.3	Etude prospective à travers l’approche Nexus MuSIASEM	13
2.4	Projet Jupyter	13
3.	Méthodologie	15
3.1	Installation du programme Jupyter.....	15
3.2	Jupyter Notebook	16
3.3	JupyterLab	17
3.4	Librairies utilisées, installations et utilisations.....	19
4.	Résultats	23
4.1	Fluctuation de la consommation d’eau dans le secteur rémunéré.....	23
4.2	Fluctuation de l’activité humaine dans le secteur tertiaire	23
4.3	Répercussion de l’activité humaine du secteur tertiaire sur les domaines énergétiques et hydrique ...	24
4.4	Répercussion de l’activité humaine du secteur économique sur les différentes ressources et la productivité	25
4.5	Intégration d’un fichier CSV dans une animation interactive	26
4.6	JupyterLab	27
5.	Discussion.....	28
5.1	Modification de la loi du travail.....	28
5.2	Robotisation et intelligence artificielle	28
5.3	Changement dans le mode de travail	29
5.4	Les graphiques dynamiques.....	29
5.5	Partager un fichier dynamique	30
6.	Conclusion	32
7.	Bibliographie.....	34
8.	Annexes	37
8.1	Méthode Nexus MuSIASEM : Métabolisme de l’Energie et de l’Eau du Canton de Genève.....	37
8.1.1	Système multi-échelles du canton de Genève	37
8.1.2	Acronymes et explications des variables de l’End-Use Matrix.....	38
8.2	Etude prospective à travers l’approche Nexus MuSIASEM	38
8.3	Résultats	40
8.3.1	Fluctuation de la consommation d’eau dans le secteur rémunéré	40
	40
8.3.2	Fluctuation de l’activité humaine dans le secteur tertiaire	41

8.3.3	Répercussion de l'activité humaine sur les domaines énergétiques et hydrique du secteur tertiaire 42	
8.3.4	Répercussion des activités humaines du secteur rémunéré sur les différentes ressources ainsi que sur la productivité.....	42
8.3.5	Intégration d'un fichier CSV dans une animation interactive.....	43
8.3.6	Widgets sur JupyterLab.....	45
9.	Bibliographie annexe.....	47

Table des Figures

Figure 1: Les 17 objectifs de développement durable (ODD).	7
Figure 2: Vision intersectorielle du domaine de l'eau, de l'énergie et de l'alimentation avec la méthode Nexus. (Source : Hoff, 2011. p.16)	9
Figure 3: Système d'évaluation multi-échelle du canton de Genève. Se référer à l'annexe 1 pour le model complet	10
Figure 4: Variables étudiées dans l'approche Nexus MUSIASSEM. (Source : Bissiau, 2018)	11
Figure 5: End-Use Matrix complète du canton de Genève (Source : Bissiau, 2018)	11
Figure 6: Interface du navigateur Anaconda. Encadré rouge : applications JupyterLab et Jupyter Notebook	15
Figure 7: Page d'accueil Jupyter Notebook. Encadré rouge : création d'un nouveau Notebook. Encadré vert : répertoires de l'ordinateur	16
Figure 8: Nouveau fichier Jupyter Notebook	16
Figure 9: Exemple de visualisation des codes et résultat dans Jupyter Notebook	17
Figure 10: Interface Web JupyterLab	18
Figure 11: Création d'un nouveau fichier sur JupyterLab	19
Figure 12: Outils interactifs automatiquement proposés par la librairie Plotly	19
Figure 13: Extension à installer pour l'utilisation des widgets dans JupyterLab	20
Figure 14: Cellule d'entrée avec importation des libraires et outils	21
Figure 15: Fluctuation de la consommation d'eau dans le secteur rémunéré	23
Figure 16: Fluctuation de l'activité humaine dans le secteur tertiaire	23
Figure 17: Répercussion de l'activité humaine su secteur tertiaire sur les domaines énergétiques et hydrique	24
Figure 18: Répercussion des activités humaines du secteur rémunéré sur les différentes ressources ainsi que sur la productivité	25
Figure 19: Widgets qui permettent de sélectionner le scénario et le secteur que l'on veut observer	26
Figure 20: Graphique de la consommation intensive des différents domaines énergétiques, hydrique et production de richesse du scénario et secteur sélectionné	26
Figure 21: Message Loading widget après l'installation et l'importation des librairies et package dans JupyterLab	27
Figure 22: Répertoire dans la plateforme GitHub contenant trois fichiers	31
Figure 23: Système multi-échelles du canton de Genève. (Source : Bissiau, 2018)	37
Figure 24: Acronymes et explications des variables des end-use Matrix. (Source : Bissiau, 2018)	38
Figure 25: End-Use Matrix Scénario 1: type « Continuation ». (Source: Gonzalez, 2020)	38
Figure 26: End-Use Matrix Scénario 2 : type « Limites et discipline ». (Source: Gonzalez, 2020)	39
Figure 27: End-Use Matrix Scénario 3 : type « Déclin et effondrement ». (Source: Gonzalez, 2020)	39
Figure 28: End-Use Matrix Scénario 4: type « Transformation ». (Source: Gonzalez, 2020)	40
Figure 29: Script : fluctuation de la consommation d'eau dans le secteur rémunéré	40
Figure 30: Script : Fluctuation de l'activité humaine en fonction d'une modification de la loi du travail dans le secteur tertiaire	41
Figure 31: Script : Répercussion de l'activité humaine sur les domaines énergétiques et hydriques du secteur tertiaire	42
Figure 32: 1ère partie du script : Répercussion des activités humaines du secteur rémunéré sur les ressources et la productivité	42
Figure 33: 2ème partie du script : Répercussion des activités humaines du secteur rémunéré sur les ressources et la productivité	43
Figure 34: 1ère partie du script : appel du fichier CVS, définition des valeurs du fichier et création des widgets	43
Figure 35: 2ème partie du script : Fonction qui permet de lier la sélection au graphique	44
Figure 36: 3ème partie du script : liaison entre la fonction principale et les sélection, visualisation du tout	45
Figure 37: Discussion sur Github sur le sujet Jupyter-widgets dans JupyterLab	46

Table des Tableaux

Tableau 1: Lignes de code correspondant aux librairies utilisées dans Jupyter Notebook	20
Tableau 2: Ligne de code correspondant à la librairie utilisée dans JupyterLab	20
Tableau 3: Extension utilisée dans JupyterLab.....	21
Tableau 4: Installation des packages dans JupyterLab	21
Tableau 5: Librairies utilisées pour la conversion au format HTML	30

Table des abréviations

CO₂ : Dioxyde de carbone
DFAE : Département fédéral des affaires étrangères
EJP: Economic Job Productivity
EMR: Exosomatic Metabolic Rate
ET : Exosomatic Throughput
ETP : Equivalent Temps Plein
FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations
GIEC : Groupe d'Expert Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
HA: Human Activity
MuSIASEM: Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism
OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economique
ODD : Objectifs du développement durable
OFEV : Office Fédéral de l'Environnement
ONU : Organisation des Nations Unies
PIB : Produit Intérieur Brut
RID : Résumé à l'intention des décideurs

Table des unités

CHF : Franc suisse
CHF/h : Franc suisse par heure
Dam³ : Décamètre cube
GWh : Gigawatt heure
H : Heures
kWh : Kilowatt heure
kWh/h : Kilowatt heure par heure
L : Litre
L/h : Litre par heure
M³ : Mètre cube
Mh : Million d'heures
MioCHF : Million de franc suisse
MJ : Mégajoule
T : Tonne
TJ : Téradjoule

1. Introduction

1.1 Contexte

En 2018, la publication d'un rapport spécial par le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC), a mis en avant les conséquences projectives d'un réchauffement de 1,5°C et 2°C au niveau planétaire. Les principales conclusions de ce rapport sont présentées dans un Résumé à l'intention des décideurs (RID). Elles avancent que « Selon les projections, les risques liés au climat pour la santé, les moyens de subsistance, la sécurité alimentaire, l'approvisionnement en eau, la sécurité des personnes et la croissance économique devraient augmenter en cas de réchauffement planétaire de 1,5 °C, et même davantage en cas de réchauffement de 2 °C. » (GIEC, 2018,p.11).

Ces conclusions font résonance avec les actions mises en place pour atteindre les Objectifs de développement durable (ODD) de l'Agenda 2030. L'Agenda 2030 de développement durable a été adopté, en 2015, par 153 Etats Membres de l'Organisation des Nations-Unies, dont la Suisse. Cet accord met en avant 17 Objectifs de développement durable (Figure 1). Ces accords comportent par exemple, en numéro 6, « Garantir l'accès de tous à l'eau et à l'assainissement et assurer une gestion durable des ressources en eau. » et en numéro 12, « Etablir des modes de consommation et de production durables. » (DFAE, 2020).



Figure 1: Les 17 objectifs de développement durable (ODD).

Dans ce même RID, il est énoncé que « Si elles [les mesures d'atténuation et d'adaptation] sont choisies avec soin et si elles bénéficient d'un environnement favorable, les options en matière d'adaptation spécifique à des contextes donnés auront des répercussions positives sur le développement durable et la lutte contre la pauvreté dans le cas d'un réchauffement planétaire de 1,5 °C, même s'il est possible que des compromis soient nécessaires (degré de confiance élevé). » (GIEC, 2018, p.21). Ce passage du RID, suggère l'importance des décisions et de leurs orientations sur le développement durable et les conséquences socio-économiques du réchauffement climatique à venir.

Les conclusions du GIEC sur la situation sont effectuées à l'échelle planétaire, mais il est tout à fait possible de transposer leurs conclusions à une échelle locale, par exemple, le canton de Genève.

Le canton de Genève s'investit depuis plusieurs années, pour mettre en place des stratégies et des plans d'actions pour pallier les répercussions et les conséquences mentionnées ci-dessus par le GIEC. C'est dans cette optique qu'en 2001, le canton adopta la loi sur « l'action publique en vue d'un développement durable. » (Service cantonal du développement durable, 2018) ainsi que des lignes directrices comme celles développées dans les Agenda 21¹ et Agenda 2030².

C'est également dans ce but, qu'en 2018, l'Etat de Genève en collaboration avec la Haute Ecole de Gestion, publia un rapport nommé Genève 2050. Ce rapport met en avant quatre récits hypothétiques du devenir de Genève à l'horizon de 2050 et illustre les répercussions socio-économiques et environnementales de ses différents scénarios. La même année, un travail de master, réalisé au sein de l'Institut des Sciences de l'Environnement, a permis de faire une évaluation complète du métabolisme de l'énergie et de l'eau du canton de Genève pour l'année 2017 par le biais d'une méthode de calcul appelée Nexus MuSIASEM (Bissiau, 2018).

Un travail de master est d'ailleurs en cours de réalisation afin d'effectuer un lien entre les deux travaux susmentionnés. Ce dernier a pour intention d'observer si la méthode Nexus MuSIASEM appliquée à des projections futures, peut aider à la mise en place des politiques publiques au niveau du canton de Genève, en permettant d'éviter une situation de non-durabilité au niveau des ressources énergétiques et hydrique dans un futur proche.

Se pose alors la question de savoir s'il est possible pour le canton de Genève, comme l'évoquent les conclusions du GIEC, d'améliorer les mesures d'adaptation de manière ciblée selon des contextes donnés pour parvenir à une meilleure durabilité.

Cette réflexion découle d'une observation : les travaux susmentionnés qui peuvent permettre de mettre en place des stratégies par le développement de différents scénarios sont à nuancer par l'aspect statique conservé par leurs données.

Le but principal de ce mémoire est donc d'apporter un aspect dynamique aux données, à travers la création de graphiques interactifs, via l'utilisation de l'application Web Jupyter.

L'intérêt de ce travail est d'une part, la possibilité de visualiser les données, d'autre part d'ajouter des changements dans le métabolisme du système socio-écologique étudié. L'ajout de fluctuation permet dans un premier temps, d'intégrer des variations aux caractéristiques qui peuvent avoir des conséquences sur la consommation des ressources et leurs répercussions. Puis dans un second temps, l'ajout permet une meilleure adaptation dans les prises de décisions. Enfin, l'intérêt de ce travail se situe aussi dans l'apprentissage d'une nouvelle application Web avec ses caractéristiques techniques et ses nombreuses possibilités d'animations.

¹ <https://www.ge.ch/dossier/developpement-durable-actions>

² <https://www.ge.ch/document/concept-cantonal-du-developpement-durable-2030/telecharger>

2. Données et concepts théoriques mobilisés

Le premier concept mobilisé dans ce travail est la méthode Nexus MuSIASEM. Cette méthode a permis d'obtenir les données utilisées pour réaliser les graphiques dynamiques. L'autre concept utilisé est celui de la prospective, dont découlent les scénarios du rapport Genève 2050. La prospective a permis la réflexion principale de ce travail, à savoir élargir le spectre des conséquences sur l'utilisation des ressources énergétiques et hydrique.

2.1 Méthode Nexus MuSIASEM : Métabolisme de l'Énergie et de l'Eau du Canton de Genève

Le concept Nexus met en avant une vision intégrée et intersectorielle des domaines de l'énergie, de l'eau et de l'alimentation pour le bien-être humain (Bissiau, 2018; Bréthaut et al., 2019). Ce concept permet de comprendre les liens et les influences existant entre ces différents domaines dans une perspective d'interconnexion (Flammini et al., 2014). Ce concept prend en compte des variables ayant une pression sur les trois domaines cités, ainsi que leurs répercussions afin de comprendre mieux et de manière plus globale, les moyens d'actions pouvant être mis en place pour une meilleure durabilité des ressources (Figure 2) (Hoff, 2011). Nexus permet donc, « d'éclairer les processus de prise de décisions et de guider l'élaboration de politiques pertinentes, [...] ». » (Bissiau, 2018, p.15)

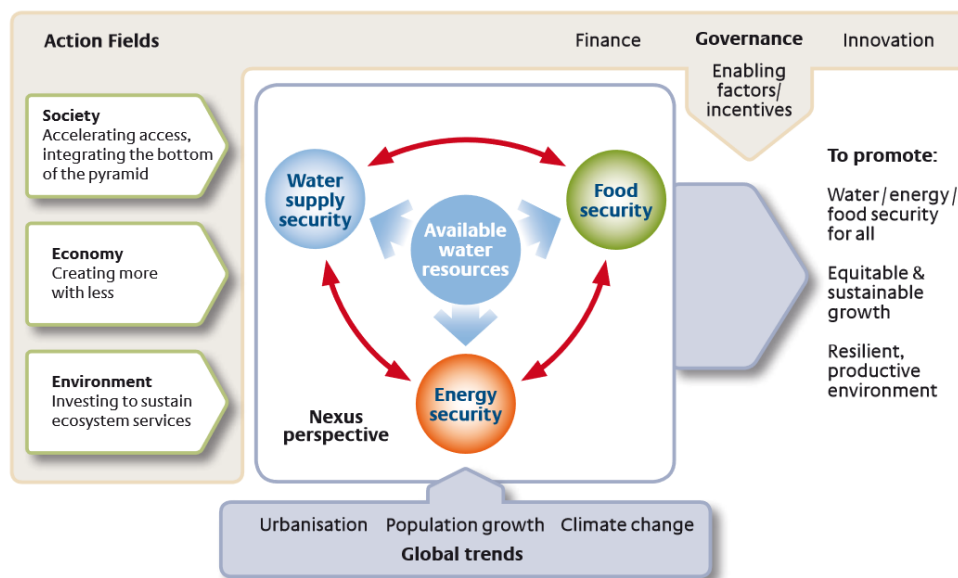


Figure 2: Vision intersectorielle du domaine de l'eau, de l'énergie et de l'alimentation avec la méthode Nexus. (Source : Hoff, 2011. p.16)

Une des approches en découlant est l'évaluation intégrée multi-échelles du métabolisme de la société et des écosystèmes, MuSIASEM³ (Giampietro et al., 2014). Cette approche étudie la durabilité d'un système intégré de l'eau, de l'énergie et de l'alimentation de manière quantitative en se focalisant sur sa faisabilité, sa viabilité et sa désirabilité (Bissiau, 2018; Giampietro et al., 2014). La faisabilité étudie les contraintes extérieures qui ne sont pas soumises au contrôle humain mais qui ont une répercussion sur l'utilisation des ressources, telle que la disponibilité en eau, en terre, ou encore en ressources énergétiques primaires. La viabilité étudie les processus internes du système qui sont sous le contrôle humain, tels que les besoins énergétiques du système qui peuvent influencer la demande ou encore la main d'œuvre. La désirabilité d'un système se rattache à la volonté sociale, publique de la mise en œuvre d'un système liée à la culture et aux habitudes des populations (Giampietro et al., 2014 : Bissiau, 2018). Elle permet ainsi d'identifier et d'analyser l'utilisation des ressources et ses conséquences (Bissiau, 2018).

C'est dans ce contexte que le travail « Métabolisme de l'Energie et de l'Eau du Canton de Genève avec l'approche du Nexus par MuSIASEM » a été réalisé. Il permet ainsi de calculer, par cette approche de comptabilité environnementale, la viabilité du canton de Genève, en 2017, du point de vue de la consommation annuelle en électricité, en gaz, en pétrole et en eau. Il permet par la même occasion de calculer l'intensité de consommation de ces différentes ressources.

Dans ce travail, effectué par G. Bissiau, le système étudié est le canton de Genève. Le canton est le système dans son entièreté (N) et doit donc être divisé en plusieurs sous-ensembles (N-1, N-2, N-3, etc..) pour établir son évaluation multi-échelles (Bissiau, 2018). Comme le montre la Figure 3, cela signifie que le canton de Genève est décortiqué dans son ensemble pour permettre une étude quantitative de la consommation des ressources.

Par exemple, le secteur privé est un des niveaux N-1 du canton qui est composé de la mobilité, du résidentiel ainsi que de l'utilisation des services et des activités extérieures. Le deuxième niveau N-1 est le secteur rémunéré qui prend en compte les secteurs primaires, secondaires et tertiaires du canton, ainsi que l'aéroport. La structure multi-échelles complète du canton de Genève se trouve à l'annexe 1.

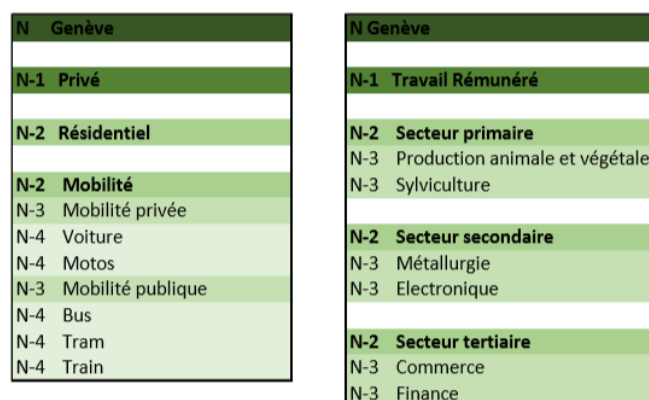


Figure 3: Système d'évaluation multi-échelle du canton de Genève.
Se référer à l'annexe 1 pour le model complet

³ Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism

Les variables étudiées pour élaborer l'analyse de la consommation des ressources énergétiques et hydrique du canton de Genève, que l'on retrouve dans la Figure 4, sont : l'électricité, le gaz, le pétrole (qui englobe des dérivés tels que le carburant et le mazout), l'eau et le PIB. L'utilisation de ces ressources a une répercussion sur le CO₂, autre variable également étudiée. L'activité humaine est la dernière variable étudiée du système. Elle indique les heures allouées à chaque secteur. Elle permet d'élaborer un calcul de ratio pour mettre en lumière l'intensité de consommation des ressources (Bissiau, 2018).

Nom de la variable	Activité humaine	Electricité	Gaz	Carburant	Mazout	Pétrole total	Eau	PIB	CO ₂
Unité	h	GW/h	TJ	TJ	TJ	TJ	m ³	CHF	T
Année	2015	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2015	2016

Figure 4: Variables étudiées dans l'approche Nexus MUSIASSEM. (Source : Bissiau, 2018)

A l'aide de ces différentes variables, il est possible de réaliser l'analyse du métabolisme de consommation des ressources énergétiques et hydrique. Le résultat apparaît sous forme d'une matrice (End-Use Matrix) et nous donne deux types de résultats, que l'on peut observer dans la Figure 5, les variables extensives et intensives (Bissiau, 2018).

Les variables extensives représentent la consommation totale et annuelle de la ressource. Par exemple, pour le canton de Genève la consommation annuelle de pétrole est de 30'088 Térajoules (TJ).

Les variables intensives sont l'intensité avec laquelle la ressource est utilisée. C'est un ratio qui se calcule à partir de la consommation totale et l'activité humaine. Par exemple, dans le secteur rémunéré, l'intensité de consommation de l'eau est de 28 litres par heure (Bissiau, 2018).

	Intensif						Extensif				
	HA	EMR				EJP	ET				GDP
		Electricité	Gaz	Pétrole	Eau		Electricité	Gaz	Pétrole	Eau	
Mh	kWh/h	MJ/h	MJ/h	L/h	CHF/h	GWh	TJ	TJ	dam ³	M€	
Genève	4 665	0.5	2.7	6.5	11	9.3	2 411	12 691	30 088	49 698	43 303
Privé	4 060	0.2	2.3	2.3	8	0.0	697	9 507	9 208	32 531	0
Résidentiel	3 448	0.2	2.8	1.4	9	0.0	676	9 496	4 779	32 529	0
Mobilité	210	0.1	0.1	21.1	0	0.0	21	11	4 427	0	0
Utilisation de services	169	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Activités extérieures	89	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Travail rémunéré	605	2.8	5.3	34.5	28	71.6	1 715	3 183	20 880	17 167	43 303
Primaire	2.5	3.3	82.4	28.7	769	50.0	8	207	72	1 933	125
Secondaire	85	4.6	23.8	2.4	26	87.2	389	2 019	201	2 238	7 391
Aéroport	3	1.2	0.0	6 229	72	557	3	0	17 442	202	1 561
Tertiaire	514	2.6	1.9	6.2	25	66.5	1 314	958	3 165	12 794	34 226

Figure 5: End-Use Matrix complète du canton de Genève (Source : Bissiau, 2018)

Cette matrice nous donne donc, la consommation annuelle ainsi que l'intensité de son utilisation en fonction de l'activité humaine pour les domaines de l'énergie et de l'eau. Elle nous indique

également la production de richesse générée par ces secteurs. Les explications des variables de l'End-Use Matrix se trouve à l'annexe 8.1.2.

2.2 Concept de la prospective

Le concept de la prospective est « une réflexion pour éclairer l'action présente à la lumière des futurs possibles. » (Hatem et al., 1993, p.10). Cette définition de M. Godet base ce concept sur deux observations. D'une part « l'accélération du changement technique, économique et social nécessite une vision à long terme [...] ». (Hatem et al., 1993, p.10). D'autre part, « les facteurs d'inertie liés aux structures et aux comportements commandent de semer aujourd'hui pour récolter demain, [...] » (Hatem et al., 1993, p.10).

Ce concept guide de nombreuses réflexions concernant la gestion future des ressources. On peut par exemple évoquer « les travaux d'organismes tels que le Club de Rome, l'ONU, l'OCDE [...] » qui « ont contribué à la prise de conscience de problèmes communs à l'ensemble de l'Humanité : protection de l'environnement, lutte pour le développement. » (Hatem et al., 1993, p.52).

La prospective est aussi une réflexion utilisée à plus petite échelle. Par exemple, la Chancellerie fédérale a mené, en 2011 et 2014, deux démarches prospectives nommées respectivement : Perspectives 2025 et Perspectives 2030, pour la Suisse (République et canton de Genève, 2018). C'est dans le même contexte que l'Etat de Genève a publié en 2018, le rapport Genève 2050. Ce rapport, basé sur la prospective, élabore des récits hypothétiques répartis en « quatre scénarios contrastés de futurs possibles » (République et canton de Genève, 2018). Cette démarche est basée sur la volonté de l'Etat de mettre en place « une stratégie de développement territorial durable » (République et canton de Genève, 2018).

A noter que la répartition sous quatre scénarios est une méthode relativement courante d'utiliser le concept de la prospective. Pour preuve, l'essai d'« Alternative Futures at the Manoa School » qui, après une étude complète d'une multitude d'issues hypothétiques, débouche sur la répartition des différentes issues envisagées en quatre scénarios distincts (Dator, 2009). Une trajectoire tendancielle, qui suit la tendance actuelle. Une trajectoire de décroissance économique et de développement humain, qui demande une adaptation de la part de la société autour de ses valeurs fondamentales. Une trajectoire d'effondrement du système, qui touche les domaines économiques, sociaux, environnementaux et politiques. Et pour terminer, une trajectoire transformationnelle, qui met en avant les avancées technologiques (Dator, 2009).

L'étude de ces scénarios permet au travers de leurs opportunités et leurs menaces d'affiner la direction qui est souhaitable pour le canton de Genève sur la question de durabilité. Ceci en déterminant les éléments importants, tels que les indicateurs sociaux, écologiques, technologiques ou encore économiques qui peuvent provoquer des changements dans le mode de vie (République et canton de Genève, 2018).

2.3 Etude prospective à travers l'approche Nexus MuSIASEM

La méthode Nexus MuSIASEM permet une évaluation intégrée du métabolisme de l'eau et de l'énergie du canton de Genève. Elle permet d'analyser la consommation des ressources au travers d'une approche quantitative. Cette approche étudie la durabilité des ressources énergétiques et hydrique du canton de Genève du point de vue de leur viabilité (Bissiau, 2018).

Le concept de la prospective permet d'étudier des scénarios et d'élaborer des plans d'actions possibles pour prendre une direction souhaitable pour le canton de Genève.

C'est à partir de ces deux définitions, que se forme le travail de Master « Projections du métabolisme de l'énergie et de l'eau du canton de Genève en 2050 avec l'approche Nexus MuSIASEM » (Gonzalez, 2020). Ce travail a consisté en une transformation quantitative des quatre scénarios hypothétiques du rapport Genève 2050 pour créer des End-Use Matrix pour chaque scénario.

La quantification des scénarios se base sur des projections faites à partir de l'End-Use Matrix de la consommation des ressources du canton de Genève pour l'année 2017 (Figure 5). Vous trouverez en annexe 8.2 un résumé de chaque scénario ainsi que les quatre End-Use Matrix réalisées.

L'intérêt de cette étude est de pouvoir mettre en avant au travers des quatre scénarios, la viabilité future du canton de Genève vis-à-vis des ressources énergétiques et hydrique. Cette étude permet ensuite de pouvoir envisager des décisions politiques qui seraient souhaitables pour éviter une trajectoire dans un scénario non durable pour le canton de Genève.

Les données obtenues dans « Projections du métabolisme de l'énergie et de l'eau du canton de Genève en 2050 avec l'approche Nexus MuSIASEM », sont reprises dans la réalisation des animations dynamiques, qui font l'objet de ce travail. Le but de présenter les données obtenues dans les scénarios sous la forme d'animations est d'améliorer leur utilité en augmentant la flexibilité des paramètres et des données qui les définissent.

2.4 Projet Jupyter

Le projet Jupyter est une application Web en libre accès (Open source) qui a vu le jour en 2014 (Project Jupyter, 2020). Jupyter est une expansion du projet IPython, créée en 2001, qui concernait le langage Python (Perez and Granger, 2015).

Le projet Jupyter permet de réaliser des analyses numériques dans différents domaines tels que les domaines scientifiques, financiers ou encore sciences de données, grâce à un large choix de langages de programmation (R, Python, Julia, CSS, Java, etc.). Ce projet met « l'accent sur l'utilisabilité, la collaboration et la reproductibilité » par son libre accès (Perez and Granger, 2015).

Cette application propose plusieurs interfaces de travail et plusieurs outils, le Jupyter Notebook, le JupyterLab, le JupyterHub et le Notebook Viewer (la liste n'est pas exhaustive).

Le Jupyter Notebook et sa version améliorée le JupyterLab sont des interfaces de travail conçues pour permettre la création d'espaces de travail personnalisés avec un accès à distance. Ces deux interfaces sont conçues pour un usage par un seul utilisateur. Ces interfaces permettent de combiner du texte, du code et de la visualisation graphique en un seul et même document. L'interface JupyterHub est une version permettant le travail en collaboration entre plusieurs utilisateurs grâce à des serveurs centraux ou au Cloud (Perez and Granger, 2015).

L'aspect de cette application Web, qui nous intéresse dans ce travail, est la possibilité de visualiser les données et d'y intégrer des widgets dans du code Python. Les widgets sont des éléments interactifs qui permettent d'apporter une dimension dynamique lors de la visualisation des résultats obtenus. Ils se présentent sous forme de slides, de boutons ou encore de boîtes de sélections, la liste n'est pas exhaustive.

3. Méthodologie

Toutes les méthodes et étapes mentionnées dans la méthodologie ont été réalisées sur un ordinateur sous le système d'exploitation Windows. Il est possible que, sous un autre système d'exploitation tel que Mac OS ou Linux, l'installation de versions différentes seraient nécessaires pour la reproduction des graphiques effectués.

3.1 Installation du programme Jupyter

L'utilisation de Jupyter nécessite le téléchargement du programme Python et de plusieurs autres bibliothèques telles que Matplotlib (destinée à générer des graphiques), Scipy, Numpy (ces deux bibliothèques permettent la manipulation de tableaux et de matrices) ou Pandas (destinée à la manipulation et la visualisation de données stockées dans des dataframes (Lercier, 2019)).

A noter que dans ce travail, nous allons explorer l'application Web Jupyter à travers la manipulation de données d'un point de vue statistique. Cependant, Jupyter offre une multitude d'autres possibilités. Par exemple, il est possible d'utiliser cette application afin d'effectuer de la cartographie. La bibliothèque Pandas, que nous allons utiliser dans notre cas pour la manipulation et la visualisation de données propose une extension, nommée GeoPandas, permettant l'utilisation d'outils géospatiales (Lercier, 2019a).

La distribution Anaconda⁴ permet quant à elle d'installer toutes les fonctionnalités et les bibliothèques requises pour débiter la programmation avec Jupyter (Neishabouri, 2019).

Une fois l'installation complète, on peut lancer le navigateur Anaconda (Figure 6), qui propose alors plusieurs applications dont Jupyter Notebook et JupyterLab.

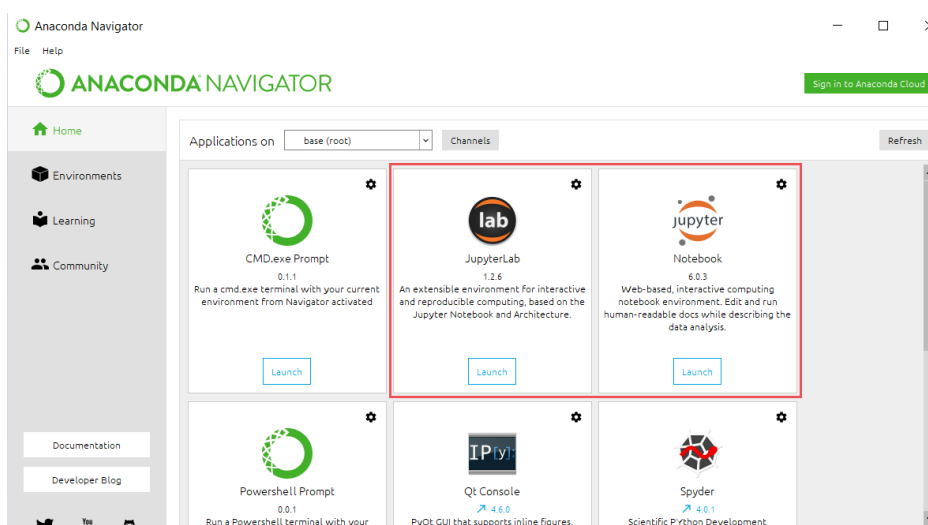


Figure 6: Interface du navigateur Anaconda. Encadré rouge : applications JupyterLab et Jupyter Notebook

⁴ <https://www.anaconda.com/products/individual>

3.2 Jupyter Notebook

L'ouverture de l'application Jupyter Notebook, ouvre la page d'accueil de Jupyter dans une fenêtre internet en localhost. Sur cette page d'accueil, on peut visualiser les répertoires de notre ordinateur, tels que le dossier créé pour classer les futurs scripts Notebook (encadré vert de la Figure 7).

La création d'un nouveau notebook s'effectue en cliquant sur *New*, puis *Python 3* (voir l'encadré rouge de la Figure 7).

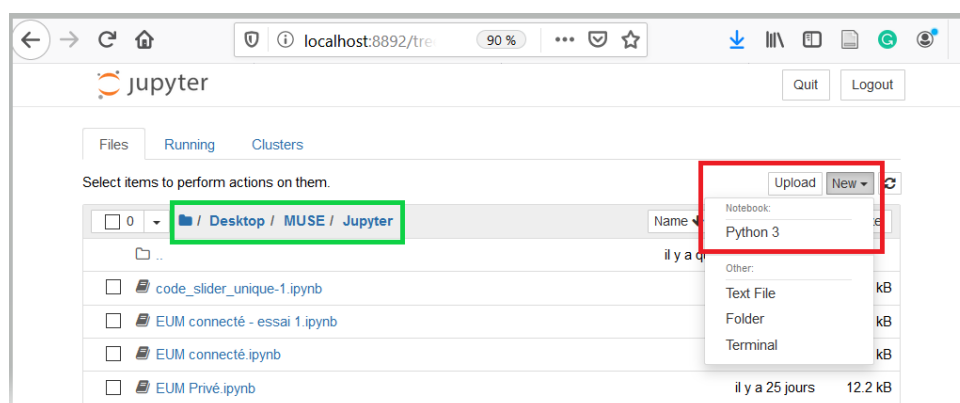


Figure 7: Page d'accueil Jupyter Notebook. Encadré rouge : création d'un nouveau Notebook.
Encadré vert : répertoires de l'ordinateur

La Figure 8 est un nouveau fichier Notebook. Ce fichier s'ouvre dans un nouvel onglet internet. La cellule *Entrée*, dans l'encadré bleu, va accueillir les commandes Python. Elles sont exécutées avec la touche « shift » et « enter » du clavier d'ordinateur ou avec la cellule Exécuter (en vert). La sauvegarde du fichier se fait avec l'icône de l'encadré rouge. Un fichier Notebook est enregistré au format «.ipynb ».

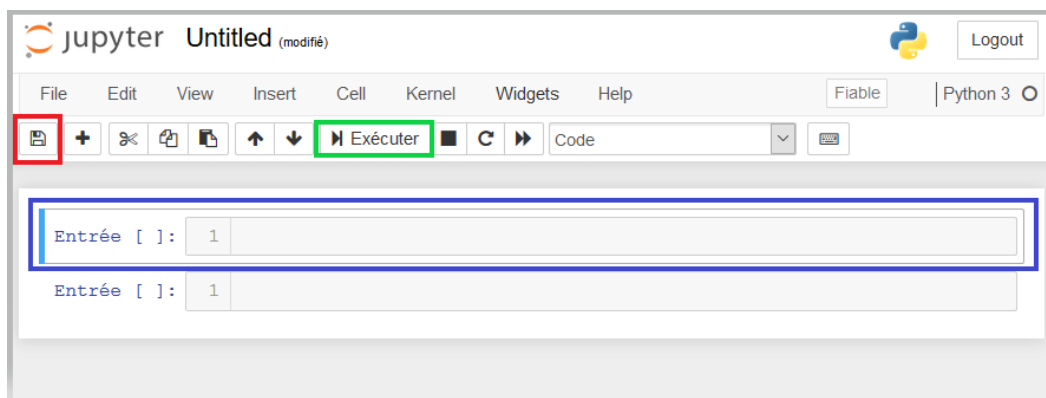


Figure 8: Nouveau fichier Jupyter Notebook

La Figure 9 est un exemple de fichier tel qu'il se présente lorsqu'on travaille dans l'interface Web Jupyter Notebook. La première cellule est dédiée à l'installation et à l'importation des librairies et des packages que l'on va utiliser dans le Notebook. Un chapitre est dédié aux librairies et widgets au point 3.4. Les cellules suivantes sont quant à elles consacrées aux commandes Python. On peut ainsi apercevoir le code en entrée et la visualisation du résultat en dessous.

The screenshot shows a Jupyter Notebook interface with three code cells and their outputs. The top cell contains import statements for numpy, pandas, plotly, and ipywidgets. The middle cell creates a SelectMultiple widget with four options: 'Secteur primaire', 'Secteur secondaire', 'secteur tertiaire', and 'Aéroport'. The bottom cell creates ToggleButtons with two options: 'Intensif' and 'Extensif'.

```

Entrée [101]:
1 import numpy as np
2 import pandas as pd
3 import plotly as py
4 import plotly.graph_objects as go
5 from ipywidgets import widgets, Button, HBox, VBox
6 from plotly.offline import init_notebook_mode, iplot
7 init_notebook_mode(connected=True)
8
9

Entrée [151]:
1
2 secteur = widgets.SelectMultiple(
3     options=['Secteur primaire','Secteur secondaire','secteur tertiaire','Aéroport'],
4     value=['Secteur primaire'],
5     description = 'Secteurs',
6     disabled=False
7 )
8 secteur

Secteurs
Secteur primaire
Secteur secondaire
secteur tertiaire
Aéroport

Entrée [81]:
1
2 widgets.ToggleButtons(
3     options=['Intensif', 'Extensif'],
4     description='Conso:',
5     disabled=False,
6     button_style='-', # 'success', 'info', 'warning', 'danger' or ''
7     # tooltips=['Description of slow', 'Description of regular', 'Description of fast'],
8     # icons=['check'] * 3
9 )

Conso:
Intensif
Extensif

```

Figure 9: Exemple de visualisation des codes et résultat dans Jupyter Notebook

3.3 JupyterLab

L'interface Web JupyterLab est une amélioration du Jupyter Notebook. C'est une interface conçue pour rendre l'environnement de travail plus facile, avec des menus supplémentaires et la possibilité de créer des raccourcis clavier. Elle présente des commandes supplémentaires afin d'apporter « plus d'options de réglage et [autoriser] plus d'interactivité » via l'installation d'extensions en passant par le Cloud (Ionos, 2019).

L'ouverture de l'application dans le navigateur Anaconda, entraîne l'ouverture d'une fenêtre internet. Cette fenêtre internet contient sur sa gauche (encadré rouge sur la Figure 10) l'accès aux fichiers de travail ainsi que plusieurs autres fonctionnalités. Dans notre cas les deux icônes utilisées sont celle des dossiers pour accéder aux fichiers et celle de la pièce de puzzle pour l'extension, cette partie est décrite au point 3.4.

Sur la partie droite de la fenêtre se trouve la console de commande python, en vert, et le résultat des commandes est quant à lui observable dans l'encadré bleu, l'*Output View*.

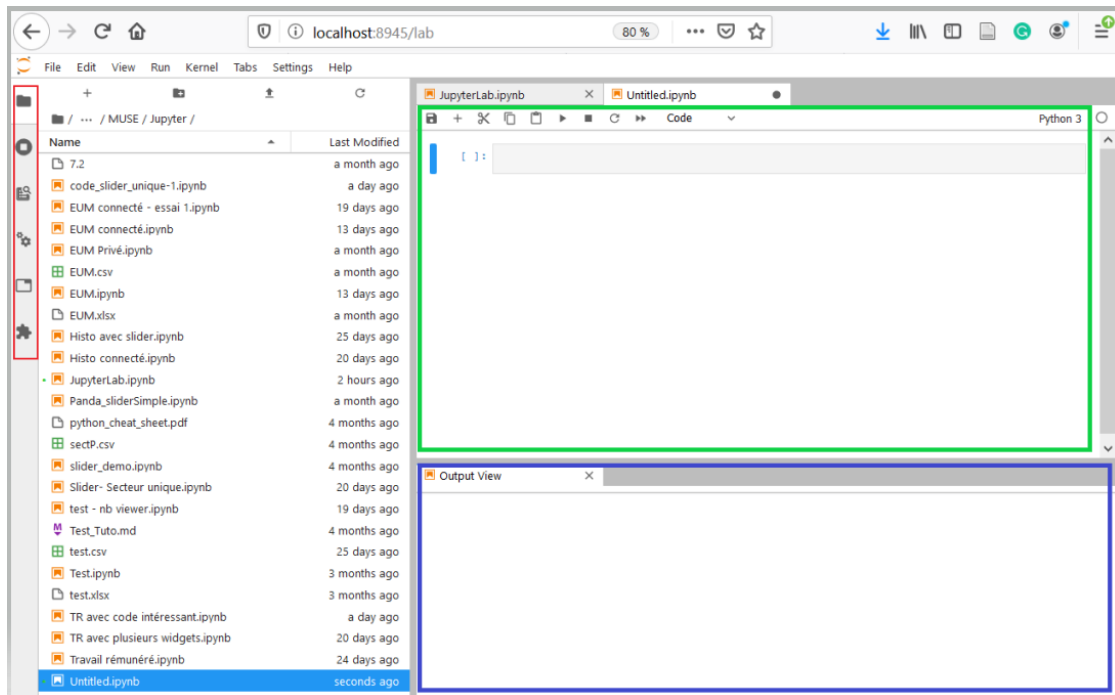


Figure 10: Interface Web JupyterLab

La création d'un nouveau fichier s'obtient en cliquant sur la cellule encadrée en rouge de la Figure 11, puis en sélectionnant *Python 3* (encadré vert).

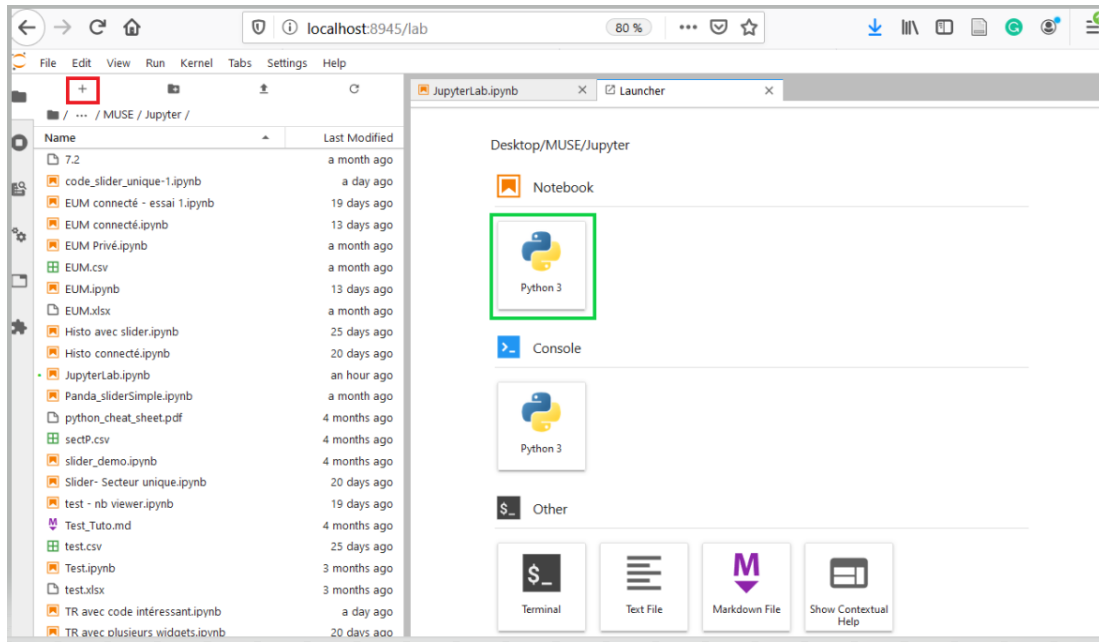


Figure 11: Création d'un nouveau fichier sur JupyterLab

3.4 Bibliothèques utilisées, installations et utilisations

La bibliothèque **Plotly** est une bibliothèque open source qui permet de créer des graphiques interactifs dans divers domaines tels que les domaines scientifiques, statistiques, géographiques ou encore financiers (Plotly, 2020). Cette bibliothèque permet d'utiliser le package **plotly.graph_objects**, qui introduit la notion de widget ainsi que le package **plotly.express** qui permet de réaliser des figures courantes avec un seul appel de fonction.

Le recours à cette bibliothèque ajoute automatiquement des outils interactifs aux graphiques via une barre d'outils, que l'on voit dans la Figure 12, qui apparaît lorsqu'on passe le curseur de la souris sur le graphique. Ces outils proposent, par exemple, de zoomer, de sélectionner une partie précise du graphique, de montrer les données en légendes ou encore de comparer les données.



Figure 12: Outils interactifs automatiquement proposés par la bibliothèque Plotly

La bibliothèque **Ipywidgets** est la bibliothèque la plus sollicitée dans ce travail. Elle est constituée d'outils, appelés **widgets**, dont font notamment partie, les slides et les boutons. L'intérêt des widgets est qu'ils peuvent être connectés à un graphique et donc apporter de l'information en le dynamisant.

Une dernière librairie utilisée dans ce travail, s'appelle **Pandas**. Cette librairie Python permet quant à elle de manipuler des tableaux et d'intégrer aux commandes Python des fichiers CSV. Les fichiers CSV nécessitent d'être sous le format CSV UTF-8 (délimité par des virgules) (*.csv) pour être exploité dans l'interface Jupyter.

Deux étapes sont nécessaires pour l'utilisation des librairies. Premièrement, il faut installer la librairie dans le système. Une fois cette étape réalisée, on peut alors importer les librairies, les packages et les outils dont on a besoin pour élaborer nos commandes Python.

Pour installer les librairies dans Jupyter Notebook avec le navigateur Anaconda, il faut utiliser les commandes suivantes :

Tableau 1: Lignes de code correspondant aux librairies utilisées dans Jupyter Notebook

Plotly ⁵	<code>conda install -c plotly plotly=4.9.0</code>
Ipywidgets ⁶	<code>conda install "notebook>=5.3" "ipywidgets>=7.2"</code>
Pandas ⁷	<code>conda install pandas</code>

Chacune des commandes d'installation a été réalisée dans une cellule d'entrée différente. Il est important de réinitialiser le noyau de l'interface Notebook après chaque installation de librairie, ceci est indiqué avec le message *restart kernel*.

Avec le navigateur Anaconda, l'utilisation des librairies dans JupyterLab nécessite les commandes suivantes :

Tableau 2: Ligne de code correspondant à la librairie utilisée dans JupyterLab

Plotly	<code>jupyter labextension install jupyterlab-plotly@4.9.0</code>
--------	---

L'utilisation des widgets dans JupyterLab nécessite l'activation de l'extension jupyter-widgets ainsi que celle de Node.

L'activation jupyter-widgets se fait dans « Extension manager », représenté par une icône en forme de pièce de puzzle (Figure 10, encadré rouge). L'appellation complète de l'extension est visible à la Figure 13.

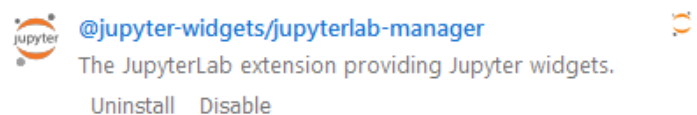


Figure 13: Extension à installer pour l'utilisation des widgets dans JupyterLab

⁵ <https://plotly.com/python/getting-started/#overview>

⁶ https://ipywidgets.readthedocs.io/en/latest/user_install.html

⁷ https://pandas.pydata.org/docs/getting_started/install.html

Ensuite, l'installation de cette extension demande une commande Python précise pour la version utilisée de JupyterLab. La version⁸ utilisée ici est JupyterLab 1.2.6 (Figure 6). La commande est ainsi :

Tableau 3: Extension utilisée dans JupyterLab

jupyter labextension install @jupyter-widgets/jupyterlab-manager@1.1
--

Ensuite, les installations de Node et Ipywidgets se font avec les commandes suivantes :

Tableau 4: Installation des packages dans JupyterLab

Node	conda install -c conda-forge nodejs
Ipywidgets	conda install -c conda-forge ipywidgets

L'importation des librairies et des outils se fait donc, comme susmentionné, à la création de chaque notebook. Il est important de les rédiger avant toutes commandes exécutées pour éviter un message d'erreur comme quoi tel ou tel outils n'est pas reconnu. Il est possible de les écrire dans une seule cellule d'entrée. Le modèle de rédaction pour l'importation est « **import** librairie **as** x », comme on peut le voir dans la Figure 14. La partie se trouvant après le « **as** » est la manière dont la librairie sera appelée dans un code.

La ligne 2 de la cellule, « `from ipywidgets import *` », peut être traduite comme suit : de la librairie ipywidgets importe tous les outils. Ceci permet ensuite d'appeler les différents outils tels que les slides et les boutons lors de la réalisation d'une commande.

```
Entrée [12]: 1 import ipywidgets as widgets
2 from ipywidgets import *
3 import plotly.express as px
4 import plotly.graph_objs as go
5 import plotly as py
6 from plotly.offline import init_notebook_mode, iplot
7 init_notebook_mode(connected=True)
8
9 import pandas as pd
10 import nbinteract as nbi
```

Figure 14: Cellule d'entrée avec importation des libraires et outils

A noter que, l'installation des librairies n'est nécessaire qu'une seule fois dans Jupyter. En effet, une fois exécutée, l'installation des librairies n'a pas besoin d'être réalisée à chaque création

⁸ <https://github.com/jupyter-widgets/ipywidgets/commit/69295ceefc90b31385a36256fbea1b8829f1bdab>

d'un nouveau Notebook. Contrairement à leur importation, qui, elle, est requise pour chaque nouveau fichier Notebook.

4. Résultats

Les scripts des graphiques présentés dans ce chapitre se trouvent dans l'annexe 8.3.

4.1 Fluctuation de la consommation d'eau dans le secteur rémunéré

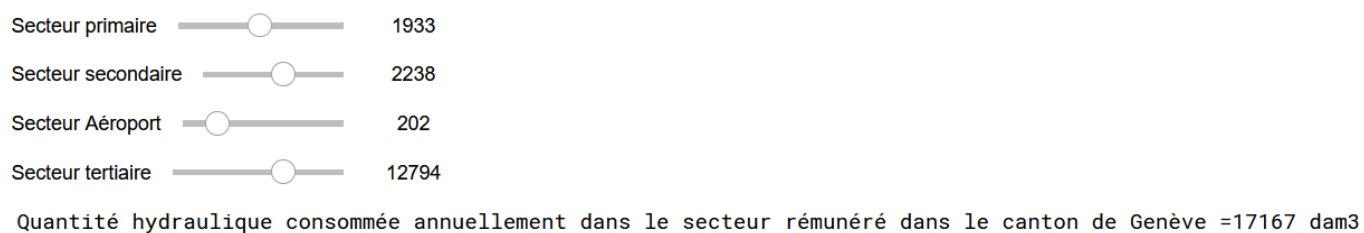


Figure 15: Fluctuation de la consommation d'eau dans le secteur rémunéré

L'animation dynamique de la Figure 15 met en avant les données extensives de la consommation de l'eau du secteur rémunéré pour l'année 2017.

La réalisation de cette animation a permis de comprendre comment réaliser un script (annexe 8.3.1) en intégrant des éléments widgets de type « slide ». L'outil IntSlider permet de faire fluctuer les quantités consommées dans les différents secteurs rémunérés. Les changements effectués aux slides de chaque secteur ont une répercussion sur la somme de la consommation totale en eau.

4.2 Fluctuation de l'activité humaine dans le secteur tertiaire

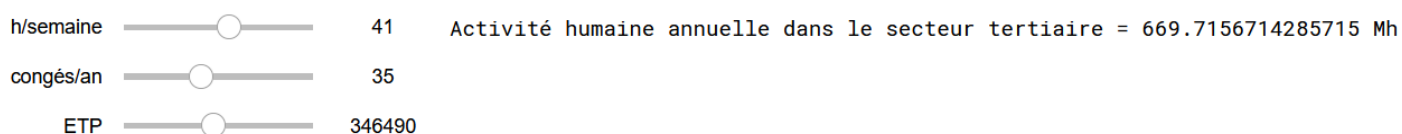


Figure 16: Fluctuation de l'activité humaine dans le secteur tertiaire

Les données de départ, lors de l'exécution du script (annexe 8.3.2) de l'animation de la Figure 16, sont les variables qui influencent l'activité humaine du scénario 2050 type « continuation » (Les données du scénario type « continuation » sont consultables à l'annexe 8.2). L'élaboration du calcul de l'activité humaine prend en compte les heures par semaine effectuées au travail, le nombre de congés par année ainsi que la charge de travail (ETP).

Cette animation permet de visualiser le changement d'heures allouées au secteur tertiaire dans l'hypothèse d'une modification de la loi du travail d'ici 2050. L'usage des slides, reprenant les

trois paramètres de l'activité humaine, permet de visualiser les répercussions. Par exemple, si la loi du travail passe de 41 heures à 38 heures par semaine, mais que dans le même temps 4 jours de congé supplémentaires sont accordés par année. L'activité humaine, avec ces modifications, serait alors de 613 millions d'heures (Mh) allouées au secteur tertiaire.

4.3 Répercussion de l'activité humaine du secteur tertiaire sur les domaines énergétiques et hydrique

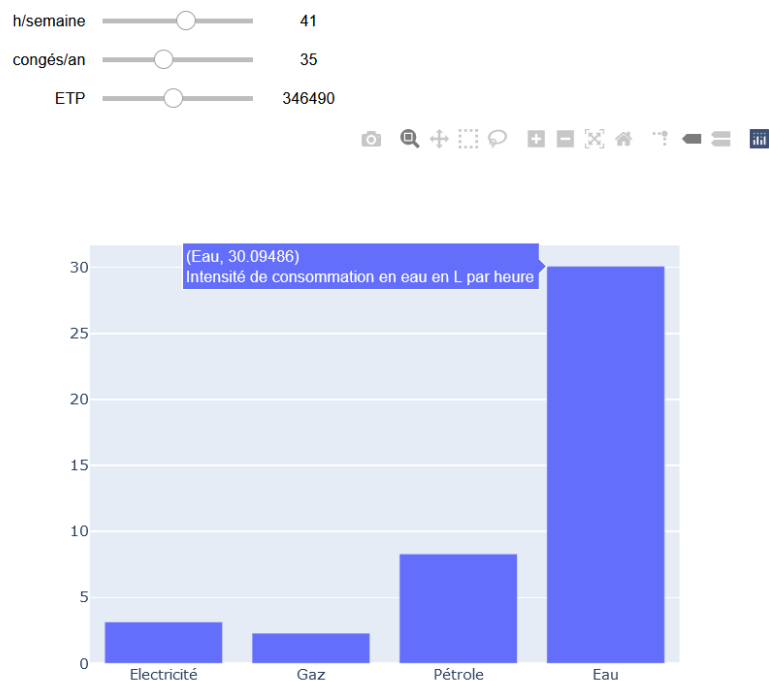


Figure 17: Répercussion de l'activité humaine sur le secteur tertiaire sur les domaines énergétiques et hydrique

Une modification de la loi du travail, dans le secteur tertiaire, impacterait sur l'activité humaine. Cette dernière aurait elle-même des répercussions sur l'intensité de consommation des ressources de ce secteur. Ce sont ces conséquences que représentent l'animation dynamique de la Figure 17.

Les paramètres qui influencent l'activité humaine ont été connectés à un graphique. Une fluctuation d'un ou plusieurs des paramètres nous permet de visualiser les répercussions estimées sur l'intensité de consommation dans les domaines énergétiques et hydrique.

Il est possible de lire les nouvelles intensités de consommation et les unités en faisant passer le curseur de la souris de l'ordinateur sur les barres (électricité, gaz, pétrole et eau) du graphique. Ceci a été réalisé, dans le script avec l'élément hovertext (annexe 8.3.3). L'hovertext permet notamment d'ajouter une légende à chacun des éléments du graphique.

Sans modification, les données d'intensité de consommation des ressources pour le scénario type « continuation » dans le secteur tertiaire sont pour le domaine de l'électricité 3.1 kilos

watt-heure (kWh) par heure, du gaz 2.3 mégajoules (MJ) par heure, du pétrole 8.3 MJ par heure et comme nous pouvons le voir dans l’hovertext du graphique, 30 litres d’eau par heure. En reprenant les modifications du point 4.2, qui sont de 38 heures de travail par semaine et 39 jours de congé annuel et en ajoutant une modification de la charge de travail avec un ETP de 325'229. Les intensités de consommations sont de 3.6 kWh par heure pour l’électricité, 2.6 MJ par heure en gaz, 9.6 MJ par heure pour la consommation du pétrole et 35 litres d’eau consommés par heure.

4.4 Répercussion de l’activité humaine du secteur économique sur les différentes ressources et la productivité



Figure 18: Répercussion des activités humaines du secteur rémunéré sur les différentes ressources ainsi que sur la productivité

L’animation dynamique de la Figure 18 (script à l’annexe 8.4.4) met en avant l’impact sur les activités humaines des secteurs économiques de certaines caractéristiques. L’animation montre également les répercussions sur les domaines énergétiques, hydrique ainsi que sur la production de richesse du canton de Genève. Ce graphique nous permet de comparer visuellement les trois secteurs, primaire, secondaire et tertiaire.

4.5 Intégration d'un fichier CSV dans une animation interactive

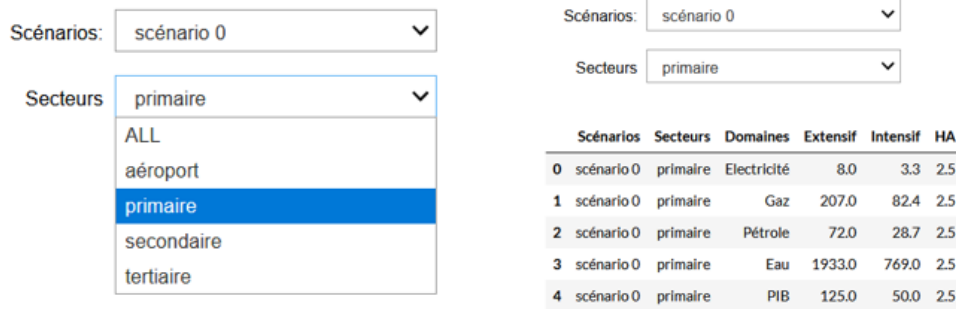


Figure 19: Widgets qui permettent de sélectionner le scénario et le secteur que l'on veut observer

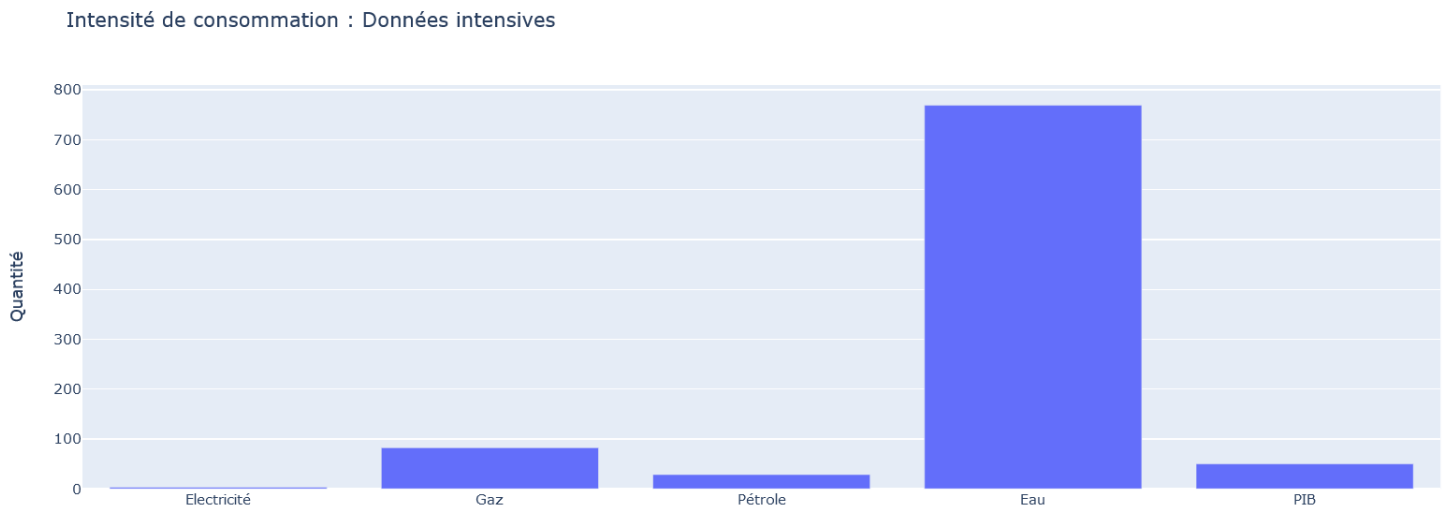
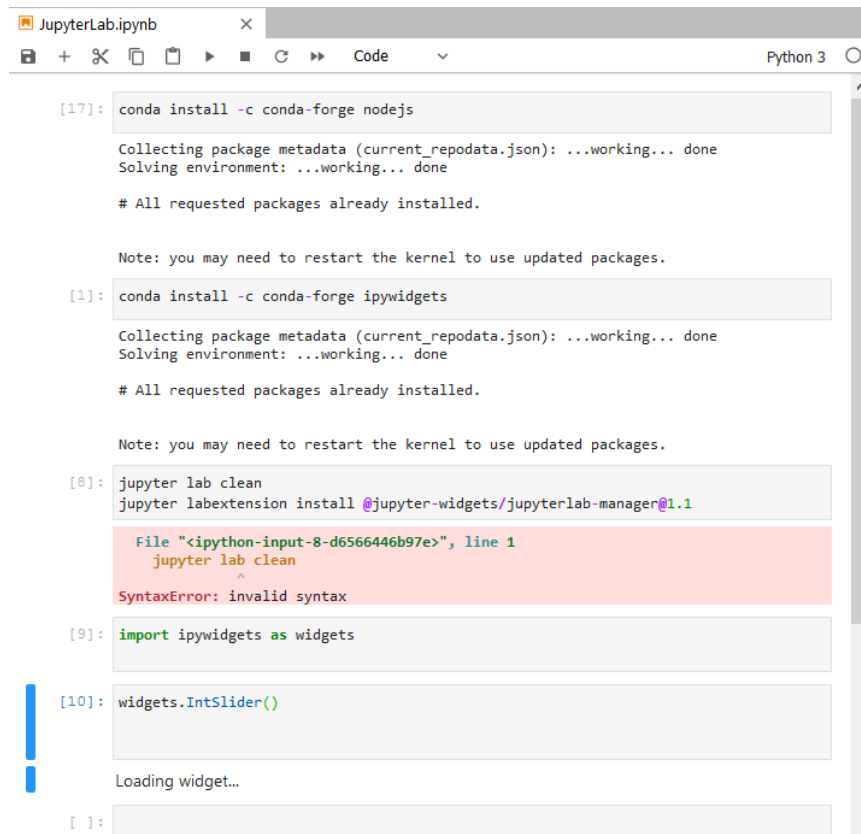


Figure 20: Graphique de la consommation intensive des différents domaines énergétiques, hydrique et production de richesse du scénario et secteur sélectionné

L'animation dynamique obtenue dans les Figures 19 et 20 intègre un fichier CSV. Par le biais de deux widgets dropdown, il est alors possible de sélectionner le scénario et le secteur que l'on souhaite visualiser. Les données sont alors affichées dans un tableau, Figure 19. Dans la Figure 19, la sélection est le scénario 0, qui représente les données de 2017. Un graphique est connecté aux données sélectionnées dans notre tableau, Figure 20. Ce graphique met en avant les données intensives de consommation. Le tableau sera réinitialisé à chaque nouvelle sélection, ainsi que le graphique.

4.6 JupyterLab

La réalisation de graphiques dynamiques avec les bibliothèques présentées au point 3.4 n'a pas été possible. Après l'installation des bibliothèques présentées pour JupyterLab, l'importation du package `ipywidgets` et un essai avec le widget `IntSlider`, un message apparaît sur la console indiquant « Loading widget... », comme on peut le voir sur la Figure 21.



```
JupyterLab.ipynb x Python 3
[17]: conda install -c conda-forge nodejs
Collecting package metadata (current_repodata.json): ...working... done
Solving environment: ...working... done

# All requested packages already installed.

Note: you may need to restart the kernel to use updated packages.
[11]: conda install -c conda-forge ipywidgets
Collecting package metadata (current_repodata.json): ...working... done
Solving environment: ...working... done

# All requested packages already installed.

Note: you may need to restart the kernel to use updated packages.
[8]: jupyter lab clean
jupyter labextension install @jupyter-widgets/jupyterlab-manager@1.1
File "<ipython-input-8-d6566446b97e>", line 1
  jupyter lab clean
    ^
SyntaxError: invalid syntax
[9]: import ipywidgets as widgets
[10]: widgets.IntSlider()
Loading widget...
[ ]:
```

Figure 21: Message Loading widget après l'installation et l'importation des bibliothèques et package dans JupyterLab

Après quelques recherches sur internet, un forum de discussion a permis d'identifier le problème : la console Python 3 ne supporte pas les widgets, c'est en tout cas ce que reconnaît Jason Grout, membre du conseil de direction du programme Projet Jupyter⁹, après plusieurs échanges avec des utilisateurs ayant rencontré le même problème. Vous pouvez trouver l'échange sur le sujet conversation à l'annexe 8.3.6.

⁹ <https://jupyter.org/about>

5. Discussion

Les résultats présentés dans ce travail montrent les variations possibles que peuvent prendre des données statiques, lors de l'introduction de paramètres de fluctuations. Les paramètres principalement étudiés ici, sont les paramètres impactant l'activité humaine et ses répercussions sur l'intensité de consommation des ressources énergétiques et hydrique ainsi que sur la production de richesse.

L'activité humaine représente dans nos estimations les heures allouées à un secteur donné, en se basant sur trois éléments : les heures de travail effectuées par semaine, le nombre de jours de travail par année en déduisant les jours de congés ainsi que, la charge de travail que demande le secteur en question (ETP).

5.1 Modification de la loi du travail

Un événement pouvant impacter l'activité humaine est une modification de la loi du travail, comme observé aux points 4.2 et 4.3.

En mai 2019, le conseil d'Etat a par exemple promulgué une loi à la suite d'une votation, touchant le secteur tertiaire. Cette votation visait à autoriser « l'ouverture des magasins durant trois dimanches par an, pour une période expérimentale, soit jusqu'au 31 décembre 2020 » (Conseil d'Etat, 2019).

Il est tout à fait envisageable que cette période expérimentale aboutisse à terme à un résultat positif et que le conseil d'Etat modifie les textes de loi en accordant, par exemple une ouverture des magasins deux dimanches par mois.

Cette modification entraînerait un changement dans le nombre d'heures effectuées par semaine. Deux jours ouvrables en plus par mois correspondant à 45 heures¹⁰ de travail par semaine au lieu des 41 heures actuelles.

On peut effectuer ce changement dans le graphique de la Figure 17 du point 4.3. La répercussion sur l'intensité de consommation des ressources pour une ouverture dominicale des magasins correspondant à 2 fois par mois est de 2.8 kWh par heure pour l'électricité, 2 MJ par heure pour le gaz, 7.5 MJ par heure pour le pétrole ainsi qu'environ 27 litres d'eau par heure.

5.2 Robotisation et intelligence artificielle

Une fluctuation de l'activité humaine peut également être influencée par d'autres facteurs. L'émergence de la robotisation et de l'intelligence artificielle dans la réalisation de certaines tâches engendrent une diminution du personnel. Cette diminution a une répercussion directe sur la charge de travail effectuée dans un secteur donné, ce qui modifie donc l'élément ETP de l'activité humaine.

¹⁰ 45h correspondent à 2 dimanches par mois de 8h.

Dans le secteur tertiaire, cette émergence technologique se traduit concrètement dans les supermarchés par le développement des caisses automatiques pour effectuer les achats en remplacement de certains employés. Dans ce contexte, nous faisons face, de manière générale à la disparition de certains métiers. Un autre exemple significatif est la fabrication robotisée dans les secteurs industriels. Néanmoins, l'impact sur l'activité humaine est parfois nuancé. Pour preuve, l'émergence de nouveaux métiers basée sur la mise au point et le développement de nouvelles technologies. Une étude du cabinet étude d'Ernst & Young avance que « 60% des métiers qui seront exercés en 2030 n'existent pas encore » (Ernst & Young, 2014). Le constat ne peut alors être que plus prononcé pour 2050.

5.3 Changement dans le mode de travail

Les nouvelles technologies ont aussi amené un bouleversement sur le lieu de travail, les technologies numériques ont rendu possible le travail à distance (Ernst & Young, 2014). Le télétravail permet donc de réaliser son devoir professionnel depuis un autre lieu que celui de l'entreprise, souvent utilisé lorsqu'on exécute les tâches professionnelles depuis son domicile. Cette mutation a une répercussion sur l'intensité de consommation des ressources dans les secteurs rémunérés et privés.

En effet, l'activité humaine exercée lors du télétravail est attribuée au secteur résidentiel lorsqu'on effectue le télétravail à son domicile, en lieu et place du secteur rémunéré, comme le secteur tertiaire par exemple. Ainsi la répercussion s'effectue sur l'intensité de consommation des ressources dans le secteur privé et rémunéré. Le télétravail implique également une diminution du temps de transport. Donc, le travail à distance impacte en outre l'intensité de consommation des ressources dans le secteur de la mobilité.

Il serait par ailleurs intéressant d'observer les conséquences que ce nouveau mode de travail peut avoir sur l'intensité de consommation des ressources du scénario type « effondrement », nommé scénario 3 dans le rapport Genève 2050, qui évoque une vulnérabilité épidémiologique sur le continent européen (République et canton de Genève, 2018). Qui ne peut faire écho qu'à la situation actuellement vécue dans le canton de Genève avec la pandémie COVID-19 demandant des prises de décision rapides pour éviter une augmentation flamboyante de cas positifs. Une des décisions majeures aura été la préconisation du télétravail.

5.4 Les graphiques dynamiques

Les graphiques interactifs permettent une sélection des données que l'on souhaite observer. Cette sélection est une plus-value lorsqu'on utilise des données qui ont des ordres de grandeurs très différents. C'est ce qui a été remarqué lors de la réalisation du graphique de la Figure 18 au point 4.4.

Le secteur rémunéré est organisé en quatre sous-secteurs : le secteur primaire, le secteur secondaire, le secteur tertiaire et le secteur dédié à l'aéroport.

C'est un choix personnel de ne pas avoir intégré l'aéroport dans le graphique de la Figure 18, par soucis de confort de visualisation. En effet la somme très importante de consommation de pétrole par heure (6229 MJ/h) par l'aéroport rendait les autres secteurs, et leurs variations, très peu visibles sur une image statique. Lors de la manipulation de l'animation dynamique, ce petit problème de visualisation n'a pas lieu d'être avec les outils mis à disposition par la librairie Plotly. En effet, la possibilité offerte par cette librairie, de masquer une donnée en cliquant sur la légende, de zoomer, ou encore de sélectionner un endroit précis du graphique apporte la réponse technologique nécessaire à un graphique dynamique affichant des données d'ordres de grandeur très différents.

5.5 Partager un fichier dynamique

Après la réalisation des animations dynamiques, une des questions qui s'est posée était de savoir par quel moyen on pouvait partager nos visuels.

Il s'avère qu'il existe deux manières distinctes de partager son travail. La première méthode consiste à envoyer le fichier sous son format «.ipynb », par e-mail, via la plateforme Dropbox ou encore sur une plateforme en ligne hébergeant du code en open source, telle que GitHub. L'envoi de ce fichier peut ensuite être visualisé par une personne possédant également le logiciel Jupyter sur son ordinateur.

La seconde méthode consiste quant à elle, à visualiser le fichier sous un format HTML. Les fichiers Notebook contenant des animations interactives, ils sont convertissables en format HTML grâce à l'outil « nbinteract » (Lau and Hug, 2018; Perez and Granger, 2015; Project Jupyter, 2020). L'installation de la librairie et de l'outil nbinteract se fait comme suit :

Tableau 5: Librairies utilisées pour la conversion au format HTML

Installation de la librairie	<code>pip install nbinteract</code>
Importation de l'outil	<code>import nbinteract as nbi</code>

La conversion d'un fichier Notebook au format HTML par l'outil nbinteract demande la création d'un répertoire sur GitHub. Dans la Figure 22, on peut observer un répertoire contenant trois fichiers.

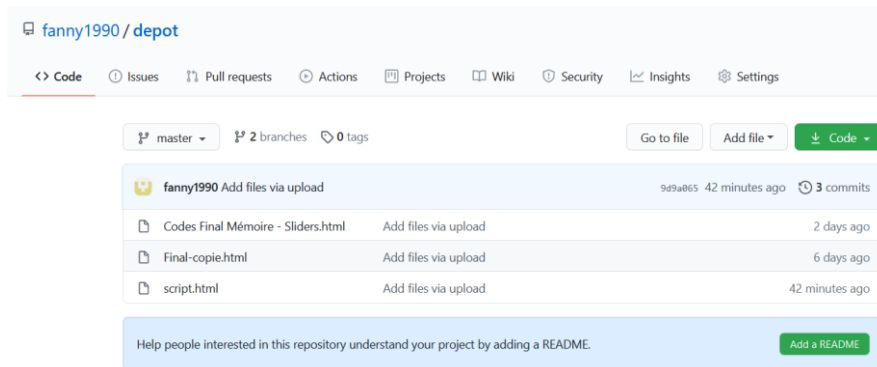


Figure 22: Répertoire dans la plateforme GitHub contenant trois fichiers.

Ce répertoire est nécessaire pour écrire la ligne de code permettant la conversion de format. La ligne de code¹¹ est : `nbi.publish('lien_du_répertoire_GitHub', 'nom_du_fichier.ipynb')`. Par exemple, si nous avons un fichier se nommant « mémoire » et que nous avons le répertoire de la Figure 22, la ligne de code sera :

```
nbi.publish('fanny1990/depot/master', 'mémoire.ipynb')
```

L'exécution de cette ligne de code crée un fichier sous format HTML. Il est téléchargé dans le dossier où se trouve nos fichiers Notebook. Il est possible de double-cliquer sur ce fichier HTML, afin de l'ouvrir dans son navigateur web. Il est aussi possible de publier le fichier HTML sur la plateforme GitHub, son lien internet peut être copier/coller dans l'outil Jupyter Notebook Viewer¹² qui permet, comme son nom l'indique, une visualisation sur internet en créant une page Web.

Lors de l'affichage du fichier HTML, les slides sont visibles et peuvent être manipulés, à l'inverse des graphiques. Ces derniers semblent nécessiter une ou plusieurs étapes dans le code afin d'obtenir une réalisation complète et visualisable. La solution n'a pas encore été trouvée sur internet au moment de la réalisation de ce travail.

¹¹ https://www.nbinteract.com/recipes/recipes_exporting.html

¹² <https://nbviewer.jupyter.org/>

6. Conclusion

Dans ce travail on aborde la possibilité d'ajouter un ou plusieurs paramètres qui ont un impact sur l'évaluation du métabolisme de l'énergie et de l'eau du canton de Genève. Dans cet optique, le paramètre qui a été le plus souvent évoqué tout au long du travail, est celui d'une modification des heures allouées dans le secteur rémunéré. Ce paramètre nous donne un bon aperçu de l'amplitude des impacts qu'il peut avoir sur la consommation en énergie, en eau ainsi que sur la production de richesse du canton. Cette observation a pu être amenée dans le contexte d'une modification de la loi du travail. Une révision du nombre d'heures de travail effectuées par semaine passant de 41 heures à 38 heures, tout en conservant 39 jours de congé annuel, ainsi que 325'229 équivalents à temps plein (ETP), aura un impact sur les consommations des ressources du secteur tertiaire. Il a pu aussi être observé que certains paramètres, comme le changement de mode de travail, implique des fluctuations de consommation dans plusieurs secteurs, tels que le secteur rémunéré, le secteur résidentiel et le secteur de la mobilité.

Pour des raisons de temps à disposition, il n'a pas été possible d'explorer d'autres paramètres de fluctuation dans ce travail.

Même dans le domaine d'une modification des heures allouées dans le secteur rémunéré, tous les aspects n'ont pas pu être explorés. C'est par exemple le cas pour la robotisation ou l'intelligence artificielle venant remplacer des emplois. L'aspect qui n'a pas été pris en compte dans ce travail et qui serait intéressant d'approfondir, est l'impact estimé qu'ont ces nouvelles machines technologiques sur la consommation des ressources. Leur impact et ses conséquences sont à eux seuls une nouvelle recherche, qui pourrait même aboutir sur un sujet de mémoire. Dans le cadre du canton de Genève, un autre paramètre semble intéressant à étudier de manière dynamique, il s'agit des émissions de CO₂. L'étude pourrait par exemple élaborer une animation permettant de prendre en compte l'objectif visant la neutralité carbone à partir de 2050, mis en place par le Conseil fédéral en août 2019 (OFEV, 2019). En effet, ce paramètre évoque une problématique environnementale cruciale, notamment au vu des différents engagements gouvernementaux découlant de divers accords internationaux sur la question climatique. Sachant que les animations dynamiques se basent sur des évaluations multi-échelles et que la neutralité carbone est un objectif national, il est possible de reproduire des évaluations du métabolisme de l'énergie et de l'eau pour les autres cantons suisses pour parvenir ensuite à l'évaluation du métabolisme nationale. Un tel projet pourrait également permettre d'observer les impacts croisés de la consommation des ressources énergétiques et hydrique dans l'objectif zéro émission de la Confédération.

Néanmoins, par l'élaboration des animations interactives, on a pu observer qu'il est ainsi possible de créer des contextes donnés de manière ciblée, comme on a pu le constater par l'introduction de l'ouverture dominicale des magasins deux fois par mois, touchant le secteur tertiaire dans le canton de Genève. Ce constat permet d'avancer qu'il est possible, au travers de projections dynamiques, d'observer les répercussions de potentiels événements ou d'évolutions de contexte. De telles observations pourraient permettre d'affiner les mesures d'adaptation et les plans d'actions dans un contexte de durabilité pour le canton.

L'élaboration de ce travail, a aussi permis de découvrir la programmation via l'application Web Jupyter. Lors de la réalisation des scripts, un des avantages observés fut la grande diversité d'information que l'on peut trouver sur internet. Le site officiel du projet Jupyter¹³, livrant d'abondantes informations sur les notions de bases avec une documentation très fournie, en est un bon exemple. De plus, par le biais de la plateforme GitHub on peut visualiser des scripts d'autres utilisateurs. De même, il existe des chaînes Youtube, tels que la chaîne Enthought¹⁴, dédiée à la programmation, offrant des tutoriels afin de comprendre le fonctionnement de l'application Notebook ou l'usage de certains packages. Les forums de discussion sur des sujets quelques peu problématiques pour certains utilisateurs sont également très utiles et intéressants. L'obstacle rencontré lors de l'importation du package ipywidgets dans JupyterLab, qui déboucha sur le message « loading widgets... », est un exemple instructif de l'existence et de l'usage des nombreuses sources d'information à disposition. Néanmoins, il reste très facile de se perdre au milieu de cet océan d'informations lors de la recherche d'un élément en particulier, ce qui peut nous amener à de nombreuses heures de recherches, pas toujours couronnées de succès.

Une des forces du projet Jupyter reste indéniablement sa distribution en libre accès. En effet, ce mode de distribution gratuit génère un effort collaboratif, pilier de son développement actuel et futur. Enfin, ce mémoire ne m'a permis d'avoir recours qu'à une infime partie des possibilités offertes par ce projet. Ceci est encore plus vrai, pour un projet qui n'a de cesse d'évoluer.

¹³ <https://jupyter.org/documentation>

¹⁴ <https://www.youtube.com/c/enthought/videos>

7. Bibliographie

- Bissiau, G. (2018). Métabolisme de l'Energie et de l'eau du Canton de Genève avec l'approche Nexus par MuSIASEM. Institut des Sciences de l'Environnement. Université de Genève
- Bréthaut, C., Gallagher, L., Dalton, J., and Allouche, J. (2019) Power dynamics and integration in the water-energy-food nexus lessons for transdisciplinary research in Cambodia. *Environ. Sci. Policy* 94, 153–162.
- Conseil d'Etat. [En ligne]. Genève : République et canton de Genève ; 2019. Une majorité de Genevois se prononce en faveur de l'ouverture des magasins durant trois dimanches par an [consulté le 20 juillet 2020]. Disponible à : <https://www.ge.ch/document/majorite-genevois-se-prononce-faveur-ouverture-magasins-durant-trois-dimanches>
- Dator, J. (2009). Alternative Futures at the Mānoa School. *Journal of Futures Studies* 14(2). 1-18. Disponible à <http://www.jfs.tku.edu.tw/14-2/A01>
- DFAE - Département fédéral des affaires étrangères. Agenda 2030 pour le développement durable [En ligne]. Suisse : Confédération suisse ; s.d. 17 objectifs de développement durable [mis à jour le 23.04.2020 ; consulté le 6 juin 2020]. Disponible : <https://www.eda.admin.ch/post2015/fr/home/agenda-2030/die-17-ziele-fuer-eine-nachhaltige-entwicklung.html>
- Ernst & Young. (2014). La révolution des métiers – Nouveaux métiers, nouvelles compétences : quels enjeux pour l'entreprise ?. 52p. Disponibles à : <https://www.formation-continue-unil-epfl.ch/wp-content/uploads/2018/12/EY-revolution-des-metiers.pdf>
- Flammini, A., Puri, M., Pluschke, L., and Dubois O. (2014). Walking the nexus talk: assessing the water-energy-food nexus in the context of the sustainable energy for all initiative. *Environment and Natural Resources management working paper* 58. FAO. 150p. Disponible à <http://www.fao.org/3/a-i3959e.pdf>
- Giampietro, M., Aspinall, R. J., Ramos-Martin, J., & Bukkens, S. G. F. (2014). *Resource Accounting for Sustainability Assessment: The Nexus between Energy, Food, Water and Land Use*. Routledge.
- GIEC. (2018) : Résumé à l'intention des décideurs, Réchauffement planétaire de 1,5 °C, Rapport spécial du GIEC sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels et les trajectoires associées d'émissions mondiales de gaz à effet de serre, dans le contexte du renforcement de la parade mondiale au changement climatique, du développement durable et de la lutte contre la pauvreté [Publié sous la direction de V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor et T. Waterfield]. Organisation météorologique mondiale, Genève, Suisse, 32 p. Disponible à https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_fr.pdf

Gonzalez, F. (2020). Projections du métabolisme de l'énergie et de l'eau du canton de Genève avec l'approche Nexus MuSIASEM. Institut des Sciences de l'Environnement. Université de Genève. [Non publié]

Hatem, F., Cazes, B., Roubelat, F., and Godet, M. (1993). La Prospective : Pratiques et Méthodes. (Paris) Collection Gestion. Série : Politique générale, Finance et Marketing. Edition Economica. Disponible à <http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/30174?show=full>

Hoff, H. (2011). Understanding the Nexus. Background Paper for the Bonn2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus. Stockholm Environment Institute, Stockholm. Disponible à : <https://mediamanager.sei.org/documents/Publications/SEI-Paper-Hoff-UnderstandingTheNexus-2011.pdf>

Ionos. Digital Guide. [En ligne]. Jupyter Notebook: documents Web pour l'analyse de données, live-coding, ect ; 2019 [consulté le 30.08.2020]. Disponible à <https://www.ionos.fr/digitalguide/sites-internet/developpement-web/jupyter-notebook/>

Lau, S., Hug, J. (2018). Nbinteract: Generate Interactive Web Pages From Jupyter Notebooks. Technical Report No. UCB/EECS-2018-57. Electrical Engineering and Computer Sciences. University of California. Berkeley. Disponible à <https://www2.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2018/EECS-2018-57.pdf>

Lercier, D. MAKINA CORRPUS. [En ligne]. Cartographier le manteau neigeux avec Python ; 2019a [édité le 28.01.2020 ; consulté le 30.08.2020]. Disponible à <https://makina-corpus.com/blog/metier/2019/python-carto>

Neishabouri, A. Découvrez les bibliothèques Python pour la Data Science [En ligne]. Installez Jupyter sur votre propre ordinateur ; s.d [mis à jour le 12.05.2020 ; consulté le 5.06.2020]. Disponible à <https://openclassrooms.com/fr/courses/4452741-decouvrez-les-librairies-python-pour-la-data-science/5559646-installez-jupyter-sur-votre-propre-ordinateur>

OFEV – Office fédéral de l'Environnement. Objectif climat 2050. [En ligne]. Suisse : Confédération suisse ;2019 [mis à jour le 28.08.2019 ; consulté le 15.08.2020]. Disponible à <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/climat/info-specialistes/objectif-climat2050.html>

Perez, F., Granger, B.E. (2015). Projet Jupyter : Computational narratives as the engine of collaborative data science. *Retrieved September*. Vol 11. 180p. Disponible à <http://archive.ipython.org/JupyterGrantNarrative-2015.pdf>

Plotly. Graphing Libraries. [En ligne]. Getting Started with Plotly in Python; 2020 [consulté le 14.05.2020]. Disponible à <https://plotly.com/python/getting-started/>

Projet Jupyter. [En ligne]. Projet Jupyter ; s.d. [mis à jour le 29.07.2020 ; consulté le 20.08.2020]. Disponible à <https://jupyter.org/index.html>

République et canton de Genève. (2018). Genève 2050. 133p. Disponible à <https://www.ge.ch/document/rapport-geneve-2050>

Service cantonal du développement durable. (2018). DEVELOPPEMENT DURABLE 2030 : Concept cantonal du développement durable. République et canton de Genève. Genève.

Disponible à <https://www.ge.ch/document/concept-cantonal-du-developpement-durable-2030/telecharger>

8. Annexes

8.1 Méthode Nexus MuSIASEM : Métabolisme de l'Énergie et de l'Eau du Canton de Genève

8.1.1 Système multi-échelles du canton de Genève

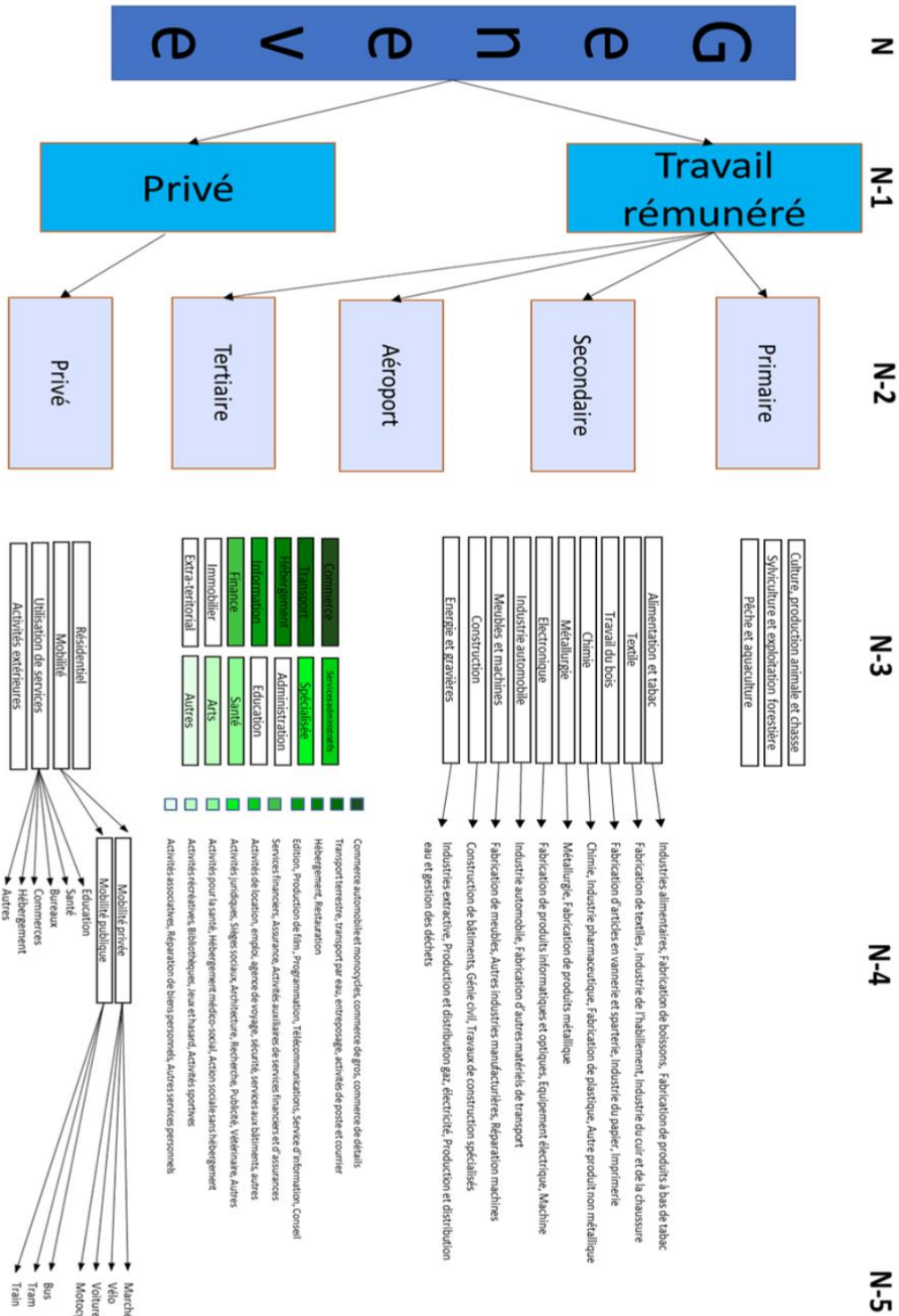


Figure 23: Système multi-échelles du canton de Genève. (Source : Bissiau, 2018)

8.1.2 Acronymes et explications des variables de l'End-Use Matrix

Variable		Définition	Unité
HA	Human Activity	Temps investi dans le secteur par an	h ou Mh
EMR	Exosomatic	Eti/HA : quantité d'énergie ou d'eau i	kWh/h,
	Metabolic Rate	métabolisé par heure dédiée au secteur	MJ/h ou l/h
EJP	Economic Job Productivity	PIB/HA : Valeur ajouté par heure allouée au secteur économique	CHF/h
ET	Exosomatic Troughput	Quantité d'énergie ou d'eau métabolisé par le secteur par an	GWh, TJ ou dam ³
PIB	Produit Intérieur Brut	Production de richesse du secteur par an	MioCHF

Figure 24: Acronymes et explications des variables des end-use Matrix. (Source : Bissiau, 2018)

8.2 Etude prospective à travers l'approche Nexus MuSIASEM

Dans le rapport « Genève 2050 », le récit hypothétique du scénario 1 est de type « continuation ». Le canton de Genève est une place financière forte, ce qui contribue à son attractivité. Les conséquences de cette attractivité sont un développement urbain en continue au détriment du maintien des zones et activités agricoles. Les répercussions de cette attractivité entraîne une baisse de la qualité de vie de la population et de l'environnement (République et canton de Genève, 2018) .

End-Use Matrix Scénario 1 : type « Continuation »

	HA Mh	Intensif					Extensif				
		EMR				EJP CHF/h	ET			PIB MioCHF	
		Electricité kWh/h	Gaz MJ/h	Pétrole MJ/h	Eau L/h		Electricité GWh	Gaz TJ	Pétrole TJ		Eau dam ³
Genève	6 258	0.6	2.9	7.6	13	11.2	3 860	18 179	47 699	79 001	69 817
Privé	5 533	0.2	2.4	2.7	9.8	0	1 119	13 312	14 733	53 976	0
Résidentiel	4 497	0.2	3.0	1.7	12	0	1 081	13 295	7 647	53 976	0
Mobilité	318	0.1	0.1	22.3	0	0	38	17	7 086	0	0
Utilisation des services	620	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Activités extérieures	98	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Travail rémunéré	725	3.8	6.7	45.4	34.5	96.2	2 741	4 868	32 966	25 026	69 817
Primaire	1.3	3.3	82.3	28.7	769	49.6	4	104	36	968	62.5
Secondaire	51	12.3	63.9	6.4	71	205	623	3 231	322	3 582	10 353
Aéroport	4	1.3	0	6928	82	554	5	0	27 051	320	2 163
Tertiaire	670	3.1	2.3	8.3	30	85.5	2 108	1 533	5 556	20 155	57 239

Figure 25: End-Use Matrix Scénario 1: type « Continuation ». (Source: Gonzalez, 2020)

Dans le scénario 2, les limites et les contraintes environnementales demandent une réorganisation de la société sur un plan économique et sociale. L'augmentation du prix des énergies fossiles, par une taxation accrue, ont fait accroître l'utilisation de véhicules électriques par exemple. Cette inflation a aussi entraîné un réaménagement de l'espace public destiné à l'agriculture urbaine et aux productions locales (République et canton de Genève, 2018).

End-use Matrix Scénario 2 : type « Limites et discipline »

HA	Intensif					EJP	Extensif				
	EMR				Eau		ET				PIB
	Electricité	Gaz	Pétrole				Electricité	Gaz	Pétrole	Eau	
Mh	kWh/h	MJ/h	MJ/h	L/h	CHF/h	GWh	TJ	TJ	dam3	MioCHF	
Genève	5 658	0.5	3.2	2.1	11.6	7.6	2 846	17 958	11 980	65 551	42 913
Privé	5 122	0.2	2.6	0.7	9.2	0	982	13 310	3 718	47 229	0
Résidentiel	4 211	0.2	3.2	0.6	11.2	0	946	13 295	2 390	47 229	0
Mobilité	201	0.2	0.1	6.6	0	0	36	15	1 329	0	0
Utilisation des services	595	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Activités extérieures	115	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Travail rémunéré	536	3.5	8.7	15.4	34	80.1	1 864	4 648	8 261	18 322	42 913
Primaire	4	3.7	93.0	7.6	817	46	14	353	29	3 099	175
Secondaire	118	5.6	29.1	0.68	32.3	81.5	662	3 433	80	3 806	9 614
Aéroport	2	2.7	0	3 464	164	475	5	0	6 763	80	927
Tertiaire	412	2.9	2.1	3.4	27.5	78	1 183	862	1 389	11 337	32 197

Figure 26: End-Use Matrix Scénario 2 : type « Limites et discipline ». (Source: Gonzalez, 2020)

Dans le scénario 3, un effondrement économique provoque une flambée des prix des matières premières ainsi que des denrées alimentaires. Cette augmentation des prix est causée par la surconsommation des ressources énergétiques et alimentaires. Le manque de mesures suffisantes pour réduire l'impact écologique a une répercussion directe sur la qualité de vie de la population.

End-use Matrix Scénario 3 : type « Déclin et effondrement »

HA	Intensif					EJP	Extensif				
	EMR				Eau		ET				PIBP
	Electricité	Gaz	Pétrole				Electricité	Gaz	Pétrole	Eau	
Mh	kWh/h	MJ/h	MJ/h	L/h	CHF/h	GWh	TJ	TJ	dam3	MioCHF	
Genève	3 855	0.6	1.9	4.0	15	5.8	2 244	7 316	15 408	57 845	22 520
Privé	3 541	0.3	1.6	1.4	13	0,0	1 115	5 703	5 082	47 229	0
Résidentiel	2 910	0.4	2	1	16	0,0	1 081	5 698	2 868	47 229	0
Mobilité	142	0.2	0.04	16	0	0,0	34	5	2 214	0	0
Utilisation des services	423	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Activités extérieures	66	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Travail rémunéré	314	3.6	5.1	32.9	34	71.8	1 129	1 613	10 326	10 617	22 520
Primaire	4	3.1	30.8	8.9	766.2	40.2	12	125	36	3 099	163
Secondaire	51	3.9	20	2	22.2	73.2	195	1 010	101	1 119	3 698
Aéroport	1.4	1.2	0,0	6 062	72	554	2	0	8 454	100	773
Tertiaire	258	3.6	1.9	6.7	24.5	69	920	479	1 736	6 299	17 887

Figure 27: End-Use Matrix Scénario 3 : type « Déclin et effondrement ». (Source: Gonzalez, 2020)

Dans le scénario 4, les avancées technologiques amènent une transformation dans la société. L'utilisation des technologies, telles que l'intelligence artificiel, la robotique ou encore les nanotechnologies induisent une baisse des coûts de production. Cependant, l'introduction de ces avancées dans la société implique des destructions d'emplois ayant pour conséquence directe une augmentation du taux de chômage dans le canton de Genève ainsi que la faillite de certaines entreprises. Une réorganisation économique et sociale basée sur le partage se forme autour de ces nouveaux moyens de technologiques. Elles permettent d'afficher des résultats positifs dans le domaine de la transition écologique permettant de faire baisser l'empreinte écologique (République et canton de Genève, 2018).

End-use Matrix Scénario 4 : type « Transformation »

	Intensif						Extensif				
	HA	EMR				EJP	ET				PIB
		Electricité	Gaz	Pétrole	Eau		Electricité	Gaz	Pétrole	Eau	
Mh	kWh/h	MJ/h	MJ/h	L/h	CHF/h	GWh	TJ	TJ	dam3	MioCHF	
Genève	5 113	0.8	3.3	3.8	16.1	6.0	4 095	16 673	19 333	82 170	30 656
Privé	4 808	0.2	2.6	1.3	10.5	0	906	12 359	6 446	50 602	0
Résidentiel	3 916	0.2	3.2	0.9	13	0	878	12 345	3 346	50 602	0
Mobilité	226	0.1	0.1	14	0	0	27	14	3 100	0	0
Utilisation des services	560	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Activités extérieures	106	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Travail rémunéré	305	10.4	14.1	42.2	103	100.4	3 190	4 314	12 887	31 568	30 656
Primaire	4	3.3	36	12.5	766	61.8	13	145	51	3 099	250
Secondaire	42	13.0	67.1	6.2	74	105	545	2 827	261	3 135	4 437
Aéroport	1.7	1.4	0	6 062	84	554	2	0	10 144	140	927
Tertiaire	258	10.2	5.2	9.4	98	97	2 629	1 341	2 431	25 194	25 042

Figure 28: End-Use Matrix Scénario 4: type « Transformation ». (Source: Gonzalez, 2020)

8.3 Résultats

8.3.1 Fluctuation de la consommation d'eau dans le secteur rémunéré

```

1 style = {'description_width': 'initial'}
2
3
4 a = widgets.IntSlider(value=1933, min=0, max =4000, description='Secteur primaire', style=style)
5 b = widgets.IntSlider(value= 2238, min=0, max =4000, description='Secteur secondaire', style=style)
6 c = widgets.IntSlider(value=202, min=0, max =1000, description='Secteur Aéroport', style=style)
7 d = widgets.IntSlider(value=12794, min=0, max =20000, description='Secteur tertiaire', style=style)
8 def f(a, b, c, d):
9     print('Quantité hydraulique consommée annuellement dans le secteur rémunéré dans le canton de Genève ={} dam3'.format(a+b+c+d))
10
11 out = widgets.interactive_output(f, {'a': a, 'b': b, 'c': c, 'd':d})
12
13 widgets.VBox([widgets.VBox ([a, b, c, d]),out])

```

Figure 29: Script : fluctuation de la consommation d'eau dans le secteur rémunéré

L'élément widget utilisé, dans le script de la Figure 29, est le `IntSlider`¹⁵. Ce dernier consiste à modifier une valeur qui est représentée en type « slide ». Dans ce code nous intégrons quatre `IntSlider` distincts représentant chacun un secteur rémunéré différent du canton de Genève. Les valeurs de base données aux widgets (« value ») sont la consommation d'eau pour l'année 2017 des différents secteurs rémunérés. Les valeurs « min » et « max » définissent le minimum et le maximum des fluctuations possibles lors de l'utilisation des slides. L'option `description` permet d'introduire un titre aux slides. Dans ce script, l'option `style` a été rajoutée pour que les titres des slides soit écrit en totalité. Sans cette option au lieu de lire sur l'animation « Secteur primaire » on lirait uniquement « Secteur prim..... ».

Nous créons une fonction qui va nous permettre de faire le calcul pour obtenir en sortie la somme souhaitée des paramètres. Pour la visualisation de ces paramètres, nous utilisons l'élément `VBox`, qui permet l'alignement des slides à la verticale. Enfin l'outil « `interactive_output` »¹⁶ lie les slides à une sortie, nommée « out » dans le script, nous permettant ainsi par une ligne de codes d'afficher le résultat de nos variations dans le slide.

8.3.2 Fluctuation de l'activité humaine dans le secteur tertiaire

```
1 a = widgets.IntSlider(value=41, min=30, max =50, description='h/semaine')
2 b = widgets.IntSlider(value=35, min=25, max =50, description='congés/an')
3 c = widgets.IntSlider(value=346490, min=300000, max =400000, description='ETP')
4
5 def f(a,b,c):
6
7     print('Activité humaine annuelle dans le secteur tertiaire = {}'.format(((c * a )/7)*(365-b)/1000000))
8
9 out = widgets.interactive_output(f, {'a': a, 'b':b, 'c':c})
10
11 widgets.HBox([widgets.VBox ([ a,b,c]), out])
```

Figure 30: Script : Fluctuation de l'activité humaine en fonction d'une modification de la loi du travail dans le secteur tertiaire

L'élaboration du script en Figure 30 s'effectue sur les mêmes bases que le script en Figure 29 au point 8.3.1. Les valeurs de base attribuées aux slides sont les données, qui ont contribué au calcul de l'activité humaine dans le scénario type continuation (scénario 1). Les valeurs minimales choisies ne sont pas égales à zéro, car nous sommes en présence de multiplications et de divisions.

Un élément du script a été modifié afin de pouvoir observer l'impact visuel entre les deux différents scripts. Nous utilisons cette fois-ci l'élément `HBox`, en lieu et place de `VBox`, ceci afin d'obtenir un alignement horizontal plutôt que vertical. On peut ainsi constater que le résultat ne se trouve pas en dessous des slides mais sur le côté.

¹⁵ <https://ipywidgets.readthedocs.io/en/latest/examples/Widget%20List.html>

¹⁶ <https://ipywidgets.readthedocs.io/en/stable/examples/Output%20Widget.html>

8.3.3 Répercussion de l'activité humaine sur les domaines énergétiques et hydrique du secteur tertiaire

```
1 a = widgets.IntSlider(value=41, min=30, max =50, description='h/semaine')
2 b = widgets.IntSlider(value=35, min=25, max =50, description='congés/an')
3 c = widgets.IntSlider(value=346490, min=300000, max =400000, description='ETP')
4
5 def ha(a,b,c):
6     data = [go.Bar(
7         x=['Electricité', 'Gaz','Pétrole', 'Eau'],
8         y=[2108/(((c * a )/7)*(365-b)/1000000), 1533/(((c * a )/7)*(365-b)/1000000), 5556/(((c * a )/7)*(365-b)/1000000)
9         , 20155/(((c * a )/7)*(365-b)/1000000)],
10        hovertext=['Intensité de consommation en électricité: kWh par heure', 'Intensité de consommation de gaz en MJ par heure',
11                  'Intensité de consommation du pétrole en MJ par heure', 'Intensité de consommation en eau en L par heure'],
12
13        )]
14
15
16     iplot(data)
17
18
19 widgets.interactive( ha, a=a, b=b, c=c)
```

Figure 31: Script : Répercussion de l'activité humaine sur les domaines énergétiques et hydriques du secteur tertiaire

Dans le script de la Figure 31, on connecte un graphique aux paramètres de l'activité humaine représenté par les trois slides, dont nous avons déjà eu recours à la Figure 30.

Le graphique est intégré à une fonction, nommée, ha (activité humaine). Cette fonction a pour attribut les résultats des modifications que l'on choisit pour les slides (a, b, c). Ceci permet que la fonction prenne en compte les valeurs des slides dans les calculs de l'axe y, qui représente les intensités de consommation des ressources. Le graphique est créé avec l'outil go.Bar du package plotly.graph_objects. Les attributs qui définissent le graphique sont les axes, x et y et dans ce code, l'option hovertext a été ajoutée. Cette option permet de mettre une légende aux barres des graphiques, dans notre cas, elle indique les unités des ressources.

L'élément iplot permet de rendre visible le graphique en sortie. Ce dernier est mis en connexion avec les slides par la dernière ligne de notre script.

8.3.4 Répercussion des activités humaines du secteur rémunéré sur les différentes ressources ainsi que sur la productivité

```
1 def plot(c,b,a):
2
3     bar = go.Bar(
4         x=['Electricité', 'Gaz','Pétrole', 'Eau', 'EJP'],
5         y=[389/b, 2019/b, 201/b, 2238/b, 7391/b],
6         name='Consommation intensive secteur secondaire',
7         marker_color='pink',
8         hovertext=['Intensité de consommation en électricité: kWh par heure', 'Intensité de consommation de gaz en MJ par heure',
9                   'Intensité de consommation du pétrole en MJ par heure', 'Intensité de consommation en eau en L par heure'
10                  , 'productivité économique en CHF/h'],
11
12        )
13     bar1= go.Bar(
14         x=['Electricité', 'Gaz','Pétrole', 'Eau', 'EJP'],
15         y=[1314/a, 958/a, 3165/a, 12794/a,34226/a],
16         name= 'Consommation intensive secteur tertiaire',
17         marker_color='grey',
18         hovertext=['Intensité de consommation en électricité: kWh par heure', 'Intensité de consommation de gaz en MJ par heure',
19                   'Intensité de consommation du pétrole en MJ par heure', 'Intensité de consommation en eau en L par heure'
20                  , 'productivité économique en CHF/h']
21
22    )
```

Figure 32: 1ère partie du script : Répercussion des activités humaines du secteur rémunéré sur les ressources et la productivité

```

23 bar2= go.Bar(
24     x=['Electricité', 'Gaz','Pétrole', 'Eau','EJP'],
25     y=[8/c, 207/c, 72/c, 1933/c,125/c],
26     name= ' Consommation intensive secteur primaire',
27     marker_color='lightgreen',
28     hovertext=['Intensité de consommation en électricité: kWh par heure', 'Intensité de consommation de gaz en MJ par heure',
29                'Intensité de consommation du pétrole en MJ par heure','Intensité de consommation en eau en L par heure'
30                , 'productivité économique en CHF/h']
31 )
32 )
33 data= [bar2, bar, bar1]
34
35 iplot(data)
36
37 style = {'description_width': 'initial'}
38
39 c= widgets.FloatSlider(min=1, max= 200, value=2.5, description = "Activité humaine du secteur primaire",style=style,layout=Layout( width='30%'))
40 b= widgets.IntSlider(min=1, max=620, value=85, description = "Activité humaine du secteur secondaire",style=style,layout=Layout( width='30%'))
41 a= widgets.IntSlider(min=1, max=620, value=514, description = "Activité humaine du secteur tertiaire",style=style,layout=Layout( width='30%'))
42
43 widgets.interactive(plot, c=c,b=b, a=a)

```

Figure 33: 2ème partie du script : Répercussion des activités humaines du secteur rémunéré sur les ressources et la productivité

Le script des Figures 32 et 33 permettent d’observer la répercussion des activités humaines du secteur rémunéré sur les ressources et la production de richesse.

De la ligne 1 à la ligne 32, nous créons une fonction, nommée « plot », définissant les éléments du graphique. Cette fonction a pour attribut les résultats des modifications que l’on choisit pour les slides (a, b, c). Ensuite, chaque secteur rémunéré (primaire, secondaire et tertiaire) est représenté graphiquement par l’outil go.Bar. Puis, pour chaque secteur, on définit les données des axes « x » et « y ». L’axe « x » représente les ressources : l’électricité, le gaz, le pétrole, l’eau ainsi que la production de richesse. L’axe « y » représente les données intensives des ressources. Ainsi, nous aurons, pour chaque ressource et pour la production des richesses, la représentation visuelle des trois secteurs.

Les widgets de type « slide » sont définis de la ligne 39 à 41, en Figure 33. Le secteur primaire est défini par l’outil FloatSlider, il permet de prendre en compte les décimales.

8.3.5 Intégration d’un fichier CSV dans une animation interactive

```

1 df_gen = pd.read_csv(r"C:\Users\fanny\Desktop\MUSE\Jupyter\test.csv", sep=";")
2
3 ALL = 'ALL'
4 def unique_sorted_values_plus_ALL(array):
5     unique = array.unique().tolist()
6     unique.sort()
7     unique.insert(0, ALL)
8     return unique
9
10 output = widgets.Output()
11 plot_output = widgets.Output()
12
13 # on crée les widgets
14
15 dropdown_Scénarios = widgets.Dropdown(options =unique_sorted_values_plus_ALL(df_gen.Scénarios), description = 'Scénarios: ')
16
17 dropdown_Secteurs = widgets.Dropdown(options = unique_sorted_values_plus_ALL(df_gen.Secteurs), description = 'Secteurs')
18
19

```

Figure 34: 1ère partie du script : appel du fichier CVS, définition des valeurs du fichier et création des widgets

Nous définissons le fichier CSV avec l'appellation df_gen. L'élément pd.read_csv permet de lire le fichier au travers de la librairie pandas.

Dans le second bloc de la Figure 34, on crée une fonction générique¹⁷, qui permet de trouver les valeurs uniques du fichier, de les trier et d'ajouter l'élément ALL en début de sélection.

Ensuite, on crée deux widgets dropdown, qui permettent une sélection entre plusieurs propositions. Le premier est défini par les scénarios et le deuxième par les secteurs.

```
1 def common_filtering(Scénarios, Secteurs):
2     output.clear_output()
3     plot_output.clear_output()
4
5     if (Scénarios == ALL) & (Secteurs == ALL ):
6         common_filter = df_gen
7
8
9
10
11     elif (Scénarios == ALL):
12         common_filter = df_gen[df_gen.Secteurs == Secteurs]
13
14
15
16     elif (Secteurs == ALL):
17         common_filter = df_gen[df_gen.Scénarios == Scénarios]
18
19
20
21     else:
22         common_filter = df_gen [(df_gen.Scénarios == Scénarios) & (df_gen.Secteurs == Secteurs) & (df_gen.Domaines)]
23
24     with output:
25         display (common_filter)
26
27
28
29     with plot_output :
30         y=common_filter['Intensif']
31         x=common_filter['Domaines']
32         fig=px.bar( x=x, y=y, labels={'x':'', 'y':'Quantité'}, title="Intensité de consommation : Données intensives")
33
34         fig.show()
35
```

Figure 35: 2^{ème} partie du script : Fonction qui permet de lier la sélection au graphique

Dans le bloc de la Figure 35, on crée une fonction qui relie la sélection au graphique. La ligne 2 et 3 permettent d'effacer la sélection à chaque itération et de capturer la nouvelle sortie. La fonction permet de définir les valeurs qui doivent être retenues dans la sélection.

¹⁷ <https://towardsdatascience.com/bring-your-jupyter-notebook-to-life-with-interactive-widgets-bc12e03f0916>

```

1 def dropdown_Scénarios_eventhandler (change):
2     common_filtering (change.new, dropdown_Secteurs.value)
3
4
5 def dropdown_Secteurs_eventhandler (change):
6     common_filtering(dropdown_Scénarios.value, change.new)
7
8
9
10 dropdown_Scénarios.observe(dropdown_Scénarios_eventhandler, names='value')
11 dropdown_Secteurs.observe(dropdown_Secteurs_eventhandler, names='value')
12
13
14 display(dropdown_Scénarios)
15 display(dropdown_Secteurs)
16
17
18 display (output)
19 display (plot_output)

```

Figure 36: 3^{ème} partie du script : liaison entre la fonction principale et les sélection, visualisation du tout.

Dans la Figure 36, l'argument *change* de deux fonctions dans le premier bloc permet d'informer la fonction sur les changements qui ont lieu lors de la sélection. Si la valeur est ALL, le filtre est réinitialisé, toute autre sélection est alors affichée. L'élément *observe* permet de lier les widgets aux différentes possibilités de sélection. L'outil *display* permet quant à lui d'afficher le visuel. Ce visuel comprend les deux widgets qui s'affichent ainsi que le graphique.

8.3.6 Widgets sur JupyterLab

La création d'animation interactive avec le package *ipywidgets* sur JupyterLab n'est pas possible. Les widgets ne sont pas reconnus dans la console Python 3, c'est ce qu'explique Jason Grout, membre du conseil directeur du Projet Jupyter. La Figure 37 montre une partie de la conversation qui a permis de comprendre pourquoi l'installation ne fonctionne pas. Vous pouvez trouver au lien suivant, la conversation complète : <https://github.com/jupyter-widgets/ipywidgets/issues/2623>

christasich commented on 27 Nov 2019 • edited - Author ...

For what it's worth, I tried installing Jupyter Lab and widgets on two other machines (all through Anaconda) and it results is the same. Here are the steps I've followed to install.

1. Install Anaconda 2019.10
2. Install Jupyter Lab, ipywidgets, nodejs

```
conda activate base
conda install -c conda-forge jupyterlab ipywidgets nodejs
```

3. Install Jupyter Lab Extension `jupyter labextension install @jupyter-widgets/jupyterlab-manager`
4. Open Jupyter Lab `jupyter lab`
5. Within my browser, open a Python3 console and run

```
!import ipywidgets as widget
widget.IntSlider()
```

This results in "Loading widget..." and the js errors above for all machines that I've tested. Have I missed something in my installation method?

lckr commented on 26 Jan • edited -

I experience the same issue using a fresh conda environment using

```
jupyterlab = 1.2.5
ipywidgets = 7.5.1
@jupyter-widgets/jupyterlab-manager = 1.1.0
```

Same behavior when using an older version of jupyterlab:

```
jupyterlab = 1.0.2
ipywidgets = 7.5.1
@jupyter-widgets/jupyterlab-manager = 1.0.3
```

jasongrout commented on 28 Jan Member ...

Within my browser, open a Python3 console and run

Ah, that's the issue. The console doesn't support widgets, just the notebook.

♥ 2

jasongrout commented on 28 Jan Member ...

So two questions come up for me:

1. That's a pretty unhelpful message. What is happening is that there is a global widget rendermime that immediately says things are loading, and later on the widget manager gets connected to the kernel and for that specific activity and starts rendering widgets for real. The console will get that global rendermime renderer. What it should do is, after a short time, go ahead and render the text version, or some sort of message saying the widgets are not supported in that activity. Or perhaps we don't need to wait if we know we are in a console.
2. Alternatively (or rather, in addition), the console really should support widgets. There's no real reason it can't, someone just has to expose the widget manager to the console.

If you (or anyone else) would like to help in these things, we can help you get started.

Figure 37: Discussion sur Github sur le sujet Jupyter-widgets dans JupyterLab

9. Bibliographique annexe

Cette bibliographie comprend les sites internet qui ont permis la réalisation des scripts.

Koen, S. Medium. Towards data science. [En ligne]. Bring your Jupyter Notebook to life with interactive widgets; 2019 [Consulté le 16.05.2020]. Disponible à <https://towardsdatascience.com/bring-your-jupyter-notebook-to-life-with-interactive-widgets-bc12e03f0916>

Lercier, D. MAKINA CORRPUS. [En ligne]. Augmenter l'interactivité de vos notebooks Jupyter ; 2019b [édité le 21.01.2020 ; consulté le 25.05.2020]. Disponible à <https://makina-corp.com/blog/metier/2019/augmenter-linteractivite-de-vos-notebooks-jupyter-1>

Plotly. Graphing Libraries. [En ligne]. Getting Started with Plotly in Python; 2020 [consulté le 14.05.2020]. Disponible à <https://plotly.com/python/getting-started/>

Plotly. Graphing Libraries. [En ligne]. Interactive Data Analysis with FigureWidget ipywidgets in Python; 2020 [consulté le 14.05.2020]. Disponible à <https://plotly.com/python/figurewidget-app/>

Plotly. Graphing Libraries. [En ligne]. Sliders in Python ; 2020 [consulté le 14.05.2020]. Disponible à <https://plotly.com/python/sliders/>

Plotly. Graphing Libraries. [En ligne]. Displaying Figures in Python ; 2020 [consulté le 14.05.2020]. Disponible à <https://plotly.com/python/renderers/>

Plotly. Graphing Libraries. [En ligne]. Plot CSV Data in Python ; 2020 [consulté le 15.05.2020]. Disponible à <https://plotly.com/python/plot-data-from-csv/>

Projet Jupyter. Jupyter Widgets. [En ligne] Widget List ; 2017 [consulté le 4.04.2020]. Disponible à <https://ipywidgets.readthedocs.io/en/latest/examples/Widget%20List.html>

Pandas. User Guide. [En ligne]. IO tools (text, CSV, HDF5, ...) ; 2008-2020 [consulté le 25.05.2020]. Disponible à https://pandas.pydata.org/pandas-docs/stable/user_guide/io.html