

# Introduction

Allan

2023-06-14

## Contents

|          |  |          |
|----------|--|----------|
| <b>1</b> | <b>Exectutive Summary</b>                        | <b>2</b> |
| <b>2</b> | <b>Introduction</b>                              | <b>2</b> |
| 2.1      | Electricity . . . . .                            | 2        |
| 2.2      | Swiss Grid . . . . .                             | 3        |
| 2.3      | The Network . . . . .                            | 4        |
| 2.4      | Law, limits and regulations . . . . .            | 5        |
| 2.5      | Overview of the network . . . . .                | 7        |
| 2.6      | My questions . . . . .                           | 8        |
| <b>3</b> | <b>Preliminary Data Anylsis</b>                  | <b>8</b> |
| 3.1      | Overview of the data . . . . .                   | 8        |
| 3.2      | Data limitations . . . . .                       | 8        |
| 3.3      | Data cleaning and pre-processing . . . . .       | 8        |
| <b>4</b> | <b>EDA</b>                                       | <b>9</b> |
| 4.1      | Quick Visualization . . . . .                    | 9        |
| 4.2      | Different levels of seasonality . . . . .        | 11       |
| 4.2.1    | Seasonality of the month over the year . . . . . | 11       |
| 4.2.2    | Seasonality of the day over the week . . . . .   | 13       |
| 4.2.3    | Seasonality of the hour over the day . . . . .   | 14       |
| 4.3      | STL Decomp . . . . .                             | 15       |
| 4.4      | Residuals . . . . .                              | 17       |
| 4.5      | Second and Tertiary control . . . . .            | 18       |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>5</b> | <b>Different level of aggregation</b>    | <b>20</b> |
| 5.1      | Overall . . . . .                        | 20        |
| 5.2      | Border . . . . .                         | 20        |
| 5.3      | Foreign . . . . .                        | 20        |
| 5.4      | Canton . . . . .                         | 20        |
| 5.5      | Mapping . . . . .                        | 27        |
| <b>6</b> | <b>Conclusion and possible extension</b> | <b>27</b> |
| <b>7</b> | <b>References and Appendix</b>           | <b>28</b> |

# 1 Executative Summary

## Approach and Purpose

Master thesis, internship oriented Different subject Actual and related to my country

## Analysis and Data Insights

Sissgrid comprendre ou est produite et consommée l'énergie Comment le réseau marche et ses complexité.  
Production and consumption all over the country Different level of aggregation Seasonity

## Recommendation and Suggestions

Forecast and risk

# 2 Introduction

## 2.1 Electricity

Electricity, its price, consumption and production are at the heart of current debates. Whether it's environmental issues linked to the climate crisis and over-consumption, the economic challenges posed by rising prices around the world, or political debates such as the blacklisting of Russia, a major producer of natural gas for Switzerland, following the war in Ukraine, electricity is a major source of concern in Europe today. Over and above these aspects relating to Europe in general, Switzerland could be facing a real electricity shortage problem, given its dependence on imports. This is the point made by *l'economiesuisse* in [this article](#), which states that :

*“Une pénurie d'énergie l'hiver prochain: tel est le scénario que nous devons éviter par tous les moyens. Une telle situation serait dévastatrice pour l'économie. Dans le dossier «Sur le front de l'énergie», economiesuisse commente l'actualité et évalue les nouveaux développements sous l'angle économique.”*

The situation in Switzerland is complex and unique. Situated at the center of Europe, it can easily take advantage of imports and exports with its neighbours. What is more, Switzerland is a country with a lot of nature, lakes and mountainous regions, so it can use its topology to its advantage. Despite these advantages, and despite the fact that Switzerland still produces more electricity than it consumes, it cannot do without the help of its neighbours for its electricity production, particularly given the seasonal nature of this resource and the difficulty of storing it. Indeed, while Switzerland manages to be self-sufficient during the summer period (May to October), which is characterised by high production and lower consumption, the picture is different in winter: with consumption up by around 25% compared with the summer, coupled with a drop

in local production due to lower river flows in winter, Switzerland has plenty to worry about. In fact, RST rightly points this out in its [article](#) on the shortage that could affect Switzerland during winter.

Beyond the purely economic aspect, the ecological component of electricity consumption and production is coming back more and more: fossil fuels to be banned, a desire to get out of nuclear power and the will to invest massively in green, renewable energies have invaded Switzerland. However, the will to do the right thing is not enough: we need to find the right compromise between the ecological transition and the needs of the population. Whether we like it or not, Swiss electricity needs will always take precedence over environmental issues.

It's the latter that we're going to focus on in this paper: **electricity in Switzerland, where is it consumed or produced, and why? What are the main factors governing the grid?** To answer this question, we will be using data provided by Swissgrid, the company that manages all electricity transmission in Switzerland.

## 2.2 Swiss Grid

As previously stated, our main task will be to analyze the data provided by Swissgrid in order to better understand what drives the network. Once done, we'll try to interpret these results in order to build a prediction model for the same data at different time scales. Before we can use their data, it is important to understand who Swissgrid is and what role it plays. Here are some of the main components that make up the company:

### Generation

Despite its essential role in the transmission of electricity, it is important to emphasise that Swissgrid does not produce any electricity. Its sole role is to transport electricity between power plants and consumption areas via its network. Its mission, in addition to supplying energy where it is needed, is to ensure the stability of the grid: the quantity injected into the grid must therefore be re-evaluated according to demand at all times.

### Grid operation

For the grid to function properly, it is essential that production and consumption are always in balance: Swissgrid must therefore ensure at all times that the energy consumed and produced are equal so that it can be transported safely. This is where their forecasting model comes into play and will be used to prevent any congestion or overloads. This information is generally transmitted directly to the power stations, which will increase or decrease power according to the desired volume.

### Market development

Swissgrid is not only involved in the development and modernisation of its transmission system: it also ensures the development of the market. In fact it is responsible for minimising the costs associated with procurement, by varying suppliers abroad, for example. It is also Swissgrid that will make it possible, by means of ever more innovative infrastructures, to offer Swiss power stations new possibilities for transmitting the electricity they produce more easily.

### Maintenance and repairs

Among its many tasks, one of the most essential remains the maintenance and upkeep of its infrastructure: Swissgrid must ensure that its pylons, lines, substations and so on are in good working order so that electricity flows safely. Divided into seven sites, they will be responsible for any repairs required.

### Infrastructure

Swissgrid est responsable de la planification, du remplacement et de l'extension de toute l'infrastructure du réseau de transport. C'est une tâche ardue, étant donné qu'il existe déjà des congestions à l'heure actuelle, que de nouvelles centrales électriques sont raccordées au réseau et que la dynamique sur les marchés de l'électricité ne cesse de croître. Il convient donc de développer le réseau de transport, ce qui n'implique

pas nécessairement la construction de nouvelles lignes, mais plutôt la modernisation ciblée aussi bien que le démantèlement de certaines parties du réseau.

### **Networking**

As Switzerland is at the heart of Europe, it is an integral part of its interconnected network. This collaboration between countries enables Switzerland and Europe to avoid any congestion or network failures. Ideally located, Switzerland acts as a transit country, storing a large quantity of electricity that will pass through the interconnected network.

### **Consumption**

Although consumers play a central role in network stability, they are not directly connected to the network. In the event of imbalance, Swissgrid will, for example, ask cold stores or incineration plants to modify their consumption in order to restore the desired voltage level. The only exception is the Swiss Federal Railways (SBB), which are directly connected to the transmission grid.

### **Switching substations**

Les postes de couplage placés dans les sous-stations constituent des nœuds entre les lignes. Dans certaines installations, l'énergie est transformée et transmise à différents niveaux de réseau. En outre, les centres de conduite du réseau de Swissgrid déconnectent et raccordent des lignes dans les postes de couplage au moyen de manœuvres de couplage et dirigent ainsi les flux d'électricité.

### **Niveaux de réseau**

Afin que les consommateurs finaux puissent utiliser l'énergie produite par les centrales électriques, la tension est réduite à 400 et 230 volts par le biais de sept niveaux de réseau. Font partie de ces niveaux les niveaux très haute tension, haute tension, moyenne tension et basse tension ainsi que trois niveaux de transformation reliant ces dernières.

### **Transmission grid**

Il se compose de lignes à 380 kilovolt et 220 kilovolt. Alors que les lignes à 380 kilovolt sont majoritairement utilisées pour l'importation et l'exportation d'électricité, les grandes centrales électriques suisses injectent principalement leur énergie sur le réseau 220 kilovolt. Des tensions de l'ordre du kilovolt sont nécessaires sur le réseau de transport afin de pouvoir transporter l'énergie sur de longues distances avec le moins de pertes possible.

## **2.3 The Network**

Il n'est pas visible, mais il est pourtant toujours présent: le courant. Nous l'utilisons naturellement et souvent de manière inconsciente. Le matin lorsque nous allumons la lumière, mettons la machine à café en marche ou quand nous écoutons la radio. Cette transformation est un véritable défi. Avoir la bonne quantité de courant sur le réseau en est un autre. À savoir livrer en tout temps la même quantité d'électricité que celle qui est utilisée au même moment. En effet, la consommation d'énergie et la production d'énergie doivent toujours être équilibrées. Swissgrid s'en charge. 24 heures sur 24. 7 jours sur 7. Afin que le réseau de transport puisse fonctionner, il est indispensable de maintenir un équilibre permanent entre production et consommation d'énergie. Cet équilibre garantit l'exploitation sûre et fiable du réseau électrique à une fréquence constante de 50 Hertz. Toutefois, le réseau de transport suisse peut connaître des fluctuations et des charges imprévues. Dans ce cas, les opérateurs doivent agir: où faut-il injecter davantage d'énergie afin que le réseau soit à nouveau équilibré et que la fréquence du réseau retrouve sa valeur de consigne de 50 Hertz? L'électricité ne pouvant pas être stockée sur le réseau de transport, il est nécessaire que l'injection de courant et le soutirage soient toujours égaux. En d'autres termes, la production et la consommation d'énergie doivent toujours être à l'équilibre. C'est cet équilibre qui garantit la sécurité et la stabilité de l'exploitation du réseau à une fréquence constante de 50 Hertz; il n'y a pas que le réseau de transport suisse qui est exploité à cette fréquence: c'est aussi le cas de tout le réseau interconnecté européen. De concert avec les autres gestionnaires de réseau de transport, Swissgrid veille à ce que cette fréquence puisse être

respectée en permanence sur le réseau interconnecté. En Suisse, le courant est disponible en permanence. 24 heures sur 24, 365 jours par an. Mais ce n'est pas de toute évidence: notamment en hiver, les producteurs d'électricité font face à des défis particuliers. Le besoin en énergie augmente en cas de chute de neige, de verglas et de grand froid. Le problème: la production d'électricité en Suisse ne peut pas couvrir ce besoin supplémentaire en électricité. C'est la raison pour laquelle la Suisse est tributaire d'importations en hiver. En cas de fluctuations imprévues, les opérateurs des centres de conduite du réseau ont recours à l'énergie de réglage. Il s'agit d'énergie que les centrales électriques mettent en réserve pour Swissgrid et qui peut être utilisée si nécessaire. Les centrales électriques peuvent augmenter ou diminuer leur puissance à court terme, compensant ainsi l'énergie électrique manquante ou excédentaire. Sur le réseau interconnecté européen, l'équilibrage entre production et consommation s'effectue via un processus en trois étapes: la première étape consiste à activer l'énergie de réglage primaire. En cas de fluctuations de fréquence, les turbines des centrales électriques dans toute l'Europe réagissent en augmentant ou diminuant leur puissance. Au bout de quelques minutes (5min environ), le réglage primaire est remplacé par le réglage secondaire. Ce dernier est réalisé par les centrales électriques suisses auxquelles Swissgrid envoie un signal automatique. Au bout d'un quart d'heure, les opérateurs utilisent manuellement l'énergie de réglage tertiaire. Ils donnent à certaines centrales électriques de Suisse ou de l'étranger l'instruction d'injecter plus ou moins d'énergie dans le réseau. Afin que l'équilibre du réseau puisse être assuré à tout moment, il est indispensable de procéder à une planification minutieuse avec les centrales électriques et les négociants d'électricité. Swissgrid est chargée de maintenir constamment le réseau de transport suisse à l'équilibre. C'est pourquoi les centrales électriques et les négociants d'électricité sont également tenus de toujours injecter dans le réseau, c'est-à-dire produire ou acheter, la même quantité d'énergie que celle qu'ils vendent.

Le réseau en quelques chiffres :

Voltage of 380 and 220 kilovolts

250'000 kilometres long (6x around the world, the entire electrical network)

6'700 kilometres long (length of transmission network lines only)

12'000 pylons

147 substations

41 cross-border lines

2.5 billion Swiss francs of planned investment

## 2.4 Law, limits and regulations

**Champs électromagnétiques** Quand on parle de lignes électriques ou d'appareils électriques, le sujet des rayonnements électromagnétiques et de leurs risques potentiels revient souvent. Ces rayonnements sont à proprement parler des champs électriques et magnétiques. Des valeurs limites nous protègent des effets négatifs pour la santé. Les valeurs limites en Suisse font partie des plus strictes au monde.

La valeur limite d'immissions de 100 microteslas pour les champs magnétiques protège en particulier des atteintes à la santé scientifiquement reconnues. Elle s'applique partout où des personnes pourraient séjourner. La Loi suisse sur la protection de l'environnement exige en outre de protéger également la population des risques pour la santé aujourd'hui non avérés mais envisageables. C'est à cela que sert la valeur limite de l'installation de 1 microtesla. Elle s'applique partout où des personnes séjournent durablement, par exemple dans les salons ou les chambres, les écoles ou les aires de jeux. C'est une des valeurs limites les plus strictes en Europe. Les deux valeurs limites s'appliquent pour la charge maximale d'une ligne.

### Bruit

Des décharges électriques locales peuvent se produire au niveau des lignes électriques, notamment en cas de conditions météorologiques défavorables, par exemple en cas de pluie, de givre ou de neige mouillée. En électrotechnique, ce phénomène est appelé «décharge coronaire». Il peut générer des bruits décrits comme des grésillements ou des bourdonnements.

Une limite d'émission de 55 décibels dans les zones habitées (45 décibels durant la nuit) est applicable en Suisse et doit impérativement être respectée. Le niveau sonore d'une rue à grande circulation dépasse 80 décibels. Partout où cela est nécessaire, Swissgrid s'efforce de réduire ces effets coronaires par tous les moyens techniques possibles. Dans le cas des lignes souterraines, les bruits dus à l'effet de couronne disparaissent.

## **Environnement**

L'étude de l'impact sur l'environnement (EIE) permet, dans le cadre de la procédure d'autorisation, de contrôler si un projet respecte les prescriptions légales sur la protection de l'environnement. Le contrôle se base sur le rapport d'impact sur l'environnement (RIE). En tant que maître d'ouvrage, Swissgrid est responsable de l'élaboration et de la remise des documents du RIE. Toutefois, l'élaboration du RIE est en règle générale confiée à un bureau d'ingénierie indépendant et spécialisé. Différents aspects sont traités dans le rapport, dont le bruit, les rayonnements non ionisants, les eaux, les sols, les décharges désaffectées, les forêts, les biotopes et la végétation, la faune et ses habitats naturels, les paysages, les sites construits ainsi que les monuments historiques et les sites archéologiques.

Le suivi environnemental de la phase de réalisation (SER) traite et pilote les considérations environnementales lors de la construction et assiste la maîtrise d'ouvrage pour une réalisation du projet de construction conforme à la loi et respectueuse de l'environnement.

## **Procédures d'autorisation**

Swissgrid est responsable de la planification et de la réalisation des lignes de transport. La procédure d'autorisation et d'approbation de la Confédération comprend six phases qu'il faut impérativement respecter. Celles-ci prennent en considération les demandes des différentes parties prenantes. De nombreux acteurs participent aux discussions. À la fin, ce sont les autorités qui décident dans quel corridor une ligne sera construite et quelle technologie sera employée.

Les 6 étapes en questions :

**Préparation** Lors de la phase préliminaire, Swissgrid élabore différents corridors de lignes câblées souterraines et de lignes aériennes pour la zone dans laquelle la ligne doit passer, et ce pour chaque projet de réseau. Swissgrid et les cantons concernés par le projet concluent un accord de coordination, qui garantit que les préoccupations des cantons sont prises en compte dès le début de la planification. Les variantes élaborées et la demande d'intégration du projet au plan sectoriel de la Confédération constituent la base pour le début de la procédure d'autorisation.

**Plan sectoriel des lignes de transport d'électricité** Le PSE est l'instrument de planification et de coordination principal de la Confédération pour l'extension et la construction de nouvelles lignes de transport. La procédure à deux étapes distingue la zone de planification et le corridor d'une nouvelle ligne. Un groupe d'accompagnement mis en place par l'OFEN, composé de représentants de la Confédération, des cantons, des organisations de défense de l'environnement et de Swissgrid, discute des variantes proposées et émet une recommandation. La décision est conditionnée par le Modèle d'évaluation pour lignes de transport de la Confédération. Il tient compte des aspects techniques, de l'aménagement du territoire, de l'environnement et de la rentabilité. Les parties concernées peuvent prendre position dans le cadre d'une consultation publique. Le Conseil fédéral définit la zone de planification, le corridor et la technologie (ligne câblée souterraine ou aérienne) de la future ligne.

**Projet de construction** Lors de cette phase, Swissgrid élabore un projet de construction concret dans le respect du corridor de planification défini par la Confédération. Le tracé précis de la ligne, les délais et les coûts sont définis, ou des négociations concernant les droits de passage ont lieu. Swissgrid implique une commission consultative pour tenir compte des demandes de la population et d'autres parties prenantes dans la planification du projet. À la fin de cette troisième phase, Swissgrid dépose une demande d'approbation des plans pour le projet de réseau concerné auprès des autorités compétentes.

**Procédure d'approbation des plans** À la fin de l'étude de projet, Swissgrid dépose la demande de permis de construire auprès de l'Inspection fédérale des installations à courant fort (ESTI). Elle comporte le dossier d'approbation des plans et un rapport d'impact sur l'environnement. Le projet est ensuite mis à l'enquête publique. Les participants et les personnes concernées peuvent désormais faire opposition auprès de l'ESTI.

Si l'ESTI ne parvient pas à régler les différends, l'Office fédéral de l'énergie poursuit les négociations. A la fin de cette phase, les autorités accordent le permis de construire à Swissgrid ou édictent des exigences supplémentaires qui doivent être prises en compte dans la planification du projet.

**Procédures juridiques** Lorsque le permis de construire a été accordé pour le projet de réseau, cette décision peut faire l'objet d'un recours par les autorités, les associations ou les parties directement concernées. Le Tribunal administratif fédéral et le Tribunal fédéral décident alors si les décisions de l'administration fédérale sont légales et si le droit a été correctement appliqué dans le cadre de recours des parties concernées. Si les tribunaux donnent le feu vert, les travaux de construction peuvent commencer. Si le recours est accepté, le projet retourne à la phase d'approbation des plans (phase 4), ou il faut recommencer la procédure de plan sectoriel (phase 2). Ces longues procédures juridiques retardent considérablement les projets de réseau.

**Construction** Les travaux de construction peuvent commencer lorsque le permis de construire exécutoire a été accordé, les appels d'offres ont été réalisés, les offres comparées et les lots attribués. Les dernières servitudes sont négociées et les contrats correspondants sont conclus. Le projet de réseau prend fin lors de la mise en service de la nouvelle ligne, ou après le démantèlement de lignes existantes devenues inutiles.

Actuellement, il faut compter 15 ans entre le début du projet et la mise en service de la ligne en question. Cependant, des oppositions et des décisions juridiques prises à un stade tardif entraînent fréquemment un retard important des projets, qui peuvent prendre jusqu'à une trentaine d'année.

La modernisation de l'infrastructure de réseau est essentielle à la réussite de la stratégie énergétique de la Confédération. Or, le développement du réseau ne peut pas suivre le rythme de l'évolution des énergies renouvelables. De plus, nous sommes aujourd'hui déjà confrontés à des congestions structurelles dans le réseau de transport. Swissgrid doit demander régulièrement aux exploitants de centrales électriques de restreindre leur production. C'est la raison pour laquelle il est primordial d'accélérer le développement du réseau par des procédures d'autorisation et d'approbation efficaces. Swissgrid a défini tous les projets de réseau indispensables pour un réseau de transport suisse sûr et fiable dans son «Réseau stratégique 2025».

## 2.5 Overview of the network

**Main source of production** L'électricité consommée en Suisse en 2021 provenait à 80% des énergies renouvelables selon [la confédération](#) (production + importation)

Concernant la production uniquement : - central hydraulique (61,5%) 682 centrales hydrauliques - centrales nucléaire (28,9%) - La part des nouvelles énergies renouvelables (énergie solaire, éolienne, biomasse et petite hydraulique, 7.7%) - agents énergétiques fossiles (1.9%) - 29.7% production vs 70.3% importation

L'électricité produite en Suisse est issue à 61,5% de la force hydraulique, à 28,9% de l'énergie nucléaire, à 1,9% des énergies fossiles et à 7,7% environ de nouvelles énergies renouvelables (mix de production suisse 2021. Voir à ce propos: statistique de l'électricité sous le lien ci-après). Mais la Suisse ne consomme pas que de l'électricité d'origine indigène. Il existe un commerce actif avec l'étranger dans le cadre duquel l'électricité est importée et exportée physiquement, indépendamment du négoce des garanties d'origine entre les États. De ce fait, le mix de production suisse ne correspond pas à la composition moyenne de l'électricité livrée (mix des fournisseurs suisses).

Au niveau des mesures prises en charges pour les confédération : - diminuer de 43% la consommation d'énergie par habitants d'ici 2035 par rapport à 2000 - développer au maximum les énergies renouvelables -abandon progressive du nucléaire.

### **trend and seasonality**

En Suisse, la consommation d'énergie par habitant baisse, pour sa part, depuis des années: bien que la population ait augmenté de 28,7% entre 1990 et 2020, la consommation d'énergie a diminué de 5,9% au cours de la même période.

### **What thrives the consumption**

Different cons and prod around the country. Depend mainly on : density pop, size, activity, landscape.

Seasonality effect for both prod and cons.

## 2.6 My questions

Les risques, se qui régulent le marché, qui sont les principaux consommateurs et producteurs. L'exploitation du réseau de transport est planifiée à long terme. Plus d'un an à l'avance, les opérateurs établissent déjà un premier pronostic sur la situation de réseau attendue dans le centre de conduite du réseau d'Aarau à l'aide d'un modèle de réseau. La planification tient compte des révisions et des réparations des centrales électriques ou des lignes, par exemple. Ainsi, les mises hors service d'éléments du réseau ont des répercussions sur les capacités de transport. Faire un modèle de prévision.

La planification de l'exploitation du réseau est affinée en continu: la situation de réseau attendue est régulièrement recalculée, à savoir un an, un mois, une semaine, deux jours et un jour avant l'exploitation en temps réel.

Peut être intéressant de faire pareil.

## 3 Preliminary Data Anylsis

### 3.1 Overview of the data

First, we have data from Swissgrid regarding the energy network : - Date : A file per year since 2009 - Time : Timestamp of 15min or 1hour (only overall for 1h) - Total cons for end user only : are not included : grid losses, energy consumed for power plant's own requirements or to drive the pumps in pumped storage hydro power plant. - Total prod/cons for Switzerland : everything consumed/fed in the network - Secondary control : positive and negative energy within 15min - Tertiary control : positive and negative energy after the first 15min - Vertical load Swiss transmission grid : will not be used - Net outflow of the Swiss transmission grid : will not be used - Grid feed-in Swiss transmission grid : will not be used - Control energy prices : average price in CHF for the last 15min of control energy (rounded to 2 decimals) for second and tertiary control - Cross border exchange : energy exchanged with bordered country (Austria, Germany, France, Italy) - Import/export/transit : Transit is not included in the cross border exchange - Cantons : Details of prod/cons per cantons (starts after 2015) grouped in 19 cantons - Foreign territories : prod and cons for regions within the control zone of Switzerland but do not belong to its territory

We have a total of 65 variables with a total of 487872 observations.

Second, we got data from [gadm](#) providing maps and spatial data for many countries on 4 different levels. In our project, we will use the data for Switzerland on a Canton level.

### 3.2 Data limitations

As said, we only have data available for each cantons since 2015. Also, due to the density of each cantons, certain areas have been grouped together, meaning we do not have the detail for every cantons. (26 cantons grouped into 19 zones)

### 3.3 Data cleaning and pre-processing

Due to the importance of the number of variables, we have decided to create sub-dataset for every type of Data : - Overall - Cantons - Borders - Foreign - Price

Every DataSet had been transformed into a tsibble, a new data structure that help and support with temporal data. One should look at [this paper](#) for further references. We used the timestamp of 15min to get a better understanding of the data and help us building stronger models and forecast.



Here is quick overlook of our dataset :

| Dataset          | No. observations |  | Name of the DS |
|------------------|------------------|--|----------------|
| Initial dataset  | 277'536          | Combined all SwissGris's files from 2015 | General_df     |
| Monthly data     | 277'536          | Monthly version of General_DF            | General_dfM    |
| Cantons'Data     | 4'995'648        | Combined Data for Cantons from 2015      | Canton_df_long |
| Swiss map's data | 123,156          | Contain data to map Switzerland          | gadmCHE1       |

A new tidy data structure to support exploration and modeling of temporal data

## 4 EDA

### 4.1 Quick Visualization

Now that we have better view of the network and where the data come from, let's dive int and see exactly what kind of data we will use. You can see below the first 10 rows of the `general_df` data containing all the general information at the country level :

| time                | end_users_cons | energy_prod | energy_cons | pos_second | neg_second | pos_tertiary | neg_tertiary |
|---------------------|----------------|-------------|-------------|------------|------------|--------------|--------------|
| 2015-01-01 00:15:00 | 1790683        | 1697772     | 1922526     | 37500      | 0          | 0            | 0            |
| 2015-01-01 00:30:00 | 1777126        | 1686388     | 1907138     | 22200      | 0          | 0            | 0            |
| 2015-01-01 00:45:00 | 1807976        | 1724777     | 1940146     | 36100      | 0          | 0            | 0            |
| 2015-01-01 01:00:00 | 1784944        | 1690007     | 1918599     | 16400      | 0          | 0            | 0            |
| 2015-01-01 01:15:00 | 1813997        | 1681642     | 1954830     | 52700      | 0          | 0            | 0            |

In the following exploration data analysis, we will only take the `energy_cons` and `energy_prod` as total of consumption and production. A important component when working with times series is the missing value. Indeed, many packages used in R can not deal NA. It is also the case for the `tsibble` package which we will use throughout this paper. For further information on this new tidy data structure, one can refer to this [article](#) on the subject.

After a quick check, we see that we have a total of missing value of :

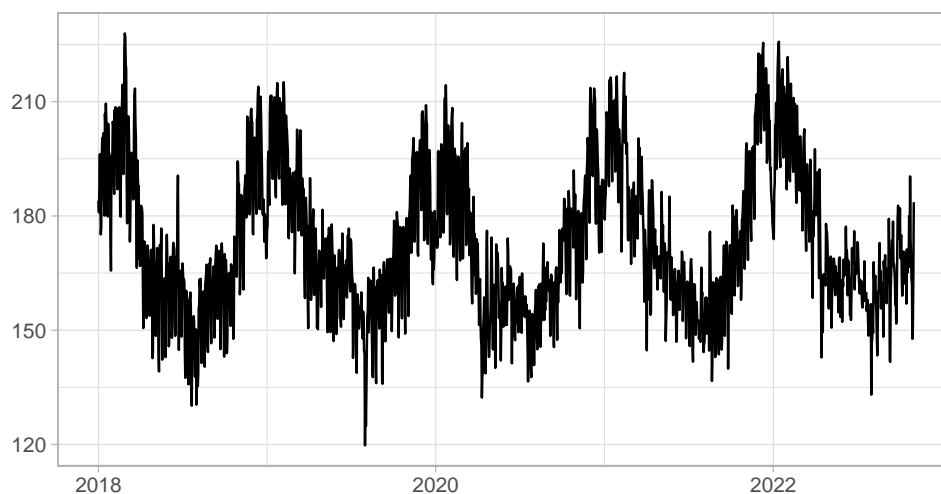
```
sum(is.na(general_df))  
#> [1] 0
```

We now know that no data is missing and that we have an observation for every 15 minutes from January 1, 2015 to the end of 2022. In the subsequent analysis, we will also transform our data into hourly (`hourly`), daily (`date`) and monthly (`month`) observations to obtain different insight.

We can now have a first look on the Daily Consumption :

## Total energy consumed in Switzerland

Amount in million of kWh

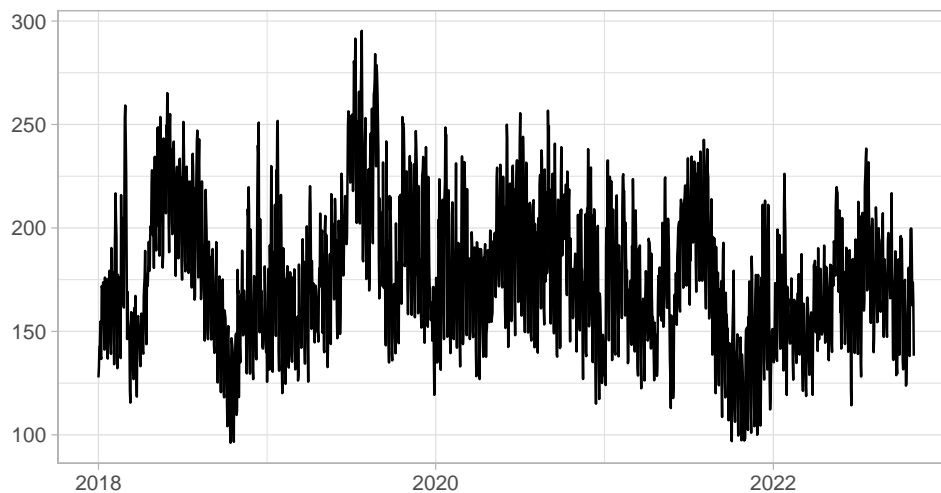


We can already see a strong yearly seasonality effect : for each year, we see peaks at the end/begging of the year (winter season) with big decrease during summer. We can also observe numerous variations over shorter periods, indicating possible seasonality on several levels. Giving the nature of the electricity, this results makes perfect sense : we can expect variation during day and night, weekday and weekend, winter and summer. We will have to work with different time period to understand each of these seasonal effects.

Let's now have a look on the Daily Production to see if we get similar results :

## Total energy produced in Switzerland

Amount in million of kWh



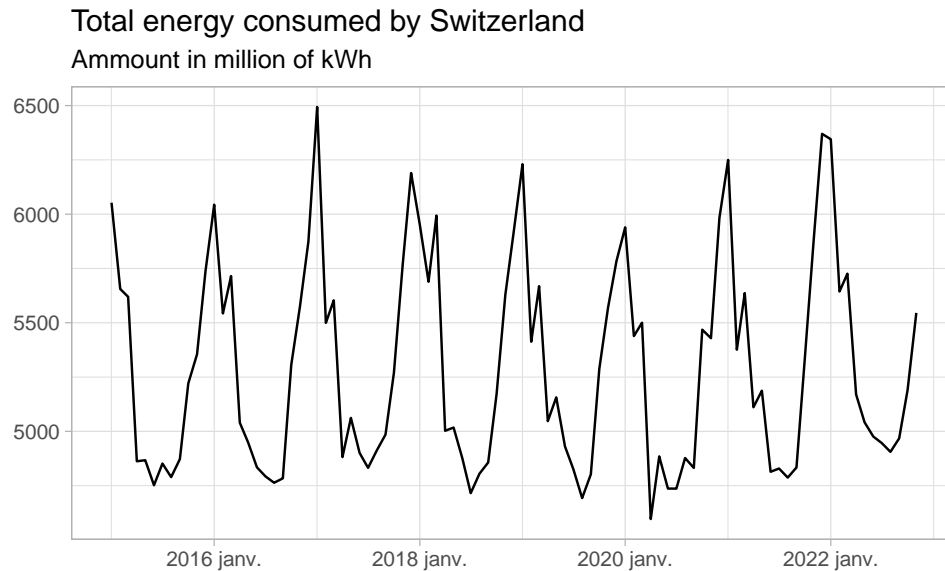
Exactly as for consumption, we can see a strong seasonality over time, also operating on different time period. One difference to note is the possible downward trend after mid-2019. They yearly seasonality seems also less constant over the year. Clearly, if we can affirm correlation between consumption and production, we already see they behave differently. We will try to understand and explain where the difference come from.

## 4.2 Different levels of seasonality

One of the conclusions we were able to draw based on the previous graphs was the presence of different seasonality in the data. To understand the patterns, we will “zoom in” to see what is happening on shorter time period. (starting with a long period and then gradually reducing it)

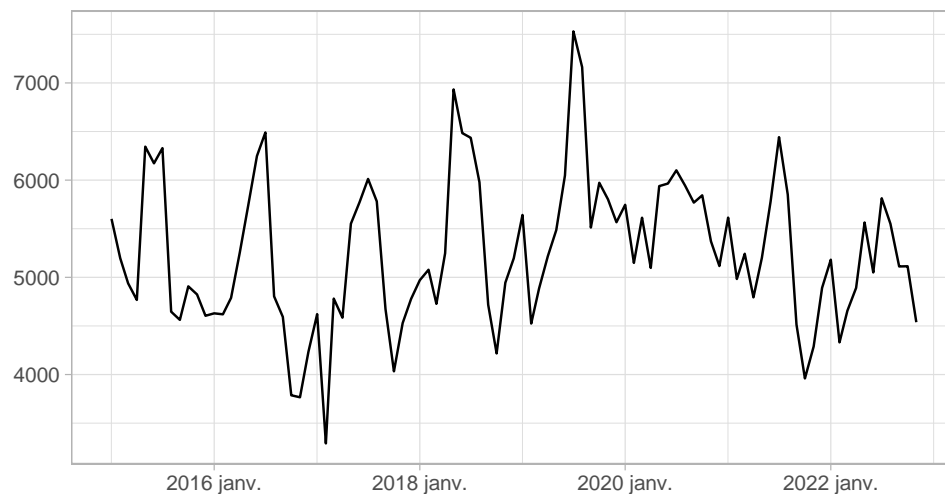
### 4.2.1 Seasonality of the month over the year

Our analysis starts with data grouped by month. Here is the graph monthly consumption :



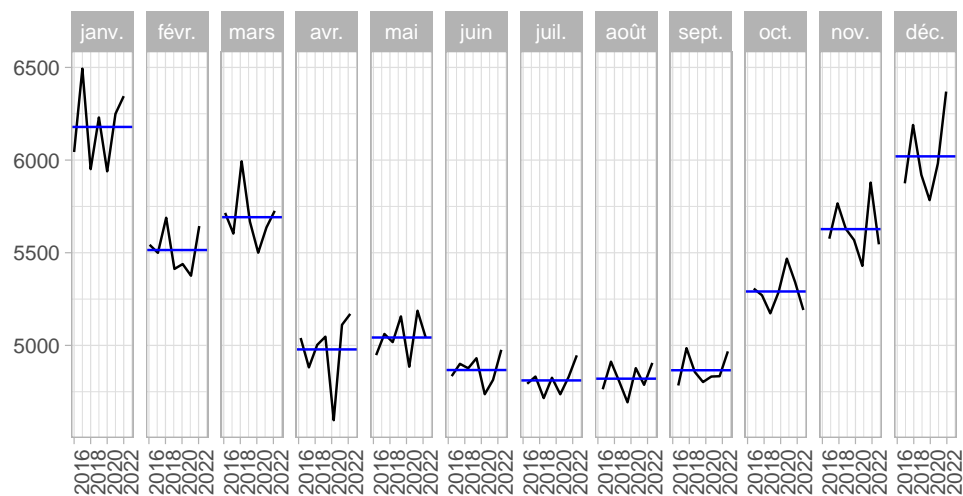
This clearly confirms what we have said previously : - The levels of consumption does not vary over time. - Significant difference between summer and winter, with a peak for consumption in December/January and the lowest in July/August. - The covid had almost no impact on consumption (2020 is slightly lower than other years, but we can not see any significant difference). -

**Total energy produced by Switzerland**  
 Ammount in million of kWh

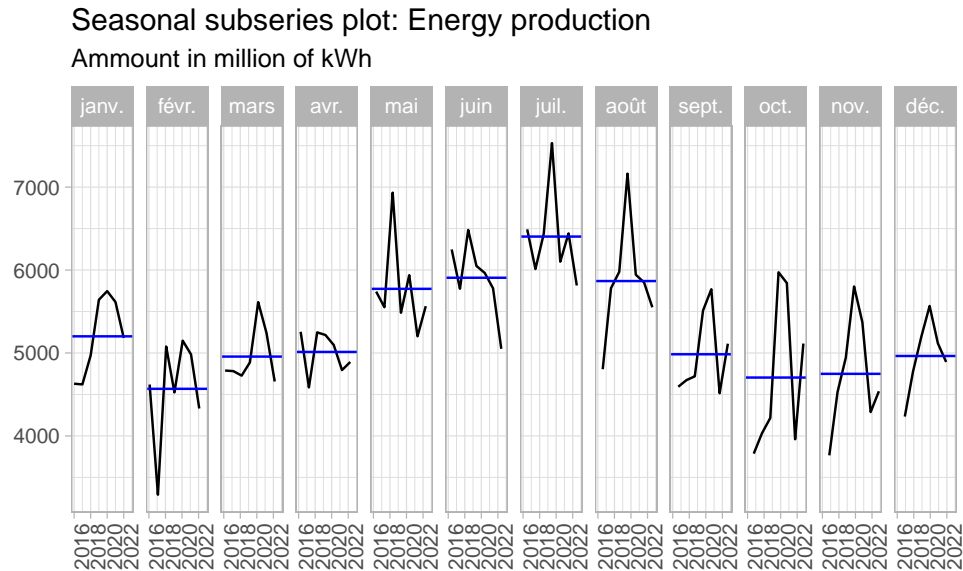


opposite of consumption, Strong seasonality, no trend, peaks in Summer, lowest in winter

**Seasonal subseries plot: Energy consumption**  
 Ammount in million of kWh



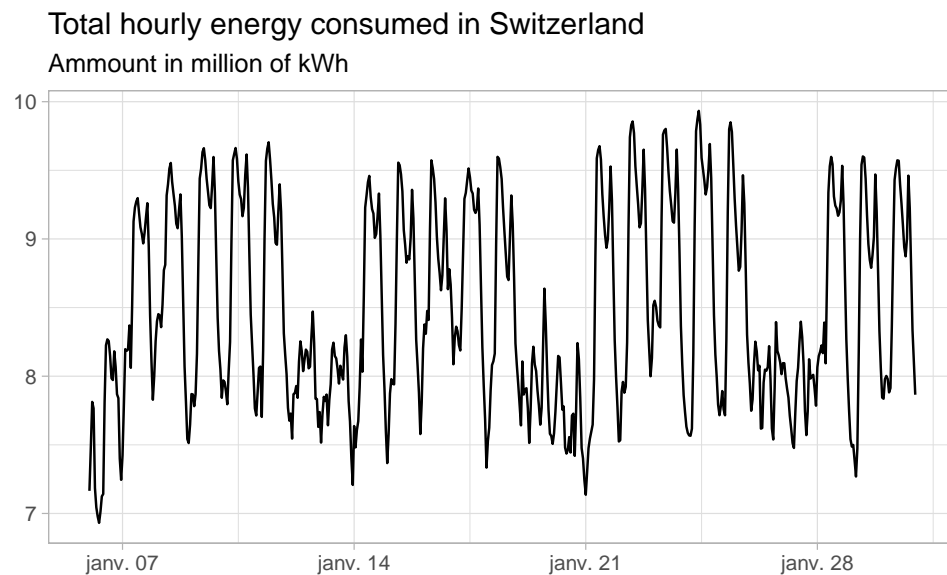
Better view that confirmed what we previous said for consumption



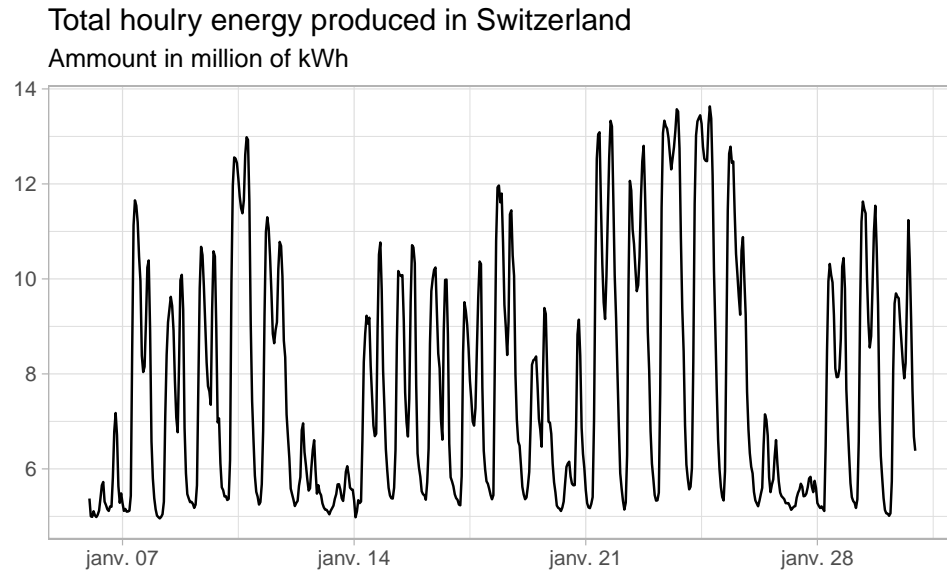
Better view that confirmed what we previous said for production

#### 4.2.2 Seasonality of the day over the week

Zoom in to see the weekly seasonality

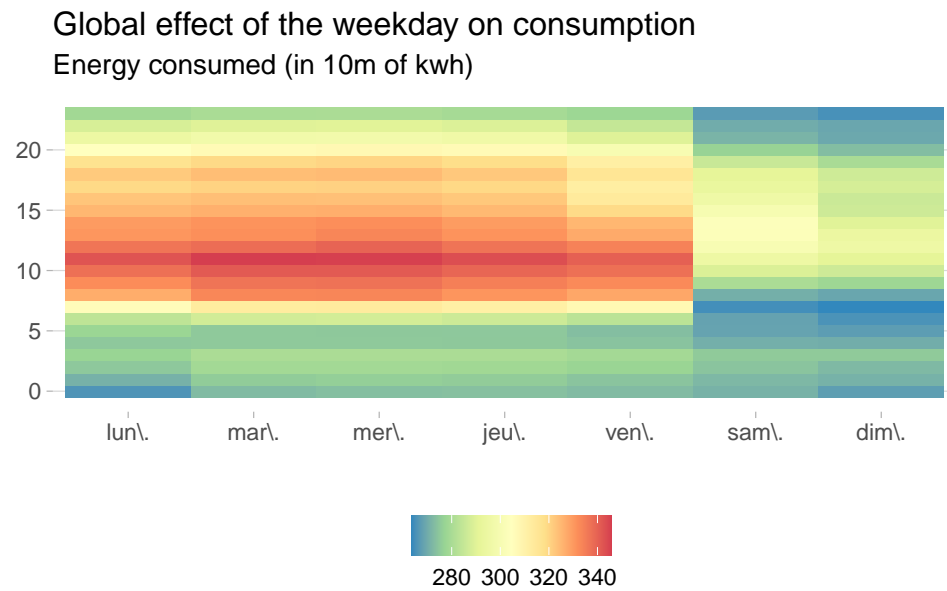


We can see here both weelky and daily seasonlaty : With peaks during days (morning and end of afternoon) and during week with higher volume on weekday (no significant difference among days themselves)



same conclusion as consumption

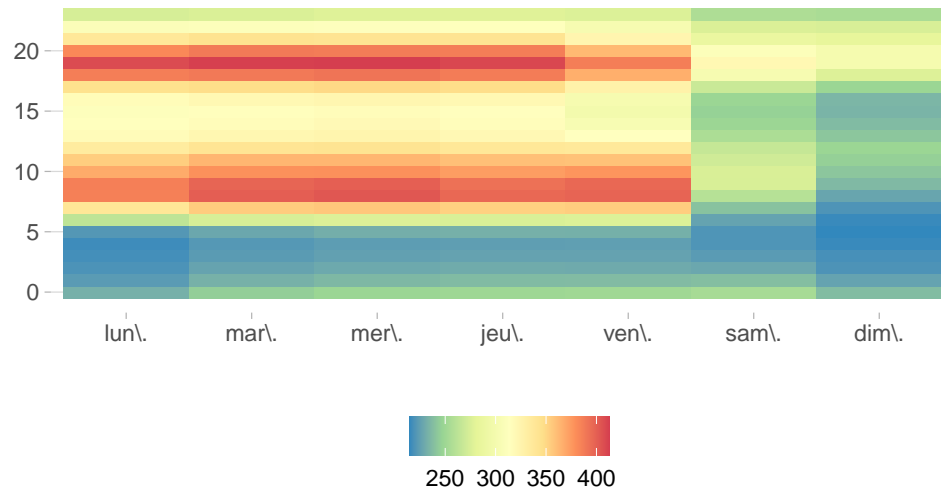
#### 4.2.3 Seasonality of the hour over the day



Trend is generalized through the whole period, peaks around noon

## Global effect of the weekday on production

Energy consumed (in 10m of kwh)



Trend is generalized through the whole period, peaks around 9am and 7pm, almost 0 prod btw 0 and 5 am  
 -> noise and poeple aint working

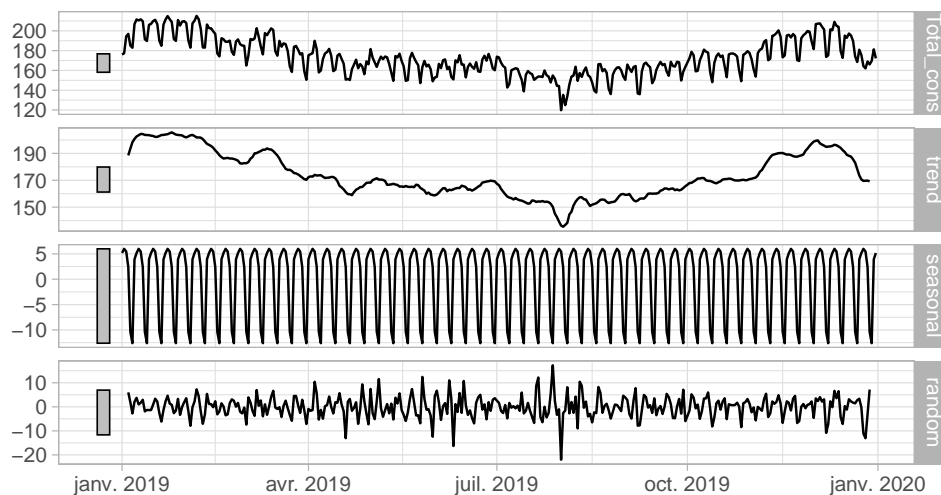
### 4.3 STL Decomp

We can now build the stl decomp with additive paramater due to no change over time in the seasonlity :

We reduce the scope to a year the have a better a view of the data, we have shown that seasonality was constant over the year. also show us the weekly seasonality

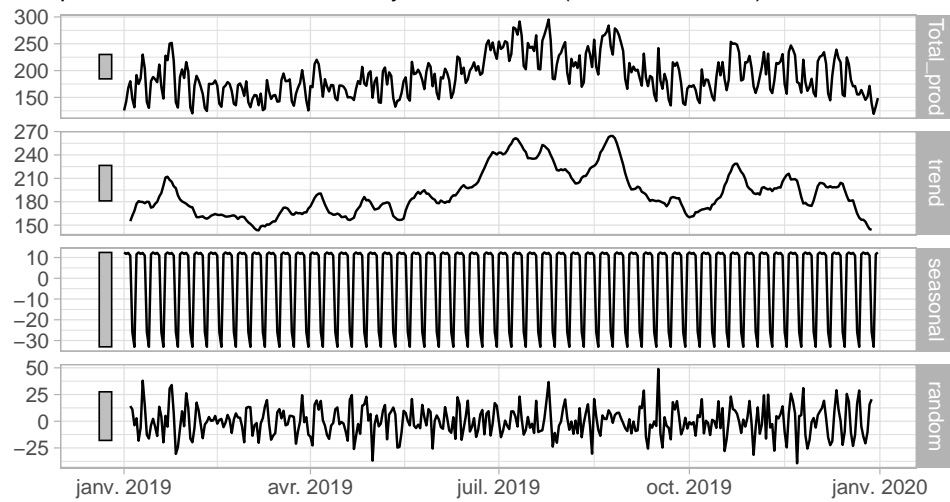
#### Additive STL decomposition

consumption = trend + season\_year + random (in million of kWh)



### Additive STL decomposition

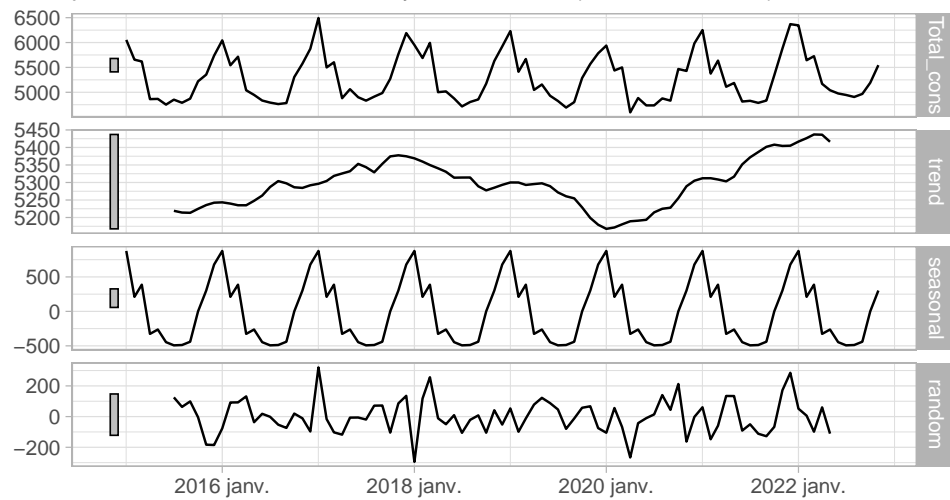
production = trend + season\_year + random (in million of kWh)



Same for production

### Additive STL decomposition

production = trend + season\_year + random (in million of kWh)

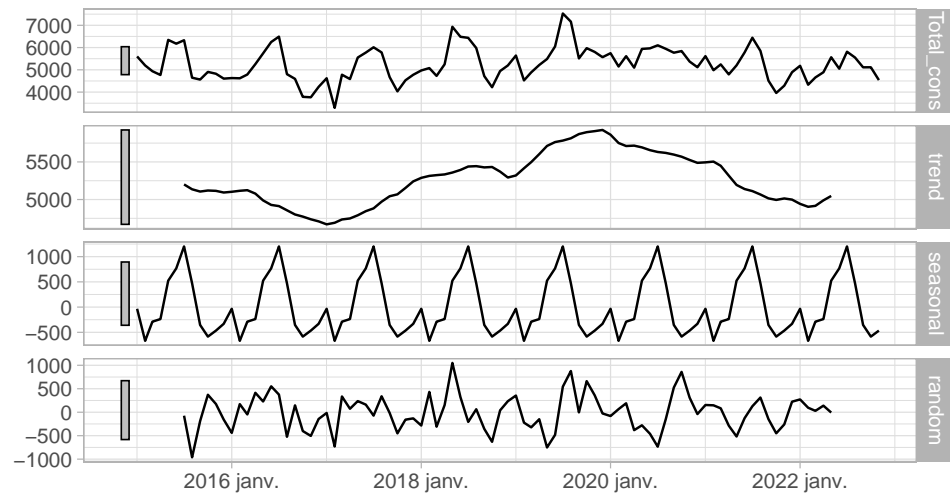


Monthly seasonality for cons



### Additive STL decomposition

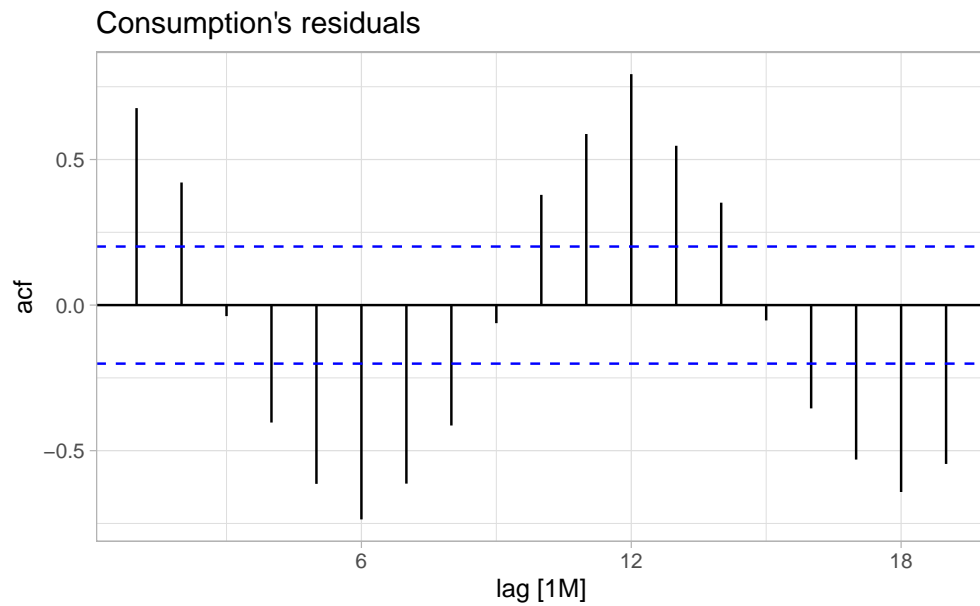
consumption = trend + season\_year + random (in million of kWh)



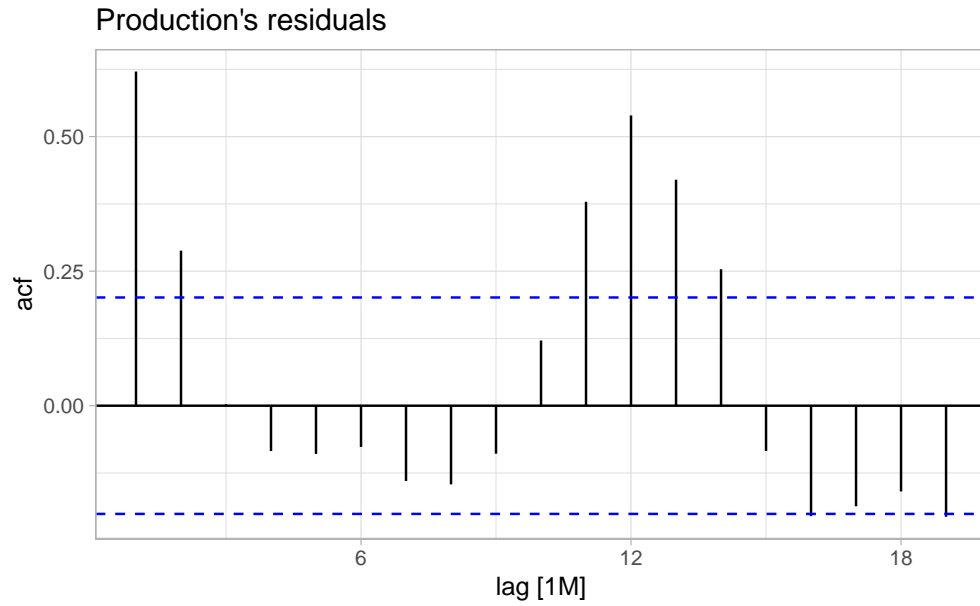
Monthly seasonality for prod

## 4.4 Residuals

Let's have a look at the residuals :



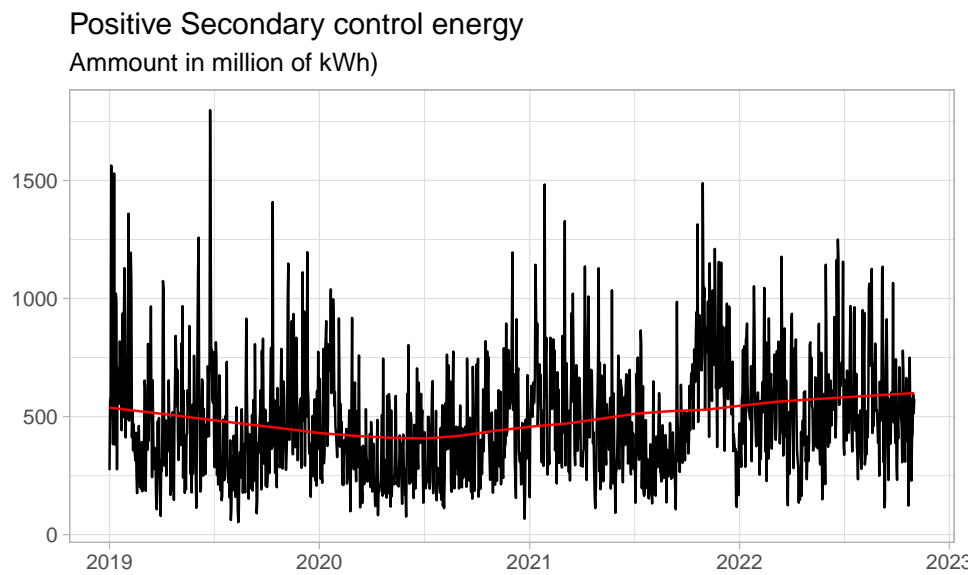
for cons



for prod

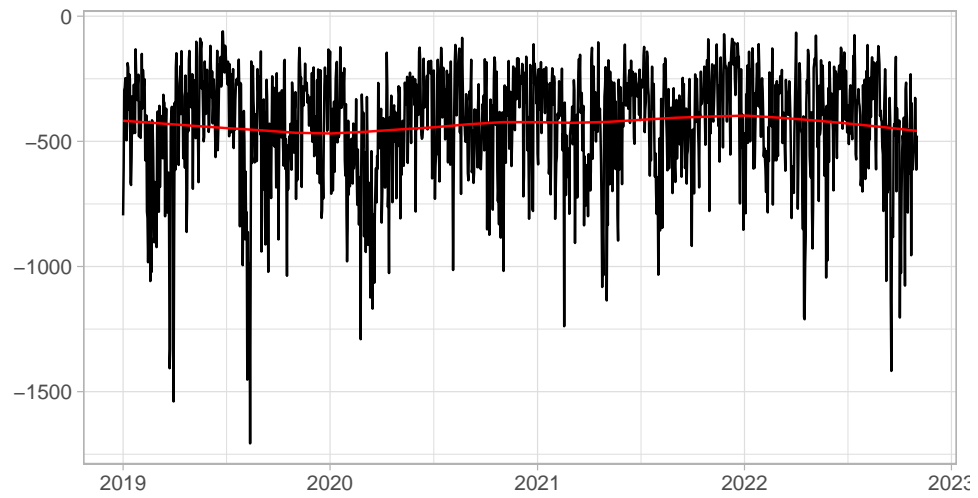
## 4.5 Second and Tertiary control

Positive and Negative Secondary control with trend



### Negative Secondary control energy

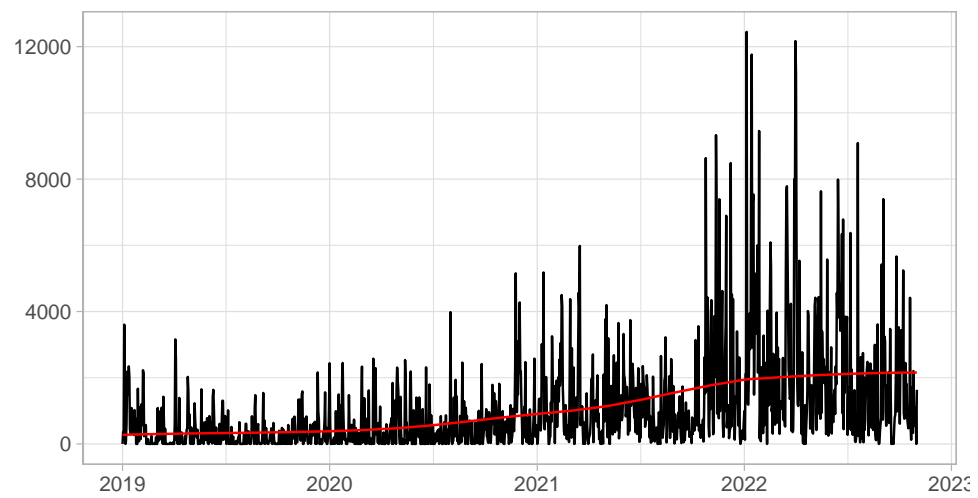
Amount in million of kWh)

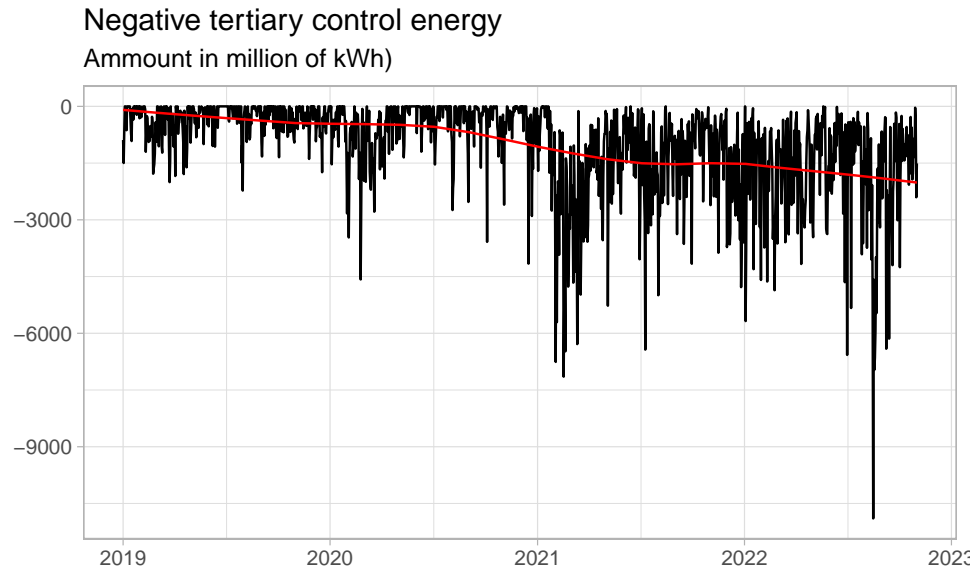


Positive and Negative Tertiary control with trend

### Positive tertiary control energy

Amount in million of kWh)





## 5 Different level of aggregation

### 5.1 Overall

### 5.2 Border

### 5.3 Foreign

### 5.4 Canton

Let's do the same for Cantons : -> Where is the electricity consumed and where does it come from ? -> what drives it ? density, mapping, policy, mapp of barrage/hydrolyique central, plant and so on

What data do we have :

All the different cantons where set as variable (horizontal), in order to perform the anaylsis we needed to transform our Data-set in a vertical shape.

Here is what the final version look like (we only show 1 variable for the Time)

| time                | hourly     | month | date       | Cantons  | production | consumption |
|---------------------|------------|-------|------------|----------|------------|-------------|
| 2015-01-01 00:15:00 | 2015-01-01 | janv  | 2015-01-01 | argovie  | 511742     | 151008      |
| 2015-01-01 00:15:00 | 2015-01-01 | janv  | 2015-01-01 | fribourg | 6657       | 82368       |
| 2015-01-01 00:15:00 | 2015-01-01 | janv  | 2015-01-01 | glaris   | 56449      | 12761       |
| 2015-01-01 00:15:00 | 2015-01-01 | janv  | 2015-01-01 | grisons  | 196507     | 89631       |
| 2015-01-01 00:15:00 | 2015-01-01 | janv  | 2015-01-01 | lucerne  | 4576       | 104484      |

With a total of missing value of :

```
sum(is.na(canton_df_long))
#> [1] 0
```

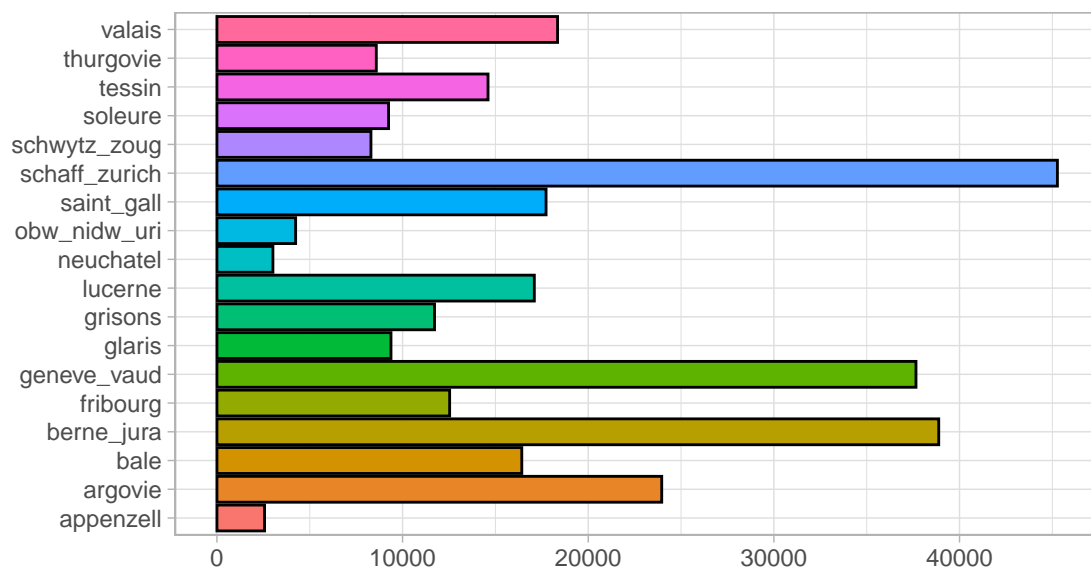
-> We have, for each 15-minute period, the consumption and production of each Cantons. As said in introduction, some Cantons have been grouped together. You can see the breakdown here:

```
#> [1] "argovie"      "fribourg"      "glaris"        "grisons"
#> [5] "lucerne"      "neuchatel"     "soleure"       "saint_gall"
#> [9] "tessin"       "thurgovie"     "valais"        "appenzell"
#> [13] "bale"         "berne_jura"    "schwytz_zoug"  "obw_nidw_uri"
#> [17] "geneve_vaud"  "schaff_zurich"
```

24 Cantons (do not differentiate half-canton) spread over 18 values. -> For further analysis, we will split the value to get the 24 cantons. Method and results will be presented in an other section.

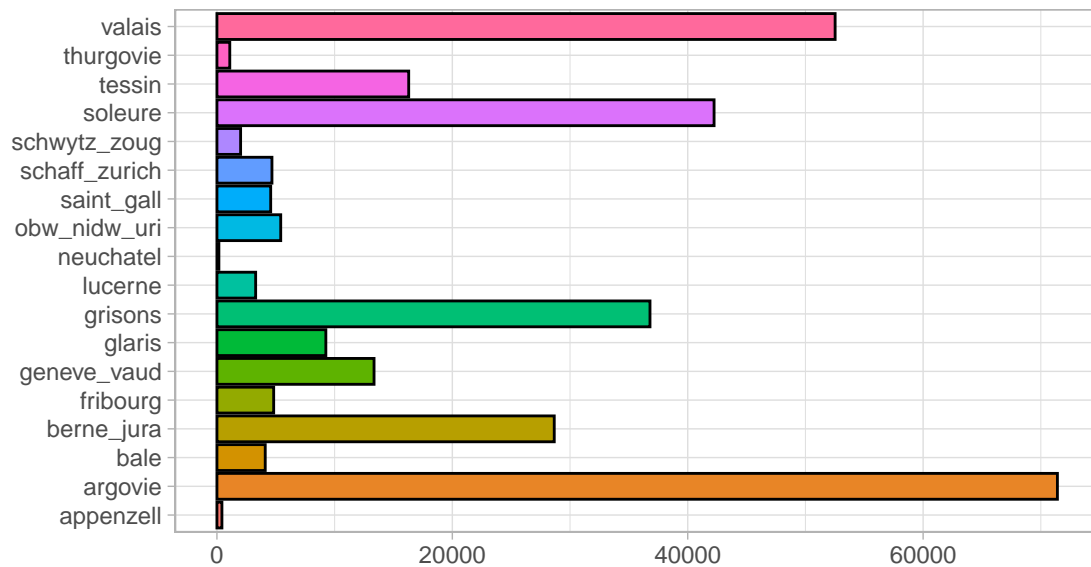
## Total consumption per canton since 2018

Ammount in million of kWh)



## Total production per canton since 2018

Amount in million of kWh)

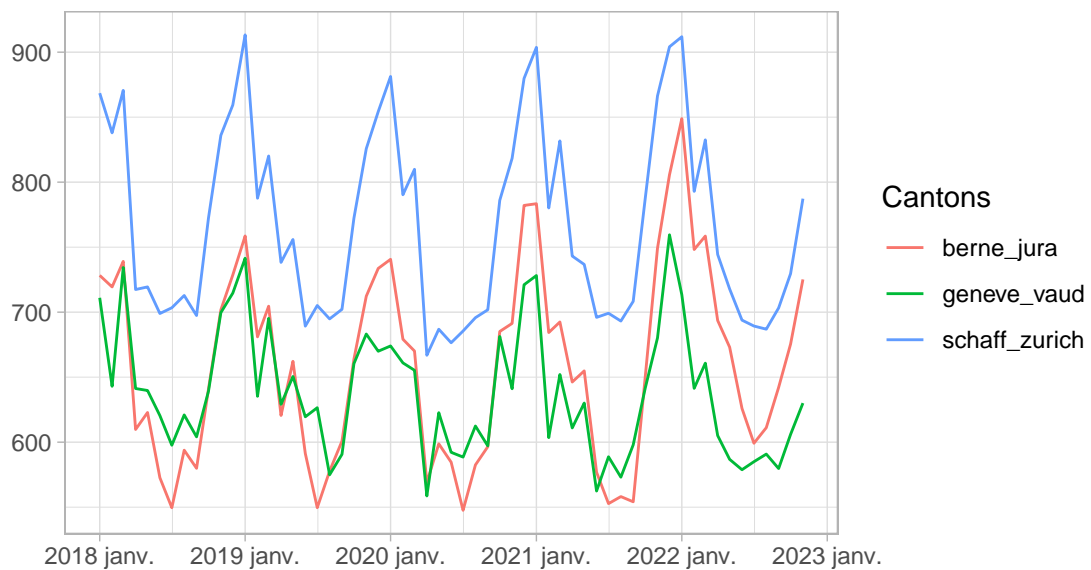


Many difference here : Higher standard deviation for production Consumption and Production seems independent -> not driven by the same variable

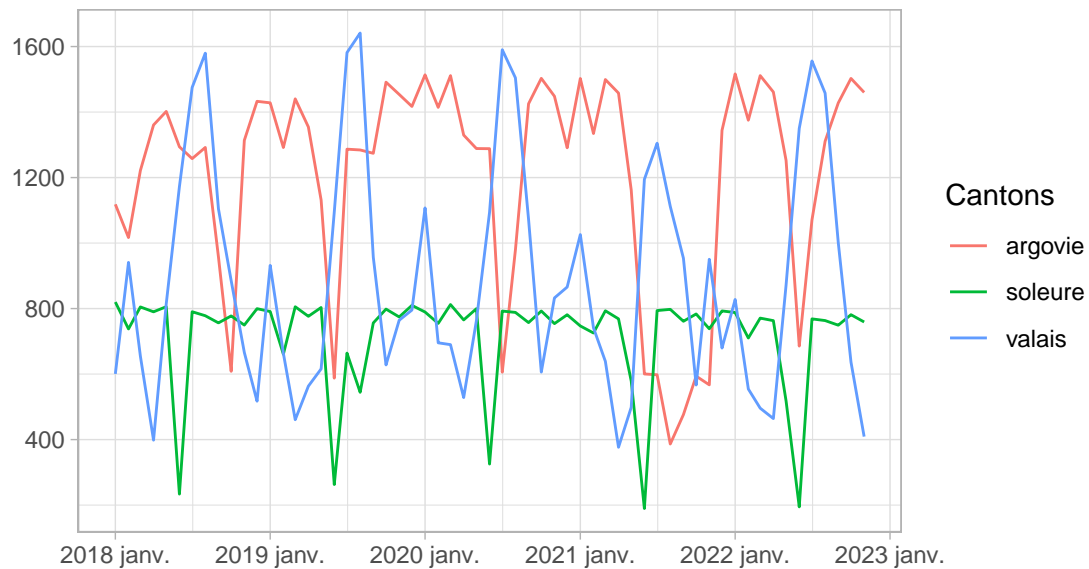
Let's see the monthly seasonality and trends over time for the top 3 of each category :

## Monthly consumption per canton since 2018

Amount in million of kWh)



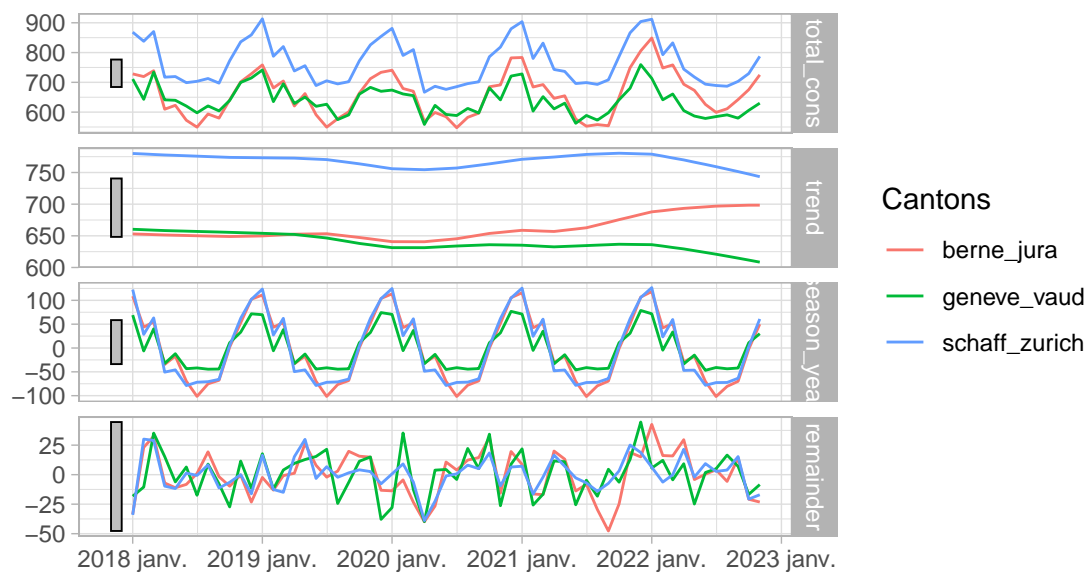
Monthly production per canton since 2018  
 Ammount in million of kWh)



STL decomp for top 3 prod and top 3 cons

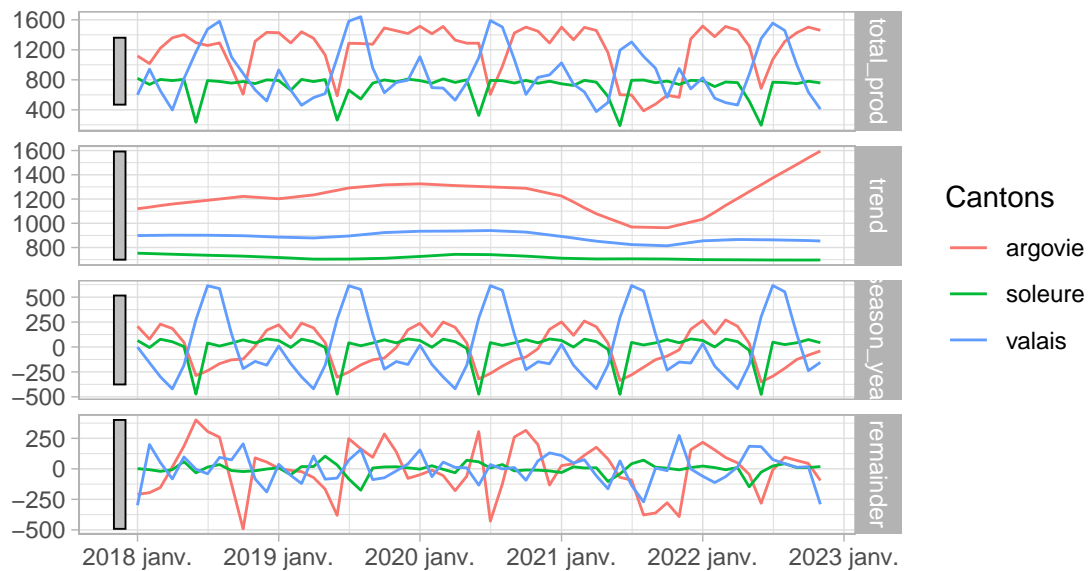
### STL decomposition

consumption = trend + season\_year + reminder (in million of kWh)



## STL decomposition

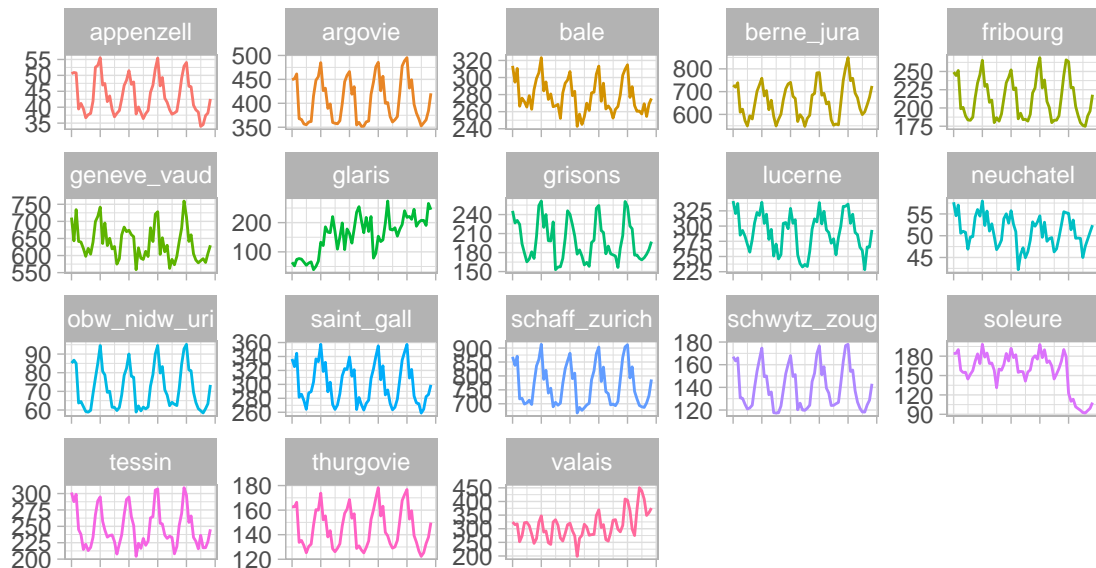
production = trend + season\_year + reminder (in million of kWh)



Facet wrap per Cantons with and without free scale :

## Monthly consumption per canton since 2018

Amount in million of kWh with free scale



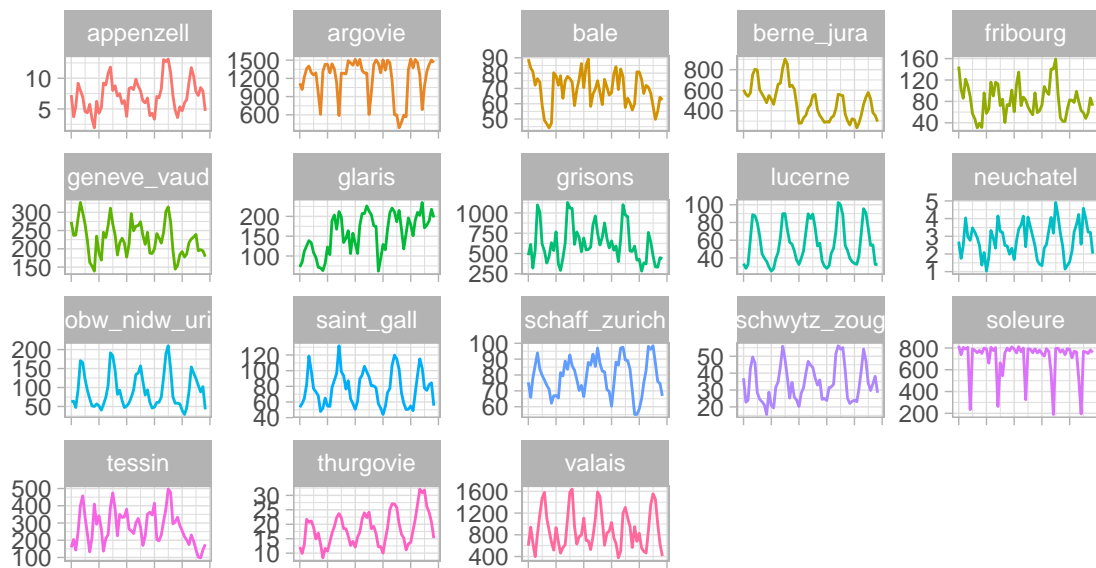


## Monthly consumption per canton since 2018



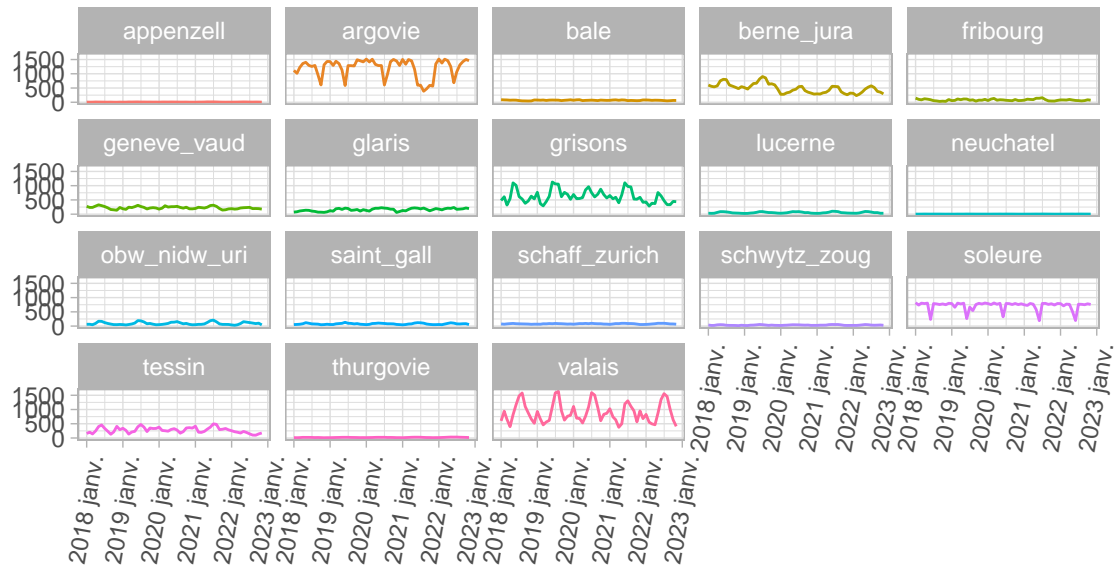
## Monthly production per canton since 2018

Amount in million of kWh with free scale



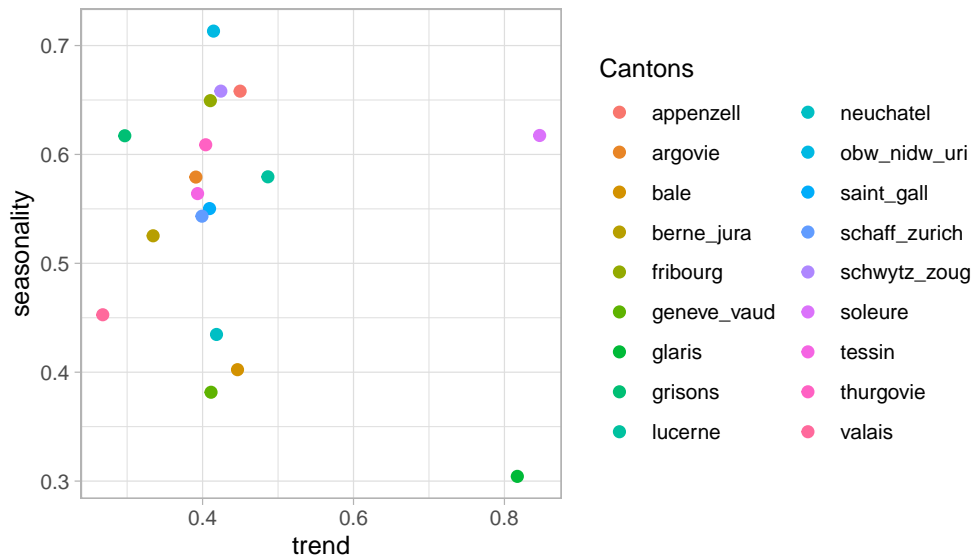
## Monthly production per canton since 2018

Amount in million of kWh

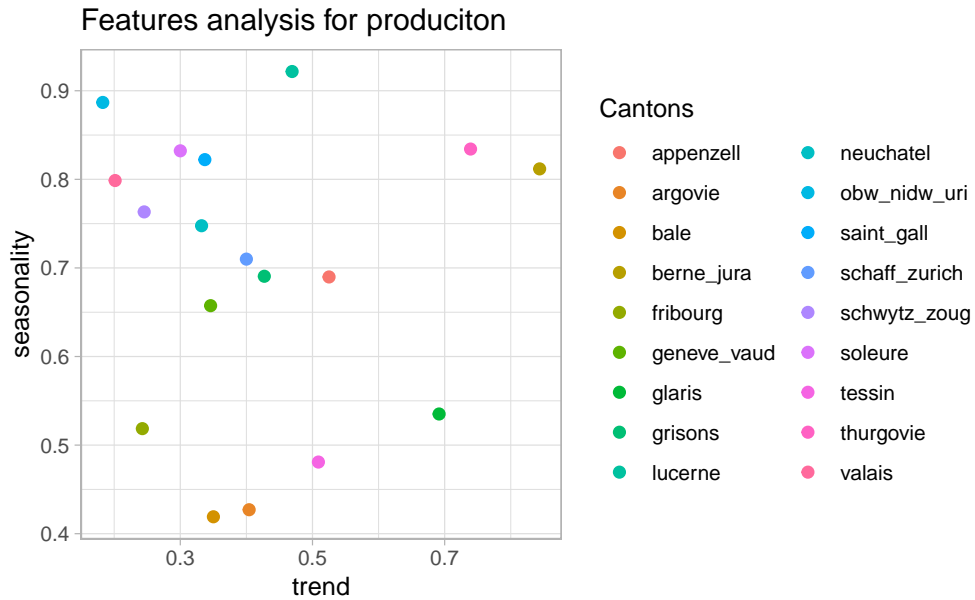


Features analysis to check the strength of the seasonality/trend

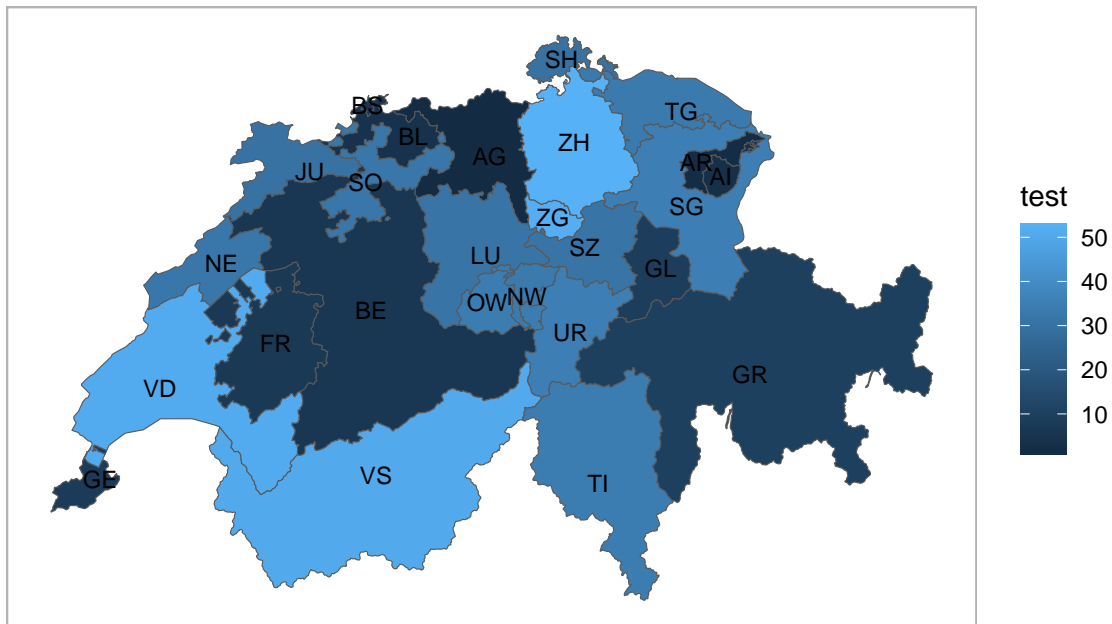
## Features analysis for consumption



test



## 5.5 Mapping



## 6 Conclusion and possible extension

- Would have been nice to assess the price evolution/prediction.

## 7 References and Appendix

- <https://arxiv.org/pdf/1901.10257.pdf>
- <https://www.swissgrid.ch/fr/home.html>
- <https://gadm.org/>
- <https://www.admin.ch/gov/fr/accueil/documentation/communiques.msg-id-90221.html>
- <https://www.eda.admin.ch/aboutswitzerland/fr/home/wirtschaft/energie/energie---fakten-und-zahlen.html>
- <https://www.rts.ch/info/economie/13304056-penurie-delectricite-cet-hiver-les-enjeux-en-cinq-questions.html>
- <https://www.economiesuisse.ch/fr/articles/energieticker-f>