



# La modélisation et la flexibilité du secteur énergétique

## Exercice pratique 2 (EP\_02)

Veuillez utiliser les citations suivantes au besoin:

- **Cet exercice pratique**

Cannone, Carla, Allington, Lucy, & Howells, Mark. (2021, March). Hands-on 2: Energy and Flexibility Modelling (Version 3.1.). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4605256>

- **Interface clicSAND**

Cannone, C., Allington, L., de Wet, N., Shivakumar, A., Goynes, P., Valderamma, C., & Howells, M. (mars 2021). ClimateCompatibleGrowth/clicSAND: v1.1 (Version v1.1). Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.4593100>

- **Groupe de discussion Google concernant OSeMOSYS**

Veuillez vous inscrire au groupe d'aide Google [ici](#). Lors de difficultés au cours de votre apprentissage, n'hésitez pas à y poser vos questions. Vous pouvez aussi répondre aux questions de ce groupe si vous avez les connaissances pour le faire. Dans les deux cas veuillez indiquer que vous utilisez l'interface 'clicSAND'.

- **Vidéo informative "pas-à-pas" sur Youtube**

Un enregistrement vidéo de cet exercice est disponible sur la chaîne Youtube de CCG au lien suivant : [EP\\_02](#).

---

## Résultats attendus des apprentissages

---

À la fin de cet exercice, vous devriez être en mesure de:

1. créer un nouveau modèle en utilisant l'interface clicSAND;
2. connaître les principales fonctionnalités de l'interface clicSAND;



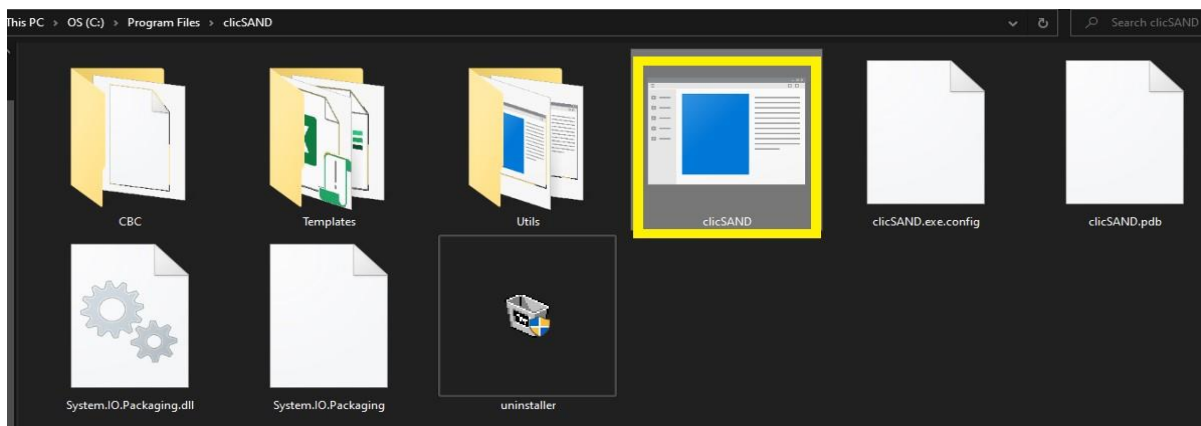
3. déterminer la durée des tranches de temps ('Time Slices');
4. déterminer les valeurs des divisions annuelles ('Year Split values');
5. identifier la méthode de dépréciation ('Depreciation Method') et déterminer les valeurs des taux d'actualisation ('Discount Rate values').

## Créer un nouveau modèle

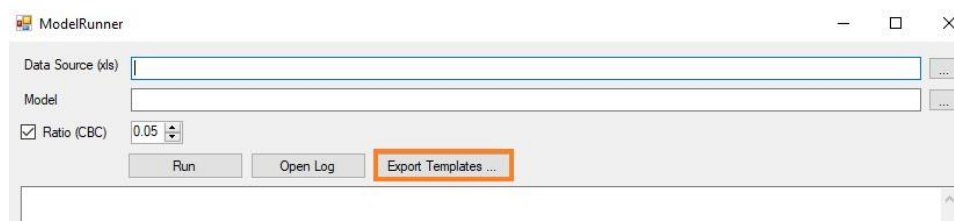
Après l'installation de l'interface et le téléchargement des fichiers liés à l'**EP\_02** (tel qu'effectué lors de l'**EP\_01**), vous êtes prêts à créer votre premier modèle dans OSeMOSYS en utilisant l'interface clicSAND. clicSAND est en fait un fichier Excel (dont les Macros sont activées) qui permet l'entrée des données nécessaires pour que OSeMOSYS puisse déterminer la solution optimale du problème généré à partir de ces données. Voyons comment vous pouvez sauvegarder et gérer vos fichiers.

### À votre tour:

1. débutez en créant un répertoire appelé "**EP\_02**" pour ce deuxième exercice pratique;
2. ouvrez le répertoire **clicSAND** -> double-cliquez sur **clicSAND**;



3. Cliquez sur "**Export Templates**" (surligné en orange) dans le répertoire **EP\_02** que vous avez créé.





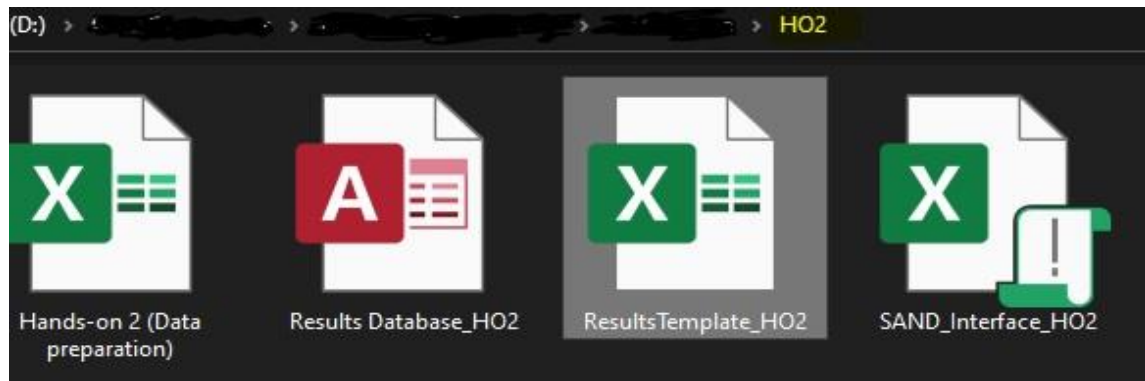
Ceci sauvegardera une copie vierge des documents suivants:

- l'interface clicSAND (classeur Excel avec macros actives);
- une base de données des résultats (base de données Access pour sauvegarder les résultats obtenus);
- un fichier gabarit des résultats (classeur Excel avec macros actives);
- le code OSeMOSYS (fichier texte « .txt »).

Renommez ces fichiers tel que propose ci-dessous:

- Interface\_clicSAND\_EP\_02;
- Résultats\_base\_de\_données\_EP\_02;
- Résultats\_gabarit\_EP\_02;
- le code sera identique pour tous les exercices; il n'est donc pas nécessaire de le renommer.

**Attention:** À chaque fois que vous modifiez votre modèle, assurez-vous de sauvegarder la nouvelle version en tant qu'un nouveau fichier dans un répertoire approprié. Par exemple, vous pouvez créer un nouveau fichier appelé SAND\_Interface\_EP\_02\_v2 qui pourrait faire partie d'un répertoire appelé EP\_02\_v2 (où « v2 » signifie « version 2 »).



***Vous devrez répéter les étapes précédentes pour chacun des exercices pratiques.***

***(Nouveau répertoire -> Résolution du modèle -> Exportation des gabarits dans le répertoire EP\_xx)***

***Important: Les fichiers ne doivent pas être sauvegardés ou synchronisés avec One Drive pour que clicSand puisse fonctionner.***

Vous connaissez maintenant la façon de gérer vos répertoires et vos fichiers en utilisant clicSAND!



# Principales fonctionnalités de l'interface clicSAND

La prochaine étape consiste à apprendre à utiliser l'interface clicSAND (qui est un fichier Excel) dont vous apprécierez la facilité d'utilisation.

Les feuilles de calcul **SETS**, **Parameters** et **ToDataFile** représentent le cœur de l'interface. Elles sont toutes interconnectées.

**À votre tour:** Voyons ce que vous pouvez faire dans chacune de ces feuilles de calcul:

1. **SETS:** C'est ici que l'on doit nommer les technologies (**Technologies**) (colonne B), les formes d'énergie (primaire ou non-primaire) et les demandes (**Commodities**) (colonne E) ainsi que les émissions (**Emissions**) (colonne H).

Ces trois colonnes sont liées à la feuille de calcul **ToDataFile** qui présente le format nécessaire pour que le solveur puisse déterminer la solution optimale. Lorsque vous spécifiez le nom d'une technologie, d'une forme d'énergie (primaire ou non-primaire), d'une demande ou d'une émission, celui-ci est automatiquement liée à une cellule appropriée de la feuille de calcul **ToDataFile**.

Il est possible de modifier les noms **autant de fois que souhaité** sans perdre les données entrées précédemment.

**Attention:** Les noms codés des **Technologies**, **Commodities** et **Emissions** de votre modèle doivent respecter la nomenclature présentée dans le **Cours 3**.

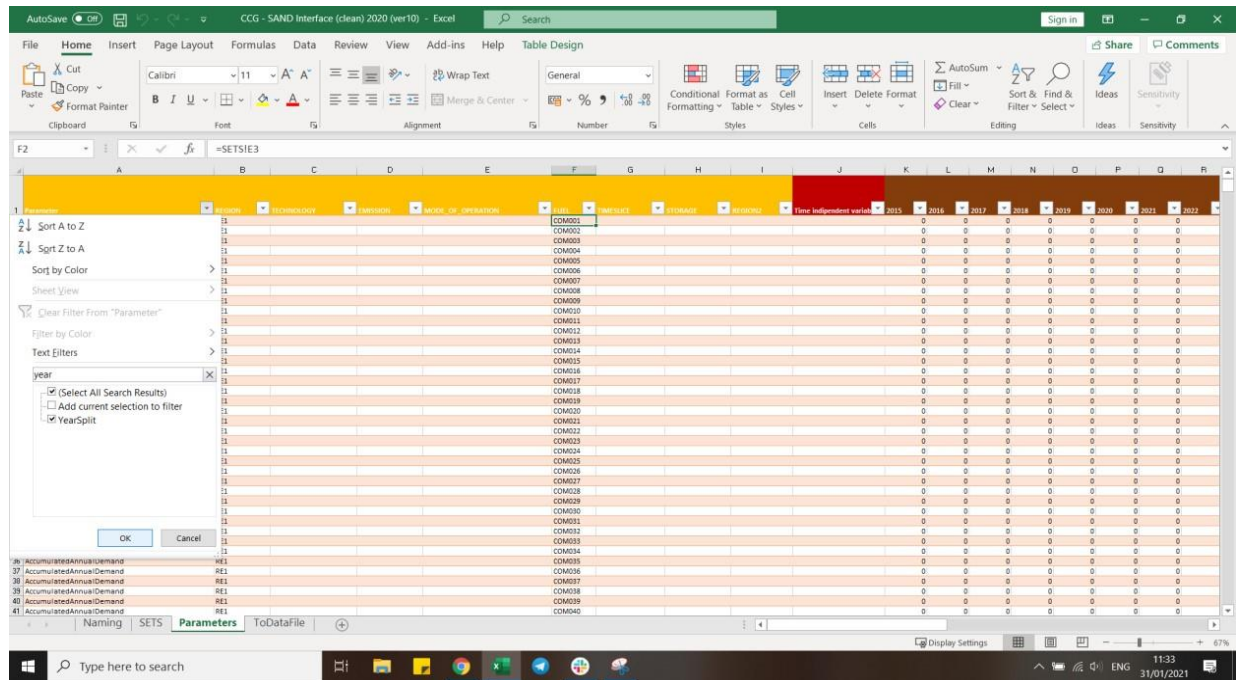
Technologies		Commodities		Emissions	
Code	Description	Code	Description	Code	Description
TEC000	Additional Technology	COM001	Additional Fuel	EMIC02	Emission factor for CO2
TEC001	Additional Technology	COM002	Additional Fuel	EMICH4	Emission factor for methane
TEC002	Additional Technology	COM003	Additional Fuel	EMIFGA	Emission factor for Fluorinated ga
TEC003	Additional Technology	COM004	Additional Fuel	EMIN2O	Emission factor for Nitrous Oxide
TEC004	Additional Technology	COM005	Additional Fuel	EMIREN	Emission factor for RET targets
TEC005	Additional Technology	COM006	Additional Fuel	<b>Region</b>	
TEC006	Additional Technology	COM007	Additional Fuel	RE1	Region 1
TEC007	Additional Technology	COM008	Additional Fuel	<b>ResultsPath "C:\_res\csv" (change it before runn</b>	
TEC008	Additional Technology	COM009	Additional Fuel	="C:\Users\Carla\Desktop\Runs\2020\UN\CLEW50\28\res	
TEC009	Additional Technology	COM010	Additional Fuel		
TEC010	Additional Technology	COM011	Additional Fuel		



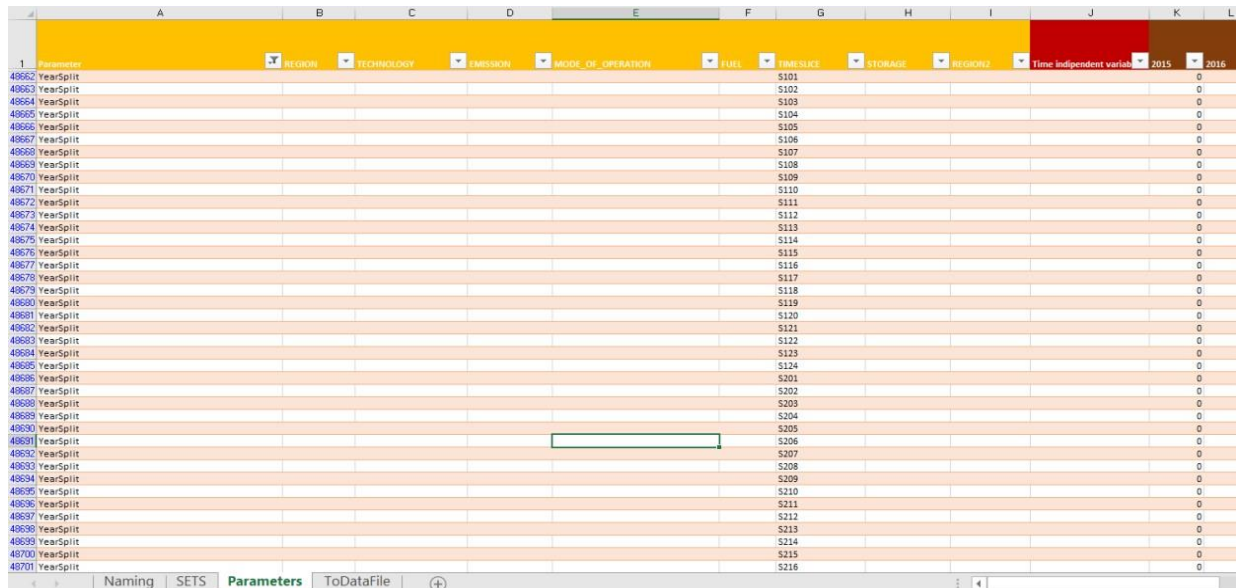
**2. Parameters:** Il s'agit d'une gigantesque feuille de calcul dans laquelle vous ajouterez des données pour chacun des paramètres de OSeMOSYS. Pour vous faciliter la tâche, des filtres situés en tête de chaque colonne peuvent être utilisés pour les paramètres (**Parameters; colonne A**), les technologies (**Technology; colonne C**), les formes d'énergie (primaire ou non-primaire) et les demandes (**Fuels; colonne F**). Les données allant de 2015 à 2070 peuvent être insérées dans les colonnes allant de K à BN.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	Parameters	Region	Technology	Emission	Mode of Operation	Fuel	Time Slice	Storage	Region	Time independent variables	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM001					0	0	0	0	0	0	0
2	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM002					0	0	0	0	0	0	0
3	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM003					0	0	0	0	0	0	0
4	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM004					0	0	0	0	0	0	0
5	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM005					0	0	0	0	0	0	0
6	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM006					0	0	0	0	0	0	0
7	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM007					0	0	0	0	0	0	0
8	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM008					0	0	0	0	0	0	0
9	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM009					0	0	0	0	0	0	0
10	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM010					0	0	0	0	0	0	0
11	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM011					0	0	0	0	0	0	0
12	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM012					0	0	0	0	0	0	0
13	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM013					0	0	0	0	0	0	0
14	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM014					0	0	0	0	0	0	0
15	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM015					0	0	0	0	0	0	0
16	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM016					0	0	0	0	0	0	0
17	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM017					0	0	0	0	0	0	0
18	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM018					0	0	0	0	0	0	0
19	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM019					0	0	0	0	0	0	0
20	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM020					0	0	0	0	0	0	0
21	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM021					0	0	0	0	0	0	0
22	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM022					0	0	0	0	0	0	0
23	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM023					0	0	0	0	0	0	0
24	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM024					0	0	0	0	0	0	0
25	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM025					0	0	0	0	0	0	0
26	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM026					0	0	0	0	0	0	0
27	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM027					0	0	0	0	0	0	0
28	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM028					0	0	0	0	0	0	0
29	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM029					0	0	0	0	0	0	0
30	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM030					0	0	0	0	0	0	0
31	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM031					0	0	0	0	0	0	0
32	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM032					0	0	0	0	0	0	0
33	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM033					0	0	0	0	0	0	0
34	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM034					0	0	0	0	0	0	0
35	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM035					0	0	0	0	0	0	0
36	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM036					0	0	0	0	0	0	0
37	AccumulatedAnnualDemand	RE1				CCM037					0	0	0	0	0	0	0
38	AccumulatedAnnualDemand	RE1									0	0	0	0	0	0	0

**À votre tour:** Dans la **colonne A**, filtrez **Parameters** -> cochez **YearSplit** -> OK. Vous constaterez que seules les données associées au paramètre **YearSplit** seront présentées. Vous pouvez utiliser autant de filtres que vous le désirez. N'hésitez pas à utiliser divers filtres afin de vous familiariser avec cette fonctionnalité.



Voici ce que vous devriez voir lorsque vous utiliser le filtre **YearSplit** de la colonne **Parameters**.



Vous constatez que des valeurs par défaut sont ajoutées pour les colonnes allant de K à BN (dans ce cas la valeur 0). Nous ajouterons des données pour le paramètre **YearSplit** à la fin de cet exercice pratique.





- 3. ToDataFile:** Cette feuille de calcul présente les données dans le format approprié permettant au solveur de déterminer la solution optimale d'un modèle mathématique.

**Attention:** Vous ne devez jamais ajouter des données à la feuille de calcul **ToDataFile**. Les données doivent uniquement être ajoutées en utilisant les feuilles de calcul **Parameters** et **SETS**. L'interface est faite de telle sorte que toutes les entrées de données de ces deux feuilles sont automatiquement partagées à la feuille de calcul **ToDataFile**.

- 4. Naming:** C'est dans cette feuille de calcul que vous trouverez la description des paramètres utilisés par l'interface clicSAND. Nous n'utiliserons pas, dans ce cours, tous les paramètres pouvant faire partie d'un modèle donné.

## Définition de la durée des tranches de temps (TimeSlices)

---

Lors de la création d'un modèle via OSeMOSYS, il est nécessaire de proposer des valeurs à l'ensemble **Timeslices** qui représentent les diverses tranches de l'année pour lesquelles la demande est similaire. Dans le modèle étudié, l'année fut initialement divisée en 4 tranches de temps. Elles représentent deux périodes de six mois (pensons à deux saisons représentant la réalité de la région modélisée) dont chacune présente une demande similaire au cours de cette période. De plus, chacune de ces deux périodes sont subdivisées en périodes de jours et de nuits pour un total de quatre tranches de temps que nous appellerons **Jours d'été (SD pour « Summer Day »)**, **Nuits d'été (SN pour « Summer Night »)**, **Jours d'hiver (WD pour « Winter Day »)** et **Nuits d'hiver (WN pour « Winter Night »)**.

Cela étant dit, l'interface clicSAND offre la possibilité de définir jusqu'à 96 tranches de temps. Il est donc possible, si on le souhaite, de manipuler les données afin d'obtenir une représentation des 24 heures d'un jour de référence pour chacune des quatre tranches de temps présentées au paragraphe précédent. Nous obtenons ainsi 24 heures pour chacune de ces 4 journées de référence (SD, SN, WD et WN) pour un total de 96 tranches de temps. Ainsi, chaque année est divisée en 96 tranches de temps (plutôt que les 4 initialement proposées).

Nous faisons l'hypothèse, dans un tel scénario, que chacune des deux saisons sont d'égales durées, chacune ayant un partage horaire par saison pour la représentation des 24 heures d'une journée.

**4 Saisons/Année \* représentation d'une journée de 24h/saison = 96 Timeslices/Année**



Chaque tranche de temps représente une fraction identique de l'année (cette fraction est appelée **YearSplit**):

$$\text{YearSplit} = 1 \text{ Year} / 96 \text{ Timeslices} \approx 0.0104 (= 1/96)$$

Il faut donc ajouter **1/96** pour chacune des années de la colonne **YearSplit**.

**Attention!** Afin de vous aider dans la gestion des données, vous avez accès à un fichier Excel appelé [Data Preparation Spreadsheet](#) qui vous permettra de rapidement effectuer un copier-coller des données. Cliquez sur le lien (en bleu ci-dessus) et téléchargez le fichier [Data\\_Prep\\_HO2.xlsx](#) qui se trouve dans la section « **Files** ».

**IMPORTANT:** Malheureusement, il n'est pas recommandé de copier-coller toutes les données de ce fichier d'un seul coup et il est suggéré d'être très vigilant en privilégiant un copier-coller de chaque ligne de façon individuellement ou, si vous vous en assurez avec minutie, en copiant-collant des sections pour lesquelles lignes se suivent sans interruption (par exemple lors de même contexte tel que dans le cas des **YearSplit**). Cette note de prudence est fort importante puisque l'utilisation de filtres peut faire croire que les lignes sont l'une après l'autre (sans saut de ligne) bien que ce ne soit pas le cas. C'est une erreur commune d'ainsi copier-coller un ensemble de données dans des lignes inappropriées qui ferait en sorte que le modèle deviendrait incohérent et dont les résultats seraient trompeurs. Afin d'éviter cette difficulté, vérifiez les cellules en bleu dans le fichier [Data Preparation Spreadsheet](#); elles identifient les données qui doivent être modifiées lors des exercices qui vous seront proposés tout au long du cours.

## Ajout des données du **YearSplit**

Après avoir défini la durée de chacune des tranches de temps et avoir calculé le profit du **YearSplit**, il faut ajouter ces données en utilisant l'interface **clicSAND**.

**À votre tour:** Ajoutons les données du **YearSplit**.

1. Aller à la feuille de calcul **Parameters** et filtrez le **Year Split** (dans la colonne A).
2. Copier-coller formules de la colonne C du fichier [Data Preparation Spreadsheet](#) dans la colonne K de l'interface **clicSAND**; cette colonne correspond à l'année 2015.

**IMPORTANT:** Effectuez un clique-droit sur la cellule K48662 et **copiez les formules (troisième icône en partant de la gauche)**.





	A	F	G	J	K	L	M	N
1	Parameter	FUEL	TIMESLICE	Time independent variable	2015	2016	2017	2018
48662	YearSplit		S101		0.0104	0	0	0
48663	YearSplit		S102		0.0104	0	0	0
48664	YearSplit		S103		0.0104	0	0	0
48665	YearSplit		S104		0.0104	0	0	0
48666	YearSplit		S105		0.0104	0	0	0
48667	YearSplit		S106		0.0104	0	0	0
48668	YearSplit		S107		0.0104	0	0	0
48669	YearSplit		S108		0.0104	0	0	0
48670	YearSplit		S109		0.0104	0	0	0
48671	YearSplit		S110		0.0104	0	0	0
48672	YearSplit		S111		0.0104	0	0	0
48673	YearSplit		S112		0.0104	0	0	0
48674	YearSplit		S113		0.0104	0	0	0
48675	YearSplit		S114		0.0104	0	0	0
48676	YearSplit		S115		0.0104	0	0	0
48677	YearSplit		S116		0.0104	0	0	0
48678	YearSplit		S117		0.0104	0	0	0
48679	YearSplit		S118		0.0104	0	0	0
48680	YearSplit		S119		0.0104	0	0	0
48681	YearSplit		S120		0.0104	0	0	0
48682	YearSplit		S121		0.0104	0	0	0
48683	YearSplit		S122		0.0104	0	0	0
48684	YearSplit		S123		0.0104	0	0	0
48685	YearSplit		S124		0.0104	0	0	0
48686	YearSplit		S201		0.0104	0	0	0
48687	YearSplit		S202		0.0104	0	0	0
48688	YearSplit		S203		0.0104	0	0	0
48689	YearSplit		S204		0.0104	0	0	0
48690	YearSplit		S205		0.0104	0	0	0
48691	YearSplit		S206		0.0104	0	0	0
48692	YearSplit		S207		0.0104	0	0	0
48693	YearSplit		S208		0.0104	0	0	0
48694	YearSplit		S209		0.0104	0	0	0
48695	YearSplit		S210		0.0104	0	0	0
48696	YearSplit		S211		0.0104	0	0	0
48697	YearSplit		S212		0.0104	0	0	0
48698	YearSplit		S213		0.0104	0	0	0
48699	YearSplit		S214		0.0104	0	0	0
48700	YearSplit		S215		0.0104	0	0	0
48701	YearSplit		S216		0.0104	0	0	0

3. Allez à la cellule K48662; effectuez **ctrl+alt+down-arrow** afin de sélectionner les formules de la colonne K. Glisser-déposer ces formules pour les autres années en vous déplaçant vers la droite jusqu'à la colonne BK pour l'année 2070.

[illegible]

Vous devriez maintenant avoir complété l'ajout des valeurs du paramètre **YearSplit** pour les 96 tranches de temps possibles dans l'interface **clisAND** et ce pour toutes les années à l'étude (de 2015 à 2070).

[illegible]



# Identifier la méthode d'amortissement choisie et la valeur du taux d'actualisation

We will leave default values for Depreciation Method and Discount Rate. In the future, you are free to change them following these steps.

## À votre tour:

1. Aller à la feuille de calcul **Parameters** et filtrez les paramètres **DepreciationMethod** et **Discount Rate** → cliquez **OK**. Vous verrez la figure ci-dessous. Ne modifiez pas ces nombres; nous utiliserons ces valeurs par défaut.

	A	B	J	K	L	M	N	O	P
1	Parameter	REGION	Time independent variables	2015	2016	2017	2018	2019	2020
19962	DepreciationMethod	RE1	1						
19963	DiscountRate	RE1	0.1						

La méthode d'amortissement a une valeur de 1 et le taux d'actualisation de 0.1 (i.e. 10%). Ces données sont indépendantes du temps et donc valides pour toutes les années du modèle. Ce type de données (indépendantes du temps) sont toujours indiquées dans la colonne J (**Time independent variables**).

When a variable is time dependent instead, no values will be in Column J and there will be a value for each of the modelling years (Column K to Column BN).

Nom	Description
YearSplit (Tranches de temps)	Durée d'une tranche de temps du modèle, exprimée en fraction de l'année. La somme de toutes ces données doit être égale à 1.
DiscountRate (Taux d'actualisation)	Valeur spécifique à une région donnée pour le taux d'actualisation (exprimé en décimales; par exemple: 0.1 signifie un taux d'actualisation de 10%)
DepreciationMethod (Méthode d'amortissement)	Paramètre binaire qui définit le type d'amortissement utilisé. La valeur 1 est utilisée pour sélectionner la méthode d'amortissement à intérêts composés et la valeur 2 indique plutôt le choix de la méthode d'amortissement linéaire.