



La modélisation et la flexibilité du secteur énergétique

Exercice pratique 11 (EP_11)

Veuillez utiliser la citation suivante au besoin:

- **Cet exercice pratique**

Pooya Hoseinpoori, Alex Kell & Adam Hawkes. (2021, March). Hands-on 11: Energy and Flexibility Modelling (Version 3.1.). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4618320>

Résultats attendus des apprentissages

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

1. installer et d'utiliser FlexTool sur votre ordinateur;
2. identifier, si c'est le cas, les erreurs d'installation;
3. devenir familier avec l'outil FlexTool (dont ses divers fichiers);
4. exécuter un modèle sur votre ordinateur et de créer le fichier des résultats.

À propos de FlexTool

L'outil FlexTool de l'Agence internationale pour les énergies renouvelable (IRENA: International Renewable Energy Agency) a été développé conjointement par l'IRENA et le Centre de recherche technique de Finlande (VTT Technical Research Centre of Finland) et publié sous la Licence publique générale limitée (LGPL) GNU. Les utilisateurs sont libres de modifier et redistribuer FlexTool sous la LPGL. Les nouvelles versions seront publiées via irena.org. L'objectif principal de cet outil est de faciliter l'analyse de potentiels gains de flexibilité d'un système électrique et d'identifier la solution à coût minimal permettant de réaliser ces gains.



Note: Excel doit être installé sur votre ordinateur afin de pouvoir utiliser FlexTool.

Installation de FlexTool

Voici quelques étapes simples pour installer FlexTool sur votre ordinateur:

Téléchargement de FlexTool et extraction des fichiers

1. Téléchargez FlexTool en utilisant le lien irena.org.
2. FlexTool peut être exécuté à partir de l'endroit de votre choix sur votre ordinateur. Vous pouvez donc sauvegarder FlexTool à l'endroit que vous désirez. Vous pouvez par exemple installer FlexTool dans le répertoire **C:\FlexTool**. Créez un répertoire appelé **FlexTool** sur le disque **C** et effectuez l'extraction du fichier compressé « zip » dans ce répertoire (nous dirons qu'il s'agit du **répertoire racine**).

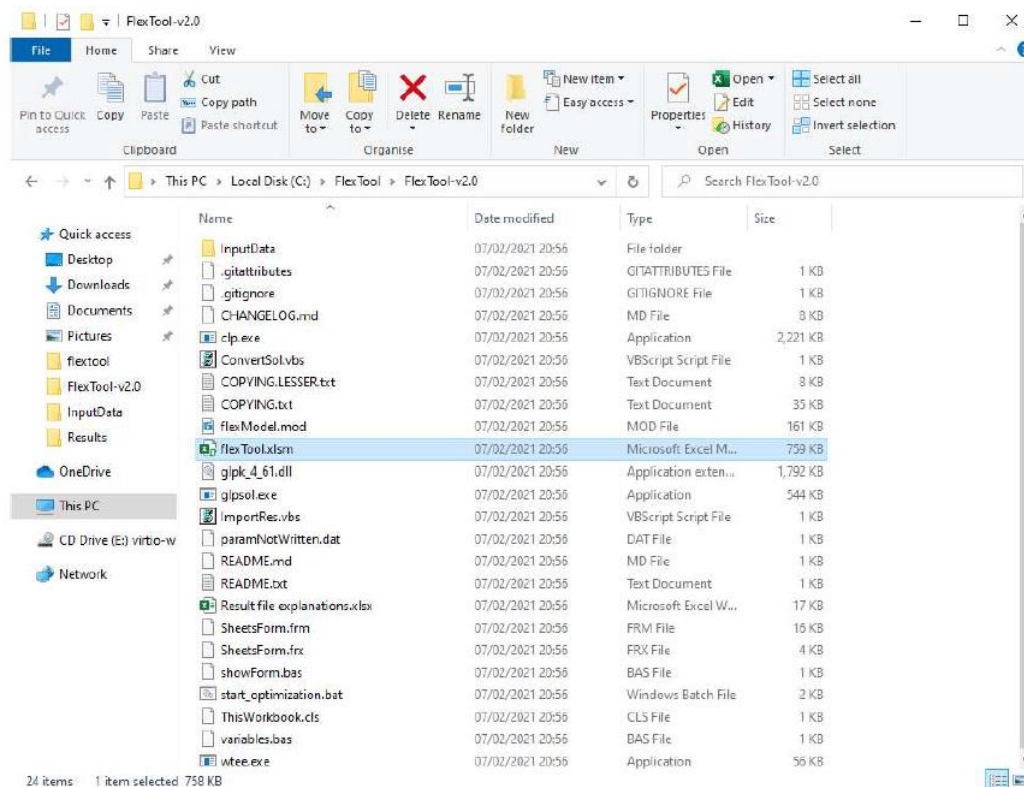


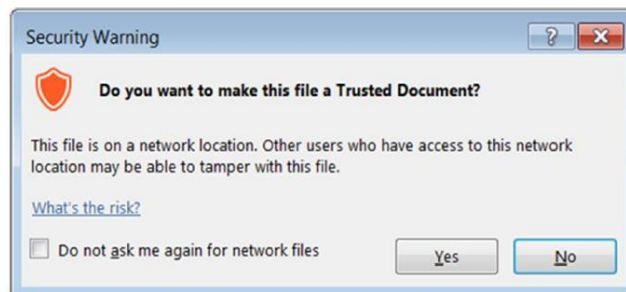
Figure 1: Le répertoire racine de FlexTool. L'interface principal **flexTool.xlsm** est surligné.
Le fichier de données se trouve dans le répertoire **InputData**.



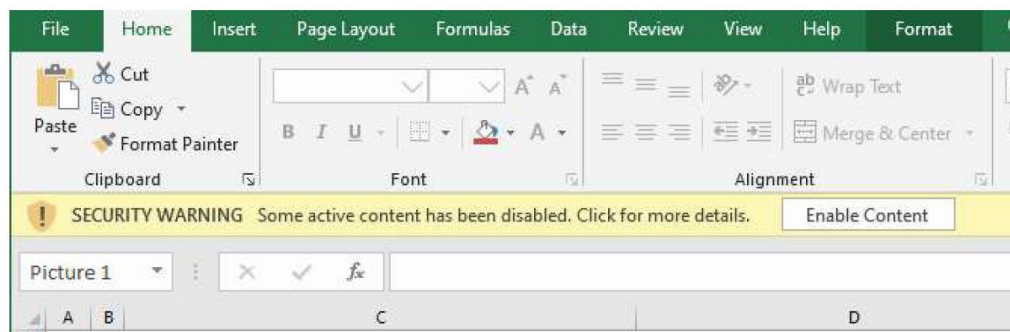
3. Le répertoire **FlexTool-v2.0** contient les fichiers exécutables, l'interface principal de FlexTool (il s'agit du fichier Excel **flexTool.xlsm** (surligné dans la Figure 1), ainsi que le répertoire **InputData** où se trouvent les fichiers de données Excel (Classeurs).

Activation des macros de la feuille de calcul principale

1. Dans le répertoire racine, ouvrez le fichier Excel **flexTool.xlsm**.
2. Vous devrez peut-être devoir confirmer que vous faites confiance à ce document. Si tel est le cas, cliquez sur « Oui ».

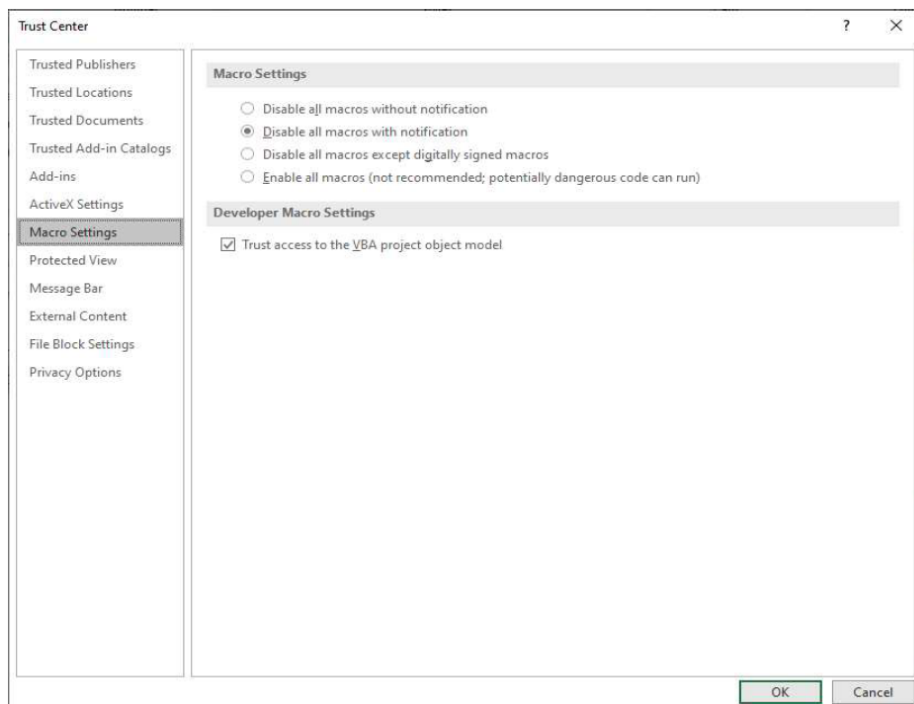
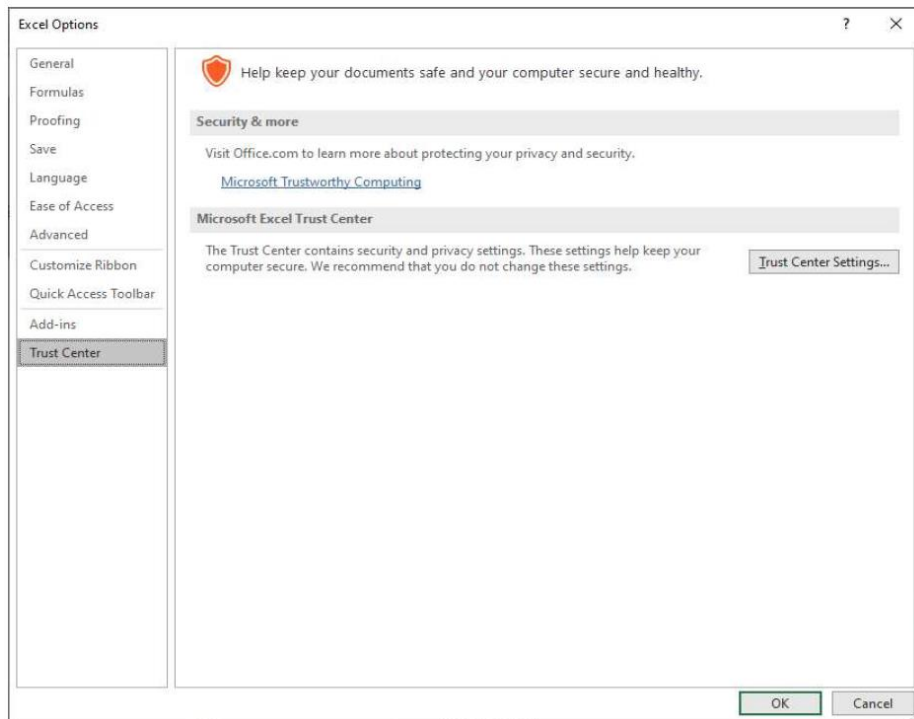


3. Après l'ouverture du fichier vous devez activer le contenu du classeur Excel.



4. Pour activer les « macros »:
 - a. dans le menu Excel, sélectionnez « Fichier » -> « Options »;
 - b. dans le panneau de gauche, sélectionnez « Centre de gestion de la confidentialité »;
 - c. cliquez sur « Paramètres du Centre de gestion de la confidentialité »;
 - d. une nouvelle fenêtre s'ouvrira; dans le panneau de gauche, sélectionnez « Paramètres des macros »;
 - e. activez « Accès approuvé au modèle d'objet du projet VBA »;
 - f. cliquez sur « OK » pour sauvegarder ces paramètres et fermez cette fenêtre.

Note: Ces étapes ne sont nécessaires que lors de la première exécution de FlexTool.





Dépannage

Si un problème survient lors de l'optimisation, vérifiez les erreurs qui apparaissent dans le fichier **Results/Input_data_file_name/Scenario_name/output_[D/I]_y.txt** (où **x** = numéro du scénario, **y** = numéro de la phase de l'optimisation, **D/I** = mode « dispatch » ou « investissement »).

Le tableau ci-dessous présente un sommaire des erreurs que vous pourriez rencontrer lors de l'installation ainsi que dans les résultats.

Erreurs	Raisons et solutions possibles
Fichier des résultats créé mais vide	Problème de mémoire du Solveur; CLP peut résoudre des modèles de taille supérieure à GLPSOL
Impossibilité d'accéder au modèle d'objet du projet VBA	Dans les « Paramètres des macros », sélection de « Accès approuvé au modèle d'objet du projet VBA »
flexmodel.mod:240: ts_inflow[NODE,0] à l'extérieur du domaine (ou similaire)	Validation des séries chronologiques (« Time Series »)
Programme anti-virus empêche l'utilisation de fichiers exécutables: clp.exe, glpsol.exe, wtee.exe	Créez une exception dans le programme anti-virus pour les fichiers exécutables

Les fichiers principaux

FlexTool inclut trois principaux classeurs Excel: (1) le fichier-maître **flexTool.xlsm**, (2) les fichiers d'entrée de données (**Input Data Files**) et (3) les fichiers de résultats.

1. Le fichier **flexTool.xlsm** constitue l'interface de FlexTool. On l'utilise pour (a) sélectionner le modèle et le scénario utilisés dans une simulation, (b) démarrer l'exécution du modèle et (c) définir les analyses de sensibilité dans la feuille de calcul « Sensitivity definitions ».



Run Scenarios

Import results

Import summary only

Write time series and Run Scenarios

Options for the modelling process:

- ☒ Leave results file open after importing results
- ☒ Import results after optimisation
- ☒ Create plots in the results file
- ☒ Use parallel calculation (no. of threads in the settings sheet)
- ☒ Run in the background

[Sensitivity definitions](#)

[Settings and filters](#)

Active input files:

template.xlsm
demoModel-1.xlsm
demoModel-2-2017.xlsm
demoModel-2-2030.xlsm
template-EVs.xlsm

Inactive input files:

demoModel-1.xlsm
demoModel-2-2017.xlsm
demoModel-2-2030.xlsm
template-EVs.xlsm

Active scenarios:

Base
Invest

Inactive scenarios:

demo1_invest_transCap
demo1_invest_genCap
demo1_invest_storage
demo1_invest_all
demo2_storage
demo2_PV
demo2_windGas
template_storageMW
template_storageFree
template_changeDemand
template_changeTransferCapacity

Instructions

General

- This file contains macros. Macros must be enabled for this sheet and for Excel in general. See 'Getting Started' for more info.
- Edit only blue and light blue cells

Run scenarios:

- Tool will run all the active scenarios in the right selection area (for all the active input files in the left selection)
- Swap scenarios or input files on or off using the green arrows
- Write new input file or scenario names to either column

Sensitivity definitions:

- Tool will create parameters for the scenarios in the right selection area using the changes defined in the 'Sensitivity definitions' sheet
- The scenario name has to be exactly the same in both sheets (case sensitive)
- If there are no data changes defined in the 'sensitivity definitions' for a particular scenario, then the scenario is run without changes (i.e. a base scenario)
- Data structure is the same as in the input files. All other data can be changed in the 'sensitivity definitions' except for time series.
- In the 'sensitivity definitions' sheet, the input data sheet names must be repeated at each row in the light grey column (B)
- New rows can be added as needed

Import results:

- 'Import results' will import active ('to be run') scenarios from active input files
- Results can be also imported automatically using the checkbox 'Import results after optimisation'
- Only cases with same grids and nodes can be correctly collected to the same result excel file
- Input files containing different energy systems can be optimised at the same time, but it is better not to import them to the same file

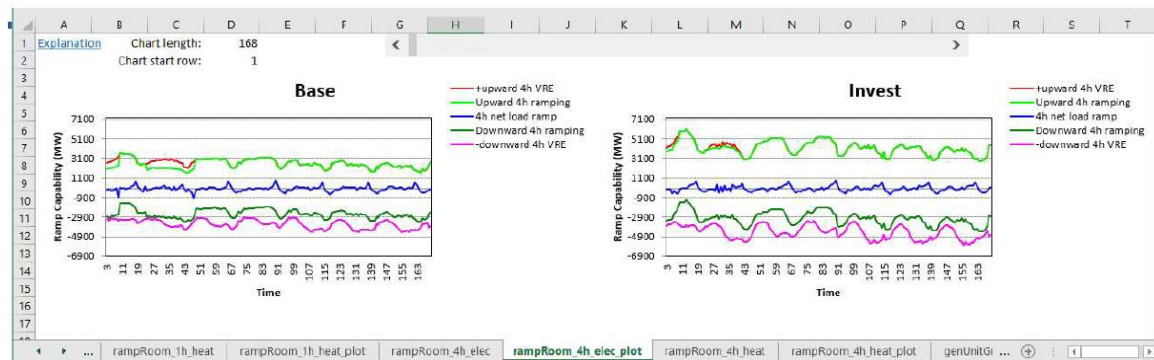
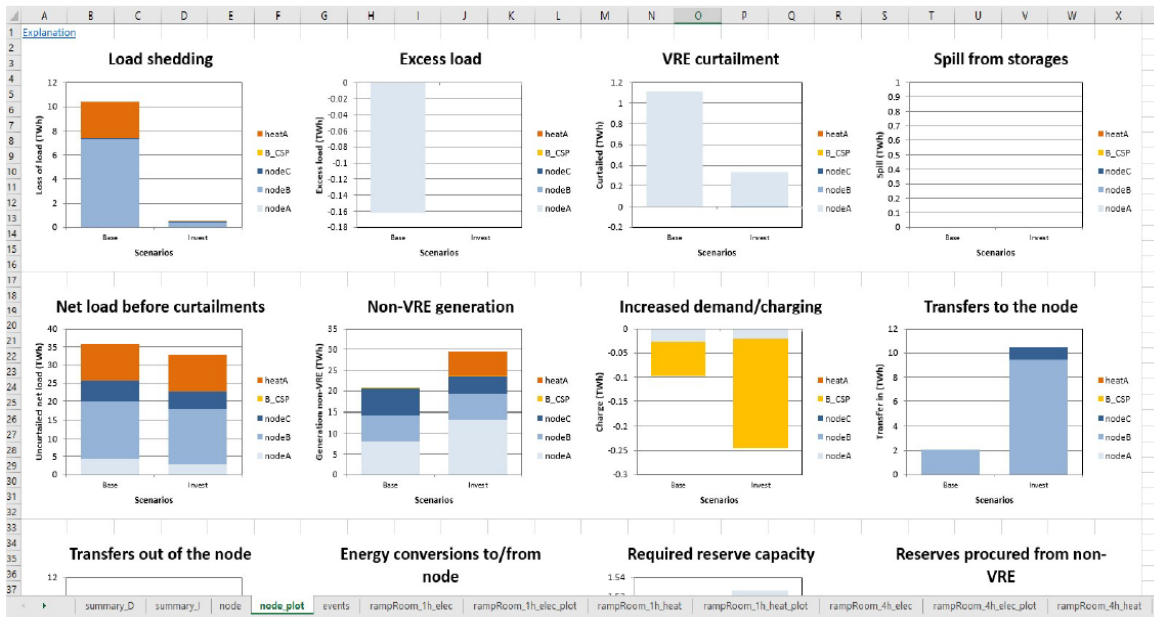
2. Dans FlexTool, le **fichier d'entrée des données (Input Data File)** définit la version du modèle. Le fichier **flexTool.xlsm** est le même pour tous les pays et toutes les régions, mais les données sont uniques et liées à un cas particulier. Ainsi, dans chacun des cas, la région ou le pays à l'étude nécessite son propre fichier de données (par exemple : Thailand 2019, Thailand 2030).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
													Add empty row				
													IRENA FlexTool				
	grid	node	nodeGroup	nodeGroup2	demand (MWh)	import (MWh)	capacity margin (MWh)	use ts_reserve	use dynamic reserve	print results	color in results						
1	elec	nodeA	mainland		7008000	350400	35	1	0	1							
2	elec	nodeB	mainland		2190000		10	1	0	1							
3	elec	nodeC	mainland		3504000		20	1	0	1							
4	elec	nodeD			438000		5	1	1	1							
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	

3. Les **fichiers des résultats (Results Output Files)** incluent divers résultats pour chacun des scénarios. L'utilisateur peut sélectionner les résultats d'un seul scénario ou comparer les résultats de plusieurs scénarios. Lorsque l'on exécute le modèle, un répertoire des résultats est créé dans le répertoire racine de FlexTool. Ce répertoire contient les fichiers Excel des résultats.



	A	B	C
1	Update sheets window	template	template
2		Base	Invest
3	Status	Optimal	Optimal
4	Optimal objective	1.06E+11	5203698667
5	Iterations	211	286
6	Solving time (s)	0.272	0.362
7			
8	Total cost obj. function (M CUR)	106431	5203.7
9	Total cost calculated (M CUR)	107108.2721	6247.177294
10	...Operational cost of units (M CUR)	1357.965577	1348.286882
11	...Investment cost of units (M CUR)	0	183.1187884
12	...Investment cost for transfers (M CUR)	0	8.86285496
13	...Penalty costs (M CUR)	105750.3066	4706.908769
14	...Curtailment payments (M CUR)	55.37235204	16.66851774
15			
16	Time in use in years	0.022146119	0.022146119
17	Full time series in years	1	1





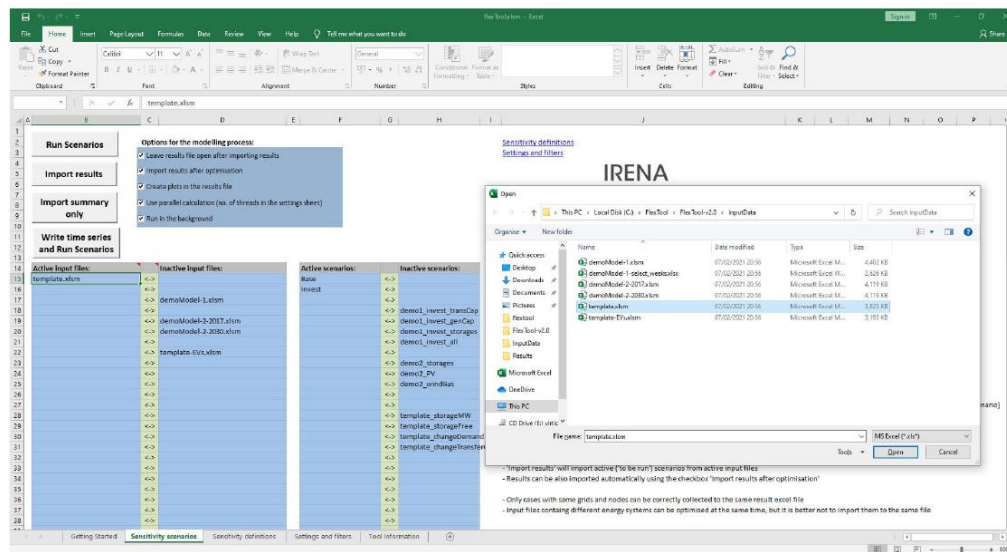
Exécuter un modèle

Tel que mentionné précédemment, un fichier de données (**Input Data File**) définit la version d'un modèle. Quelques modèles et gabarits sont inclus dans le répertoire **InputData** du répertoire racine:

1. **template.xlsm** est le gabarit pour créer de nouveaux modèles;
2. **template-XX.xlsm** sont des gabarits présentant des exemples additionnels ayant des technologies spécifiques;
3. d'autres fichiers de données pouvant être des pays particuliers ou diverses versions de modèles-exemples ayant différentes périodes de temps.

Pour exécuter un modèle, il faut:

1. démarrer l'interface flexTool.xlsm et assurez-vous que les macros sont activées (tel que mentionné précédemment);
2. allez à la feuille de calcul **Sensitivity scenarios**;
3. cliquez sur la première cellule de la colonne **Active input files**;
4. vous serez invité à sélectionner un fichier; choisissez **template.xlsm** du répertoire **Input Data** et cliquez sur **Open**;



5. dans la colonne **Active Scenarios**, activez le scénario **Base**;
6. il est possible de basculer un scénario de « actif » à « inactif » (et l'inverse) en cliquant sur la flèche verte « <-> »;
7. seuls les scénarios de la colonne « Active Scenarios » seront exécutés par le modèle;



Active scenarios:		Inactive scenarios:
Base	<->	
	<->	Invest
	<->	
	<->	demo1_invest_transCap
	<->	demo1_invest_genCap
	<->	demo1_invest_storages
	<->	demo1_invest_all
	<->	
	<->	demo2_storages
	<->	demo2_PV
	<->	demo2_windGas
	<->	
	<->	

- cliquez sur « Write time series and Run Scenarios » pour démarrer le modèle;

Note: Les fichiers de données (« Input Files ») doivent être fermés avant d'exécuter un modèle. Si le fichier est ouvert alors FlexTool vous demandera de le fermer.

- Une invite de commande Windows apparaîtra à l'écran lorsque le modèle est exécuté afin d'afficher le statut de l'exécution.
- Dans « Options for the modelling process », vous pouvez sélectionner diverses options.

Run Scenarios

Import results

Import summary only

Write time series and Run Scenarios

Options for the modelling process:

- ☒ Leave results file open after importing results
- ☒ Import results after optimisation
- ☒ Create plots in the results file
- ☒ Use parallel calculation (no. of threads in the settings sheet)
- ☒ Run in the background

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Total number of scenarios: 1
Scenarios started so far: 1
Scenarios not yet started: 0
Scenarios currently ongoing: 1
Scenarios failed: 0
Scenarios already finished: 0

```



Une fois l'exécution complétée avec succès et si l'option est activée, le fichier des résultats apparaîtra automatiquement à l'écran. Que l'option soit activée ou non, les résultats sont sauvegardés dans le répertoire **Results** du répertoire racine.

Dans le fichier des résultats, allez à la feuille de calcul **summary_D** qui contient les résultats les plus importants. Vous pouvez utiliser la fenêtre de sélection rapide pour explorer les résultats. Le nom fichier de données ainsi celui du scénario sont présentés dans les deux premières lignes.

Row	Column A	Column B	Column C	Column D	Column E	Column F	Column G	Column H	Column I
1	Update sheets window	template							
2		Base							
3	Status	Optimal	If the status is not optimal, then the results are not correct						
4	Optimal objective	1.06E+11	Objective value as given by the solver						
5	Iterations	211	Number of iterations the solver performed before finding the optimal solution						
6	Solving time (s)	0.272	How long the solver took to find the solution - does not including data processing before and after the solver						
7									
8	Total cost obj. function (M EUR)	106431	Minimized total system costs as given by the solver (includes all penalty costs and curtailment payment for VRE generation not curtailed)						
9	Total cost calculated (M EUR)	107108.2721	Total cost calculated from variables and cost parameters						
10	...Operational cost of units (M EUR)	1357.965577							
11	...Investment cost of units (M EUR)	0							
12	...Investment cost for transfers (M EUR)	0							
13	...Penalty costs (M EUR)	105750.3066							
14	...Curtailment payments (M EUR)	55.37235204							
15									
16	Time in use in years	0.022146119	The amount of time selected by the in_use or in_use_invest in the ts_time sheet of the input data						
17	Full time series in years	1	The selected plus non-selected time defined in the ts_time sheet						
18									
19	Emissions								
20	CO2 (Mt)	5.38523	System-wide annualized CO2 emissions						
21									
22	General results	elec							
23	VRE share (% of annual demand)	25.59	Energy share of VRE						
24	Loss of load (% of annual demand)	21.06	Share of unserved energy						
25	-> ramp up constrained (% of annual demand)	0	Unserved energy caused by upward ramp limitations						
26	Excess load (% of annual demand)	0.4634	Additional demand caused by minimum generation constraints						
27	Insufficient reserves (% of reserve demand)	0	Share of unserved reserve						
28	Insufficient inertia (% of inertia demand)	0	Share of unserved inertia (out of total required MWs)						
29	Curtailment (% of VRE gen.)	11.9	Share of curtailed VRE out of total available VRE						
30	-> ramp down constrained (% of VRE gen.)	0	VRE curtailed to decrease downward ramp so that rest of the system manages to ramp up						
31	Peak load (MW)	5355.49	Highest demand in the modelled time series						
32	Peak net load (MW)	4611.38	Highest demand minus VRE generation and import/export time series						
33									
34	Flexibility issues	elec							
35	Loss of load (max MW)	1539.69	Highest unserved demand in the results						
36	Excess load (max MW)	-471.042	Highest forced demand increase to avoid model infeasibility						
37	Reserve inadequacy (max MW)	0	Highest deficit of upward reserve						
38	Insufficient inertia (TWs/a)	0	Highest deficit in the inertia						

Activité: Essayez d'exécuter diverses combinaisons de fichiers de données et de scénarios qui sont inclus dans le package FlexTool et familiarisez-vous avec ces fichiers ainsi qu'avec les fichiers des résultats en parcourant le contenu de chaque fichier.

Vous apprendrez, dans les prochains cours, à créer vos propres fichiers de données et scénarios.