



Séance de formation n°4: Modélisation de la résilience et du secteur de l'électricité - Partie I

Sarah Turner, Laboratoire national des énergies renouvelables



Séance de formation n°3 Exercice

1. **Quel est le coût optimal de construction de chaque technologie?**
2. **Comment les coûts annuels ont-ils évolué pour chaque technologie?**
3. **Une demande est-elle restée non satisfaite? Si oui, pourquoi ?**



Séance de formation n°3 Exercice

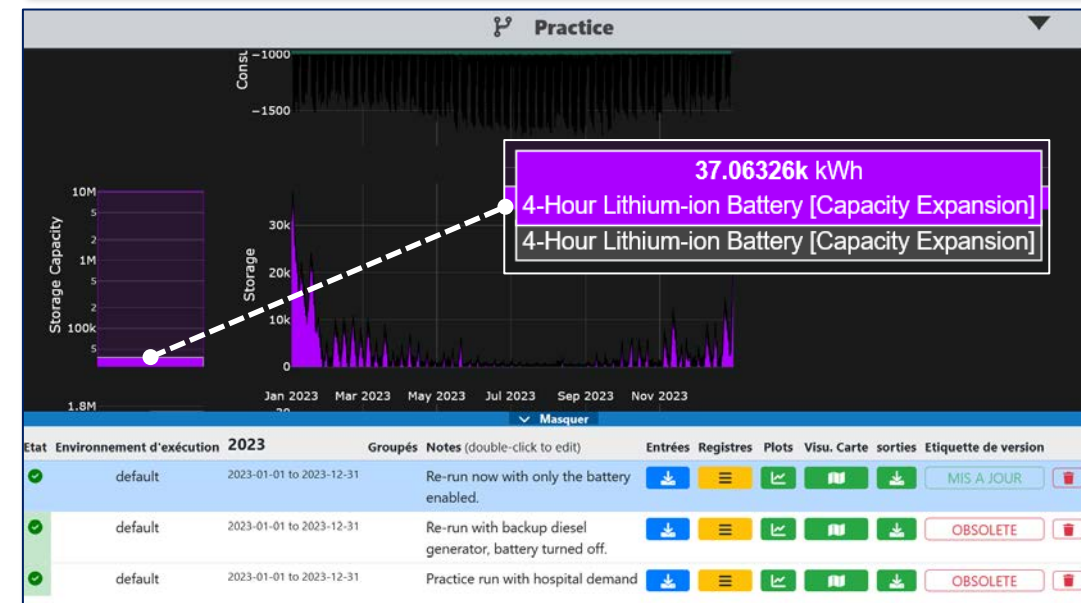
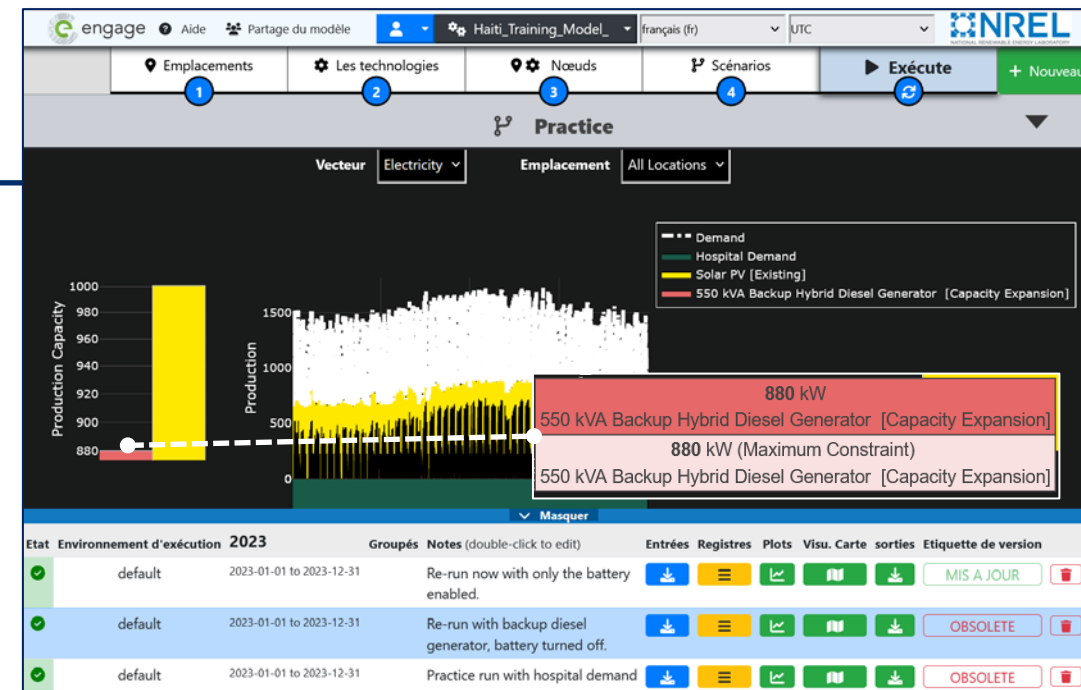
1. Quel est le coût optimal de construction de chaque technologie?

Générateur diesel = 880 kW (2 unités)

Batterie lithium-ion = 37 MWh

2. Comment les coûts annuels ont-ils évolué pour chaque technologie?

3. Une demande est-elle restée non satisfaite? Si oui, pourquoi ?



Séance de formation n°3 Exercice

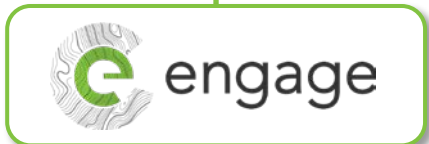
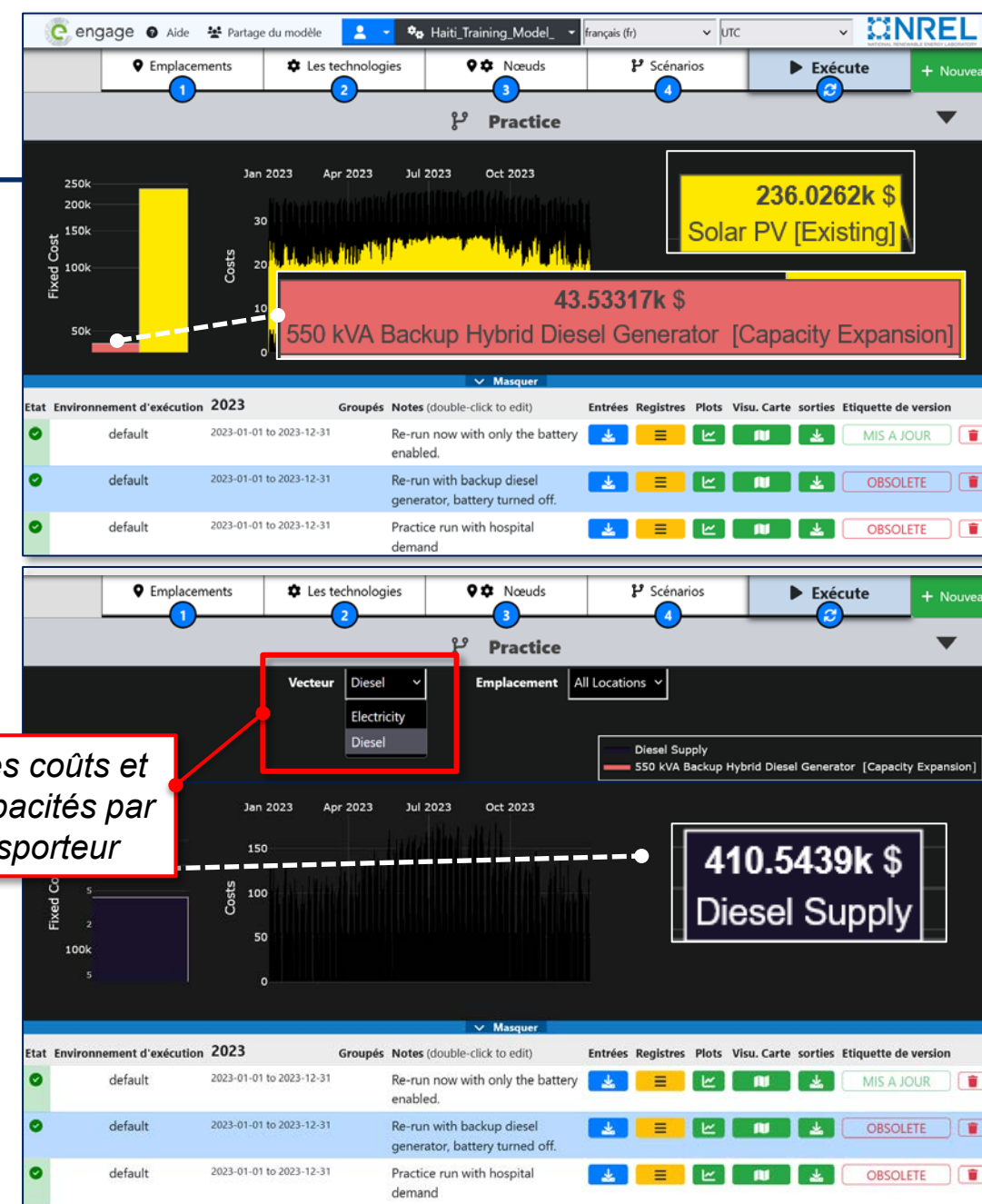
1. Quel est le coût optimal de construction de chaque technologie?

Générateur diesel = 880 kW (2 unités)
 Batterie lithium-ion = 37 MWh

2. Comment les coûts annuels ont-ils évolué pour chaque technologie?

Type de coût	Générateur diesel	Batterie
PV solaire	\$236 026	
Coût fixe	\$43 533	
Coût variable	\$410 544	
Coût total	\$690 103	

3. Une demande est-elle restée non satisfaite? Si oui, pourquoi ?



Séance de formation n°3 Exercice

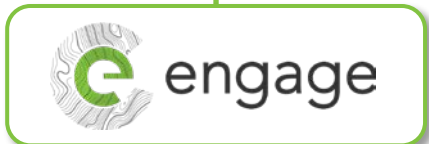
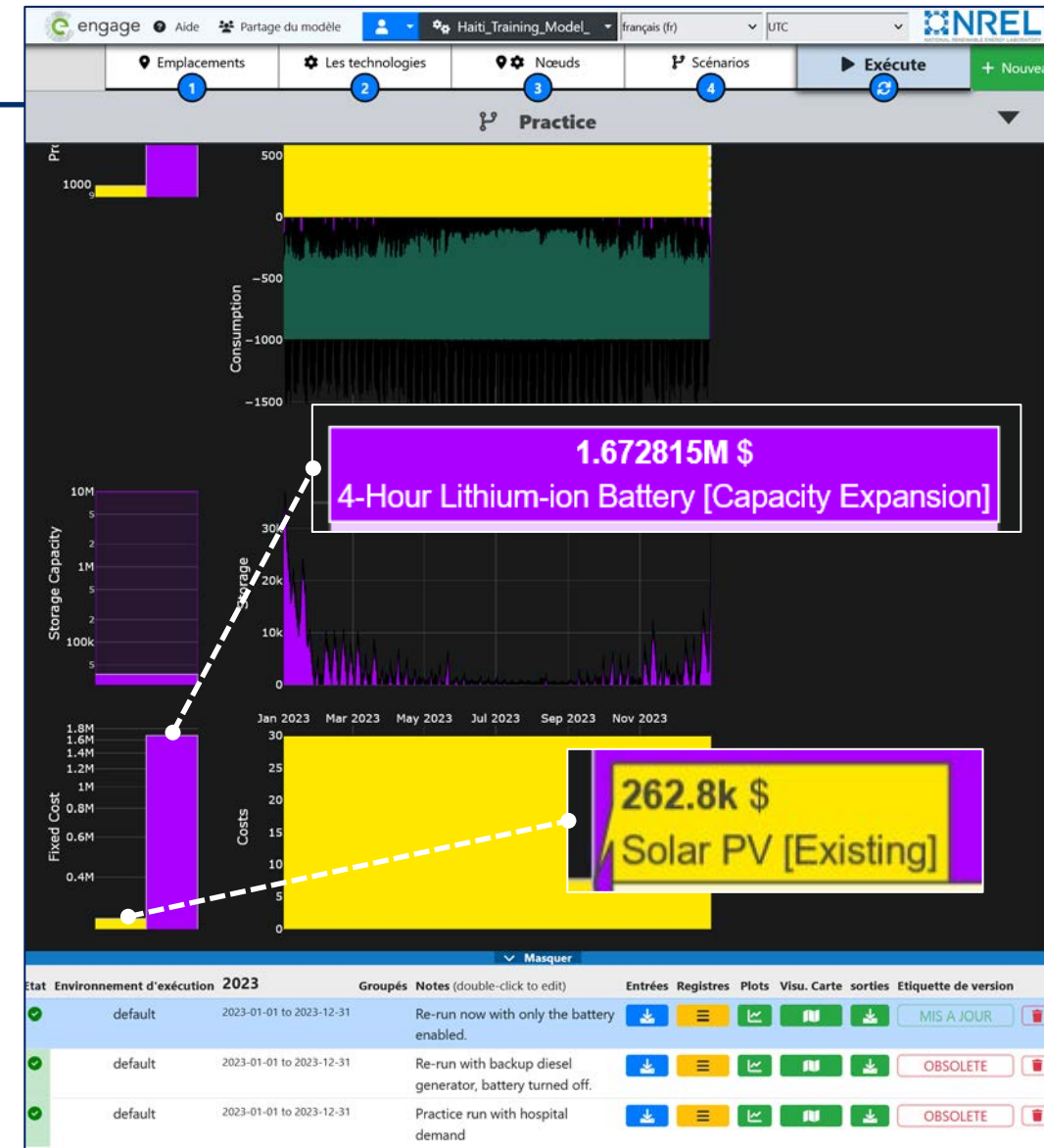
1. Quel est le coût optimal de construction de chaque technologie?

Générateur diesel = 880 kW (2 unités)
 Batterie lithium-ion = 37 MWh

2. Comment les coûts annuels ont-ils évolué pour chaque technologie?

Type de coût	Générateur diesel	Batterie
PV solaire	\$236 026	\$262 800
Coût fixe	\$43 533	\$1 672 815
Coût variable	\$410 544	\$0
Coût total	\$690 103	\$1 935 615

3. Une demande est-elle restée non satisfaite? Si oui, pourquoi ?



Séance de formation n°3 Exercice

1. Quel est le coût optimal de construction de chaque technologie?

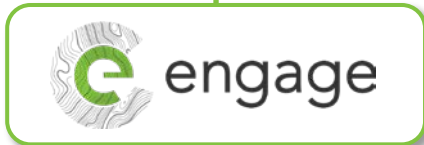
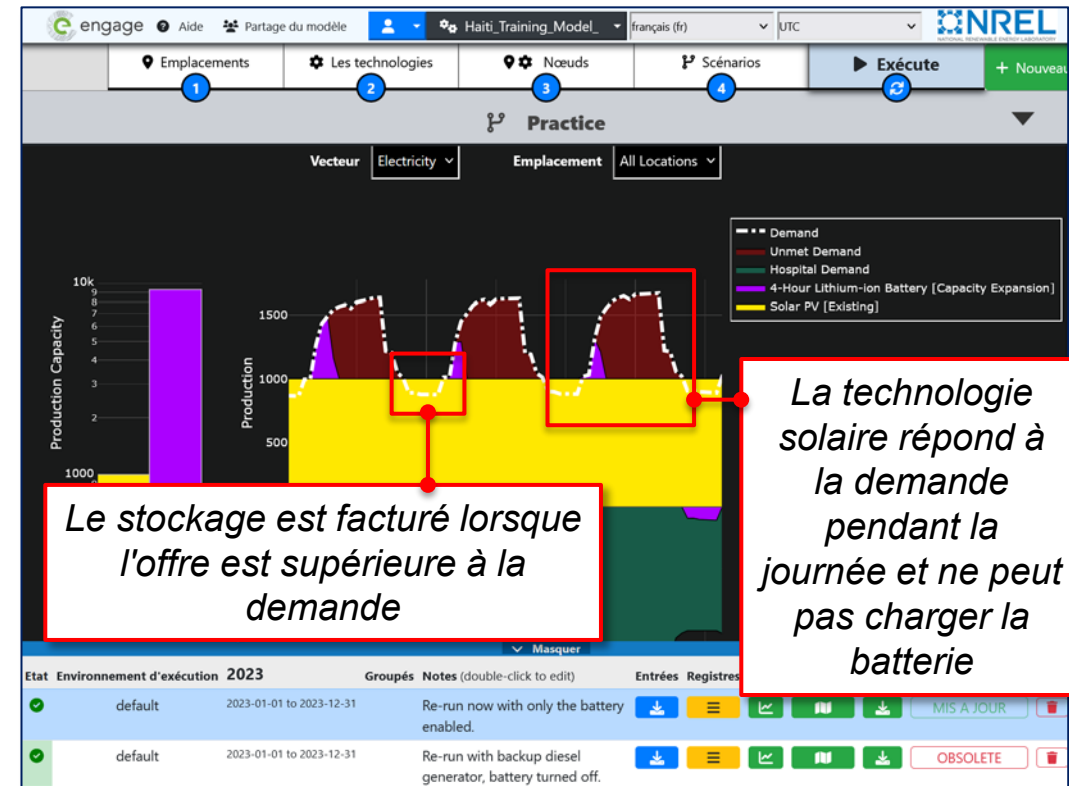
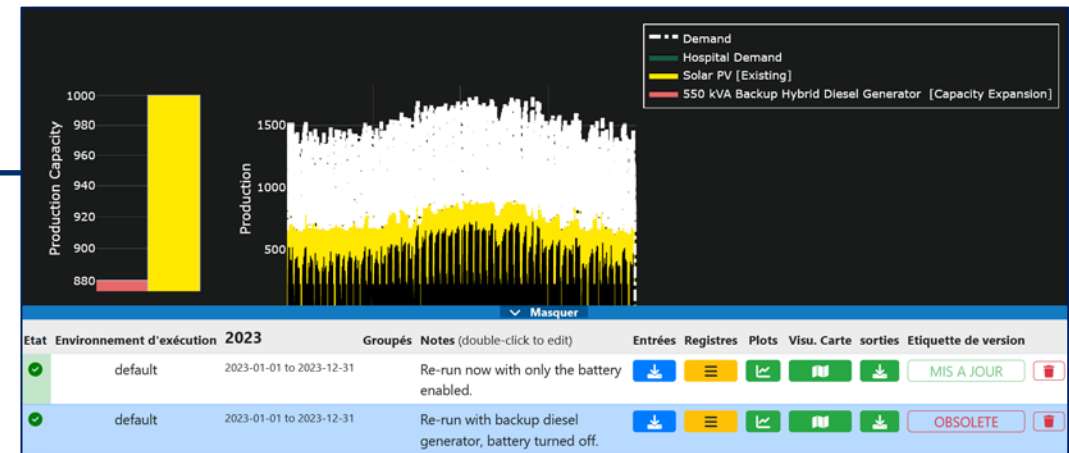
Générateur diesel = 880 kW (2 unités)
 Batterie lithium-ion = 37 MWh

2. Comment les coûts annuels ont-ils évolué pour chaque technologie?

Type de coût	Générateur diesel	Batterie
PV solaire	\$236 026	\$262 800
Coût fixe	\$43 533	\$1 672 815
Coût variable	\$410 544	\$0
Coût total	\$690 103	\$1 935 615

3. Une demande est-elle restée non satisfaite? Si oui, pourquoi ?

La batterie lithium-ion a entraîné une demande non satisfaite car la technologie solaire n'était pas assez importante pour répondre à la charge de l'hôpital et charger la batterie.



Séance de formation n°3 Exercice

1. Quel est le coût optimal de construction de chaque technologie?

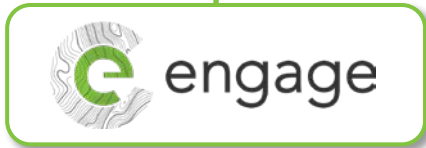
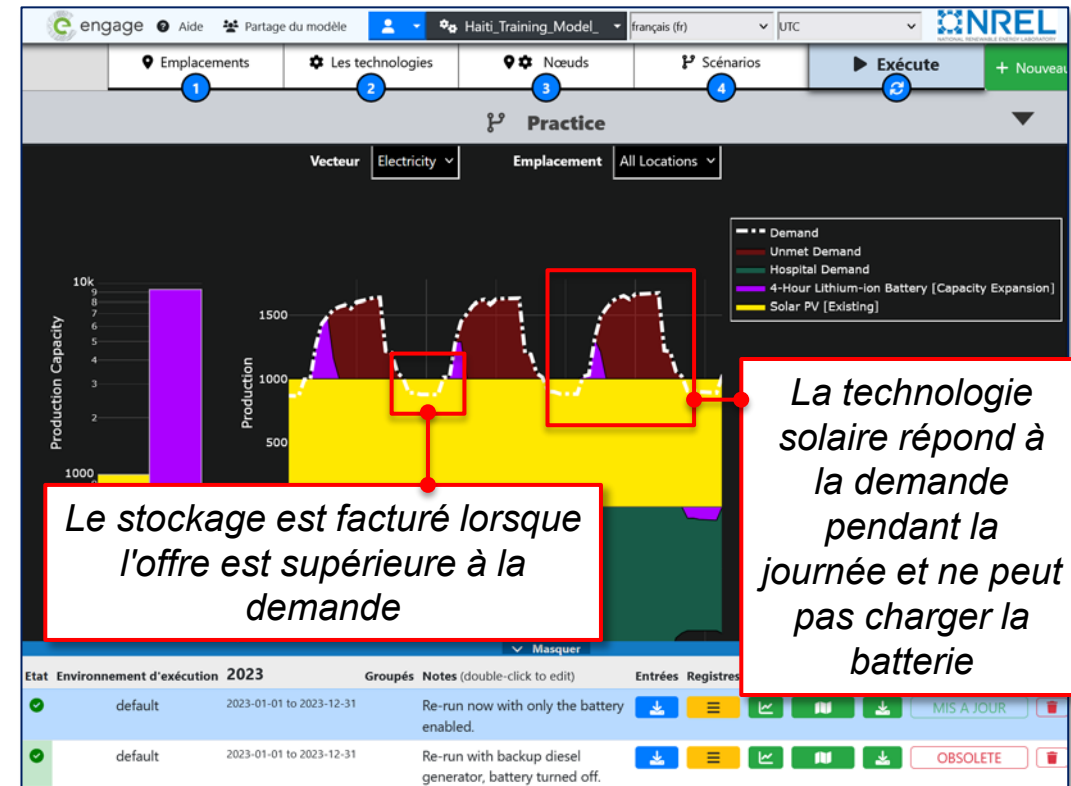
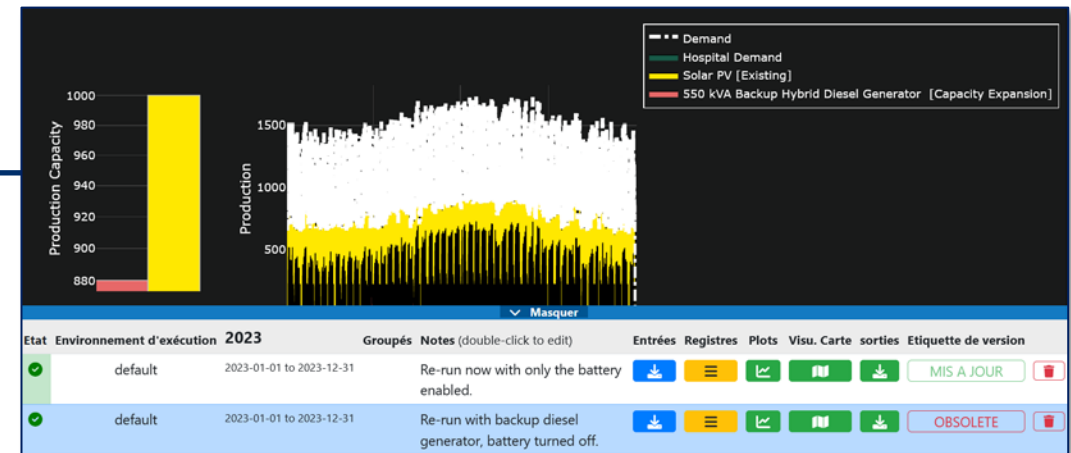
Générateur diesel = 880 kW (2 unités)
 Batterie lithium-ion = 37 MWh

2. Comment les coûts annuels ont-ils évolué pour chaque technologie?

Type de coût	Générateur diesel	Batterie
PV solaire	\$236 026	\$262 800
Coût fixe	\$43 533	\$1 672 815
Coût variable	\$410 544	\$0
Coût total	\$690 103	\$1 935 615

3. Une demande est-elle restée non satisfaite? Si oui, pourquoi?

La batterie lithium-ion a entraîné une demande non satisfaite car la technologie solaire n'était pas assez importante pour répondre à la charge de l'hôpital et charger la batterie.



Énergies renouvelables

Les technologies peuvent être **augmentées** ou réduites pour **répondre aux variations de la demande**



Modulables

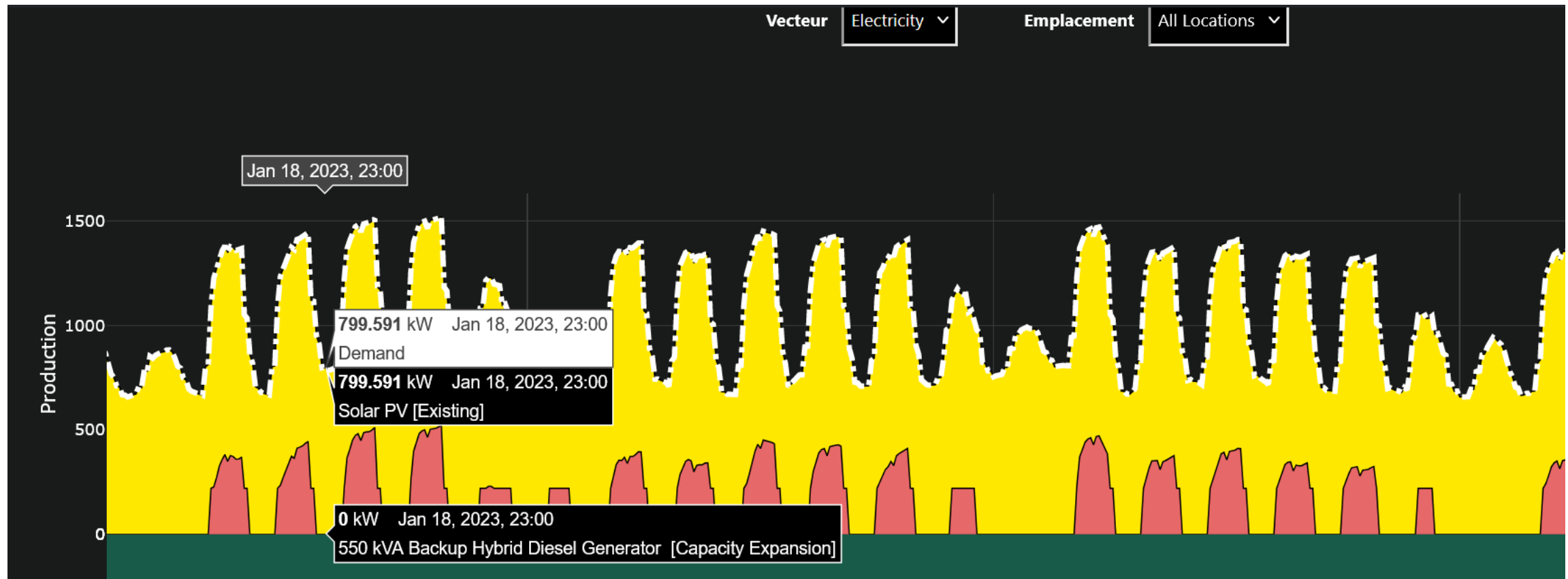
Énergies renouvelables

Les technologies peuvent être **augmentées** ou réduites pour **répondre aux variations de la demande**



Modulables

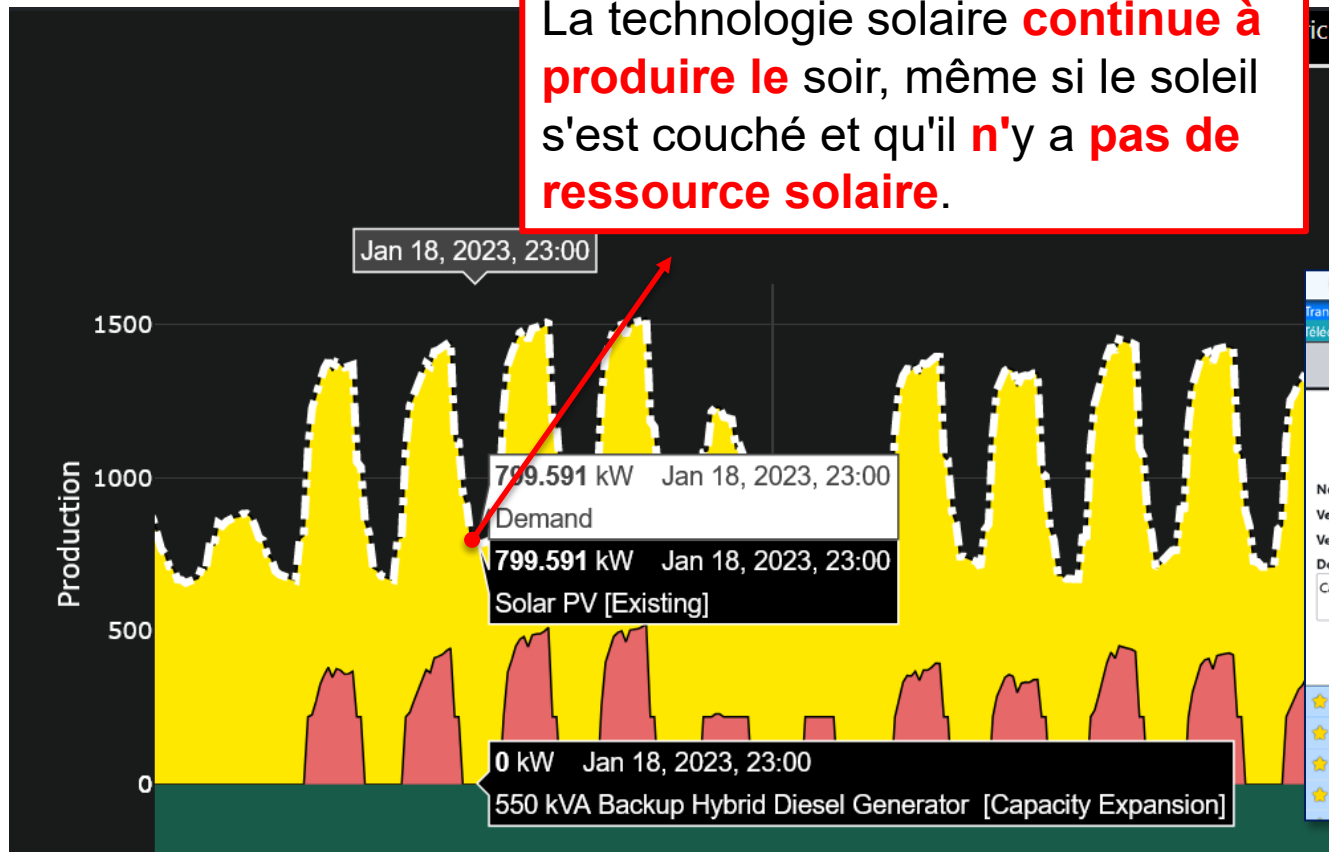
En quoi la répartition de la technologie solaire est-elle erronée?



Énergies renouvelables

En quoi la répartition de la technologie solaire est-elle erronée?

La technologie solaire **continue à produire le soir**, même si le soleil s'est couché et qu'il **n'y a pas de ressource solaire**.



Les technologies peuvent être **augmentées** ou réduites pour **répondre aux variations de la demande**



Modulables

Les technologies qui produisent de l'énergie de **manière irrégulière ou périodique**, la production dépendant de **facteurs externes**



Intermittentes

The screenshot shows the Engage software interface for configuring a technology. The 'Définition de la technologie' section is visible, with the following details:

- Nom: Solar PV
- Version: Existing
- Vecteur: Electricity [kW,kWh]
- Description: Capital and installation cost was \$2,000,000.

The 'Ressource' section is highlighted with a red box, showing the following configuration:

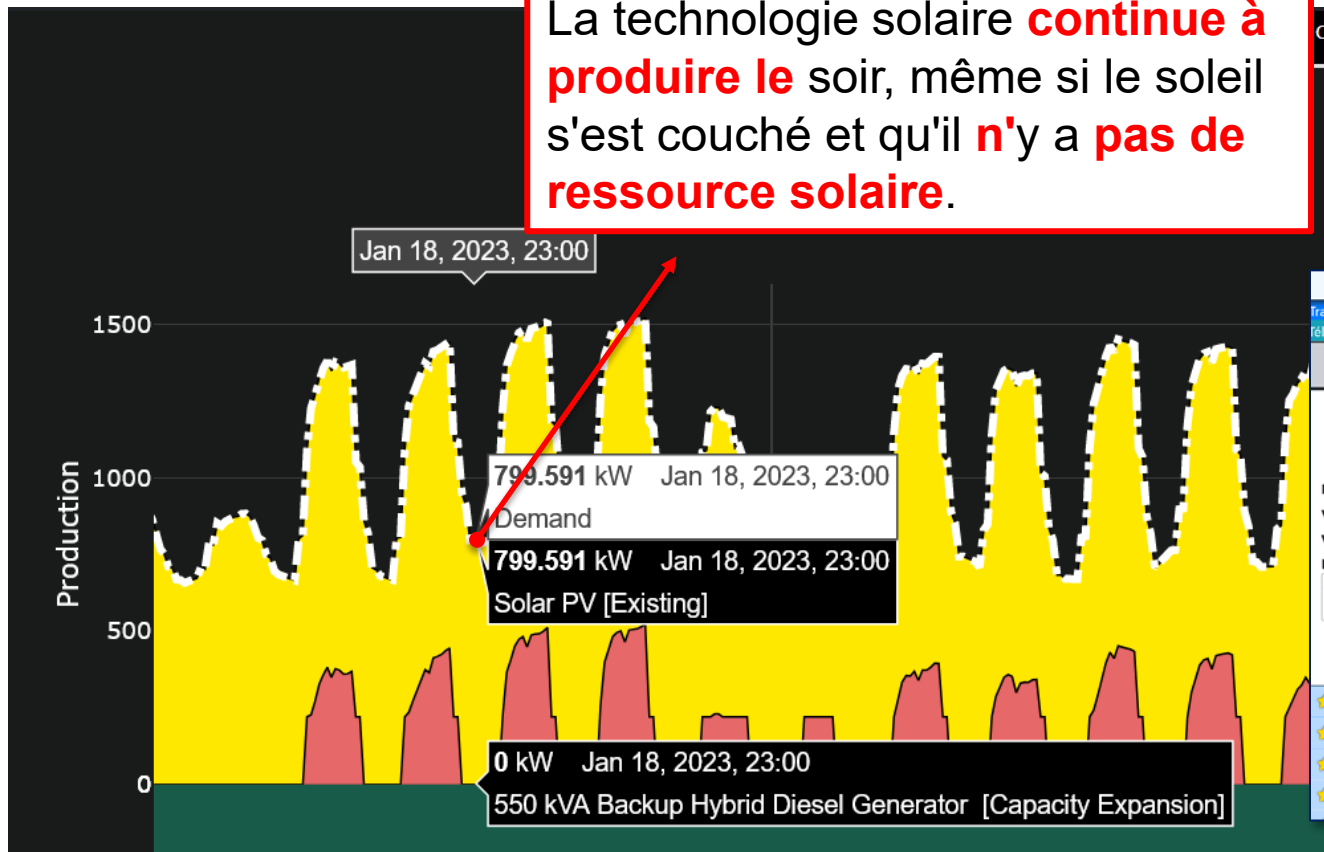
Contraintes	Paramètre	Valeur
Ressource	Ressource: approvisionnement (+) / demande (-)	1 GWh, 1,000,000 kWh
Technologie	Capacité de production	1 MW, 1,000 kW
Coûts: Monétaires	Coût de production du vecteur	0.03, 0.03 \$/kWh
Coûts: Monétaires	Taux d'intérêt	%

Erreur fréquente de l'utilisateur lors de la configuration d'une technologie renouvelable

Énergies renouvelables

En quoi la répartition de la technologie solaire est-elle erronée?

La technologie solaire **continue à produire le soir**, même si le soleil s'est couché et qu'il **n'y a pas de ressource solaire**.



Les technologies peuvent être **augmentées** ou réduites pour **répondre aux variations de la demande**



Modulables

Les technologies qui produisent de l'énergie de **manière irrégulière ou périodique**, la production dépendant de **facteurs externes**



Intermittentes

Contraintes:	Paramètre	Valeur	Unité
Ressource	Ressource: approvisionnement (+) / demande (-)	1 GWh	1,000,000 kWh
Technologie	Capacité de production	1 MW	1,000 kW
Coûts: Monétaires	Coût de production du vecteur	0.03	0.03 \$/kWh
Coûts: Monétaires	Taux d'intérêt		%

Erreur fréquente de l'utilisateur lors de la configuration d'une technologie renouvelable

Énergies renouvelables

Un **facteur de capacité** mesure la production d'une technologie renouvelable par **rapport à sa production potentielle maximale**.

Un facteur de capacité...

- Est représenté sous forme de **ratio** ou de **pourcentage**
- Dépend de multiples variables, notamment :

De l'emplacement de la ressource

Du type de technologie de production

Les technologies peuvent être **augmentées** ou réduites pour **répondre aux variations de la demande**



Modulables

Les technologies qui produisent de l'énergie de **manière irrégulière ou périodique**, la production dépendant de **facteurs externes**



Intermittentes

Énergies renouvelables

Un **facteur de capacité** mesure la production d'une technologie renouvelable par **rapport à sa production potentielle maximale**.

Un facteur de capacité...

- Est représenté sous forme de **ratio** ou de **pourcentage**
- Dépend de multiples variables, notamment :

De l'emplacement de la ressource

Du type de technologie de production



Les technologies peuvent être **augmentées** ou réduites pour **répondre aux variations de la demande**



Modulables

Les technologies qui produisent de l'énergie de **manière irrégulière ou périodique**, la production dépendant de **facteurs externes**



Intermittentes

Pas de temps	Facteur de capacité
5/1/2024 12:00	60%

L'irradiation solaire est la puissance par unité de surface reçue du soleil. ☀️

Énergies renouvelables

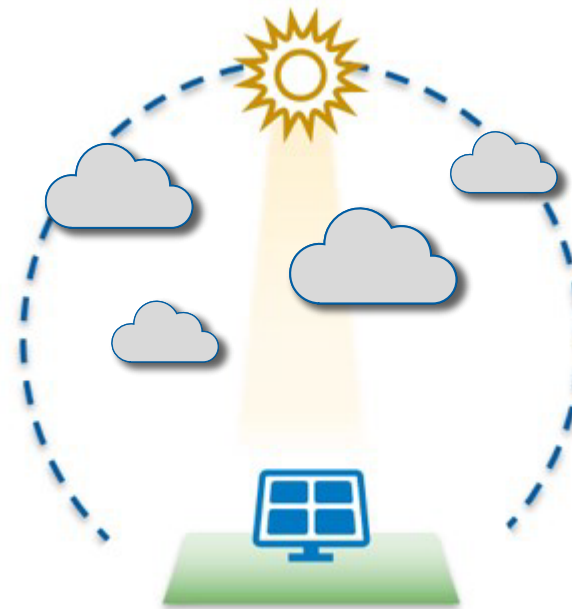
Un **facteur de capacité** mesure la production d'une technologie renouvelable par **rapport à sa production potentielle maximale**.

Un facteur de capacité...

- Est représenté sous forme de **ratio** ou de **pourcentage**
- Dépend de multiples variables, notamment :

De l'emplacement de la ressource

Du type de technologie de production



Les technologies peuvent être **augmentées** ou réduites pour **répondre aux variations de la demande**



Modulables

Les technologies qui produisent de l'énergie de **manière irrégulière ou périodique**, la production dépendant de **facteurs externes**



Intermittentes

Pas de temps	Facteur de capacité
5/1/2024 12:00	60%

L'irradiation solaire est la puissance par unité de surface reçue du soleil. ☀

Énergies renouvelables

Un **facteur de capacité** mesure la production d'une technologie renouvelable par **rapport à sa production potentielle maximale**.

Un facteur de capacité...

- Est représenté sous forme de **ratio** ou de **pourcentage**
- Dépend de multiples variables, notamment :
 - ✓ **De l'emplacement de la ressource**
 - ✓ **Du type de technologie de production**

NREL Image 15543



Système solaire photovoltaïque à suiveur à axe unique

Système solaire photovoltaïque au sol (réseau fixe)



NREL Image 15543

Les technologies peuvent être **augmentées** ou réduites pour **répondre aux variations de la demande**



Modulables



Intermittentes

Les technologies qui produisent de l'énergie de **manière irrégulière ou périodique**, la production dépendant de **facteurs externes**

Énergies renouvelables

Project Name	Latitude	Longitude	Area	Technologies
Hospital	19,71641 ° N	-72,2068 ° E	∞ m ²	Hospital Demand, 4-Hour Lithium-ion Battery (Capacity Expansion), PV Wire
Solar PV	19,71826 ° N	-72,17181 ° E	∞ m ²	550 kVA Backup Hybrid Diesel Generator (Capacity Expansion), Solar PV (Existing), Diesel Transport (Capacity Expansion), PV Wire

1

Accéder aux ensembles de données météorologiques du NREL



Les technologies peuvent être **augmentées** ou réduites pour **répondre aux variations de la demande**



Modulables

Les technologies qui produisent de l'énergie de **manière irrégulière ou périodique**, la production dépendant de **facteurs externes**



Intermittentes

Une **évaluation complète des ressources** est nécessaire pour déterminer le potentiel de production

Énergies renouvelables

Visitez: pvwatts.nrel.gov

1 Accéder aux ensembles de données météorologiques du NREL

2 Saisir à nouveau les coordonnées en utilisant le système décimal anglais et cliquer sur "Vérifier la disponibilité"

3 Renommer les séries temporelles

4 Importer dans le modèle

5 Exécute

Solar PV Capacity Factor Data from NSRDB and PVWatts

NREL's PVWatts® Calculator

Estimates the energy production and cost of energy of grid-connected photovoltaic (PV) energy systems throughout the world. It allows homeowners, small building owners, installers and manufacturers to easily develop estimates of the performance of potential PV installations.

Latitude (°N): 19.71826 Longitude (°E): -72.17181 Incliner (°): 20 Azimut (°): 180

Vérifier la disponibilité Données disponibles ici

Nom de la nouvelle séries temporelle: Cap-Haitien Solar Resource

Importer les données

crée une série temporelle de données sur le facteur de la capacité solaire. Veuillez le trouver et l'inspecter sur la page de séries temporelles, lien ci-dessous

Page de séries temporelles

Ensemble de données: Solar [NSRDB] Wind [WTK]

Les technologies: 550 kVA Backup Hybrid Diesel Generator [Capacity Expansion] Solar PV [Existing] Diesel Transport [Capacity Expansion] PV Wire

Énergies renouvelables

Visitez: pvwatts.nrel.gov

The screenshot shows the NREL PVWatts Calculator interface. At the top, there are navigation tabs: "Emplacements", "Les technologies", "Nœuds", "Scénarios", and "Exécute". A red box with a circled '1' points to the "Ensemble de données" section at the bottom left, which includes "Solar [NSRDB]" and "Wind [WTK]". A red box with a circled '2' points to the "Vérifier la disponibilité" button. A red box with a circled '3' points to the "Nom de la nouvelle séries temporelle:" field, which contains "Cap-Haitien Solar Resource". A red box with a circled '4' points to the "Importer les données" button. A red box with a circled '5' points to the "Exécute" button. The main content area shows "Solar PV Capacity Factor Data from NSRDB and PVWatts" and "NREL's PVWatts® Calculator". Below this, there are input fields for "Latitude (°N): 19.71826", "Longitude (°E): -72.17181", "Incliner (°): 20", and "Azimut (°): 180". A green dot indicates "Données disponibles ici".

2 Saisir à nouveau les coordonnées en utilisant le système décimal anglais et cliquer sur "Vérifier la disponibilité"

2

2

3 Renommer les séries temporelles

3

4 Importer dans le modèle

4

1

1 Accéder aux ensembles de données météorologiques du NREL

Type de tableau = fixe
 Pertes du système = 14,08%
 PVWatts Défaut

Inclinaison = 20°
 Azimut = 180°

Décrit la **direction dans** laquelle le réseau est orienté:

- 0° = Sud
- Idéal pour l'hémisphère Nord
- 180° = North
- Idéal pour l'hémisphère sud



Énergies renouvelables

Solar PV Existing

Définition de la technologie:
ID: Solar_PV-Existing

Nom: Solar PV
Version: Existing
Vecteur: Electricity [kW,kWh]
Description: Capital and installation cost was \$2,000,000.

Supply

ressource → cap_{energy} → carrier_{prod}

Fournir de l'énergie à un transporteur, a une ressource positive.

Contraintes: Ressource	Ressource: approvisionnement (+) / demande (-)	1 GWh	1,000,000 kWh	x	+
Contraintes: Technologie	Capacité de production	1 MW	1,000 kW	x	+
Coûts: Monétaires	Coût de production du vecteur	0.03	0.03 \$/kW	x	+

Transformer la technologie solaire en une technologie d'expansion de la capacité

Solar PV Capacity Expansion

Définition de la technologie:
ID: Solar_PV-Capacity_Expansion

Nom: Solar PV
Version: Capacity Expansion
Vecteur: Electricity [kW,kWh]
Description: Technology costs pulled from the 2020 ATB for a fixed tilt system, accounting for 2023 inflation.

Supply

ressource → cap_{energy} → carrier_{prod}

Fournir de l'énergie à un transporteur, a une ressource positive.

Contraintes: Ressource	Ressource: approvisionnement (+) / demande (-)	1 GWh	1,000,000 kWh	x	+
Contraintes: Technologie	Capacité de production maximale	1 GW	1,000,000 kW	x	+
Contraintes: Technologie	Durée de vie et période d'amortissement	30	30 years	x	+
Coûts: Monétaires	Coût de la capacité de production	905.439	905.439 \$/kW	x	+
Coûts: Monétaires	Coûts annuels fixes d'exploitation et d'entretien	15.962	15.962 \$/kW	x	+
Coûts: Monétaires	Taux d'intérêt	5	5 %	x	+

Nouvelle étiquette de version

Paramètres d'expansion linéaire de la capacité activés

*Coûts actualisés tirés de Base technologique annuelle ou l'ATB
(Se référer à la session de formation n°3 pour un rappel au sujet de l'outil)*

Énergies renouvelables

Solar PV Existing

Définition de la technologie:
ID: Solar_PV-Existing

Nom: Solar PV
Version: Existing
Vecteur: Electricity [kW,kWh]

Description:
Capital and installation cost was \$2,000,000.

Supply

ressource → cap_{energy} → carrier_{prod}

Fournir de l'énergie à un transporteur, a une ressource positive.

Contraintes: Ressource	Ressource: approvisionnement (+) / demande (-)	1 GWh	1,000,000 kWh	x	+
Contraintes: Technologie	Capacité de production	1 MW	1,000 kW	x	+
Coûts: Monétaires	Coût de production du vecteur	0.03	0.03 \$/kW	x	+

Transformer la technologie solaire en une technologie d'expansion de la capacité

Solar PV Capacity Expansion

Définition de la technologie:
ID: Solar_PV-Capacity_Expansion

Nom: Solar PV
Version: Capacity Expansion
Vecteur: Electricity [kW,kWh]

Description:
Technology costs pulled from the 2020 ATB for a fixed tilt system, accounting for 2023 inflation.

Supply

ressource → cap_{energy} → carrier_{prod}

Fournir de l'énergie à un transporteur, a une ressource positive.

Contraintes: Ressource	Ressource: approvisionnement (+) / demande (-)	1 GWh	1,000,000 kWh	x	+
Contraintes: Technologie	Capacité de production maximale	1 GW	1,000,000 kW	x	+
Contraintes: Technologie	Durée de vie et période d'amortissement	30	30 years	x	+
Coûts: Monétaires	Coût de la capacité de production	905.439	905.439 \$/kW	x	+
Coûts: Monétaires	Coûts annuels fixes d'exploitation et d'entretien	15.962	15.962 \$/kW	x	+
Coûts: Monétaires	Taux d'intérêt	5	5 %	x	+

Nouvelle étiquette de version

Paramètres d'expansion linéaire de la capacité activés

*Coûts actualisés tirés de Base technologique annuelle ou l'ATB
(Se référer à la session de formation n°3 pour un rappel au sujet de l'outil)*

Rappel: L'ATB prévoit des coûts spécifiques aux technologies pour les marchés nord-américains; les données historiques et régionales sur les coûts doivent toujours être utilisées pour obtenir des représentations précises.

Énergies renouvelables

✓ Ressources :
Offre/demande

Représente la **ressource solaire intermittente** du Cap-Haïtien

Définition de la technologie:
ID: Solar_PV-Capacity_Expansion

Nom: Solar PV
Version: Capacity Expansion
Vecteur: Electricity [kW,kWh]
Description: Technology costs pulled from the 2020 ATB for a fixed tilt system, accounting for 2023 inflation.

Supply

resource → cap_{energy} → carrier_{prod}
Fournir de l'énergie à un transporteur, a une ressource positive.

Contraintes: Ressource Mettez à l'échelle la ressource avec... energy_per_cap ABC X +
Contraintes: Ressource Ressource: approvisionnement (+) / demande (-) séries temporelles Cap-Haïtien Solar F kWh X

0.8
0.6
0.4
0.2
0
Jan 2019 Mar 2019 May 2019 Jul 2019 Sep 2019 Nov 2019

Contraintes: Technologie	Capacité de production maximale	1 GW	1,000,000 kW	X	+
Contraintes: Technologie	Durée de vie et période d'amortissement	30	30 years	X	+
Coûts: Monétaires	Coût de la capacité de production	905.439	905.439 \$/kW	X	+
Coûts: Monétaires	Coûts annuels fixes d'exploitation et d'entretien	15.962	15.962 \$/kW	X	+
Coûts: Monétaires	Taux d'intérêt	5	5 %	X	+

Contraintes: Ressource
Contraintes: Technologie
Coûts: Monétaires

Énergies renouvelables

✓ Ressources mises à l'échelle avec...
 Définit l'**unité de la ressource** dans laquelle la ressource est mesurée :

Énergie (ex : kWh, Btu)

Paramètre par défaut défini par Engage

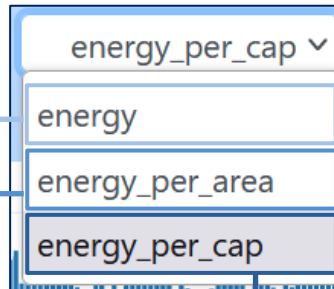
Énergie par superficie (ex : kWh/m²)

Idéal pour les contraintes foncières

Énergie par capacité de production (ex : kWh/kW)

Idéal pour les contraintes liées au facteur de capacité

✓ Ressources : Offre/demande
 Représente la **ressource solaire intermittente** du Cap-Haïtien



The screenshot shows the Engage software interface for defining a technology. The top navigation bar includes 'engage', 'Aide', 'Partage du modèle', 'Haiti_Training_Model_', 'français (fr)', and 'UTC'. The main menu has 'Emplacements', 'Les technologies', 'Nœuds', 'Scénarios', 'Exécute', and '+ Nouveau'. The current view is 'Solar PV' under 'Capacity Expansion'.

Définition de la technologie:
 ID: Solar_PV-Capacity_Expansion

Nom: Solar PV
Version : Capacity Expansion
Vecteur: Electricity [kW,kWh]
Description: Technology costs pulled from the 2020 ATB for a fixed tilt system, accounting for 2023 inflation.

Supply Diagram:
 resource → cap_{energy} → carrier_{prod}
 Fournir de l'énergie à un transporteur, a une ressource positive.

Chart:
 A time-series chart showing energy production from Jan 2019 to Nov 2019. The y-axis ranges from 0 to 0.8. The chart shows a highly variable, intermittent energy output.

Constraints Table:

Contraintes: Ressource	Mettez à l'échelle la ressource avec...	energy_per_cap	ABC	X	+
Contraintes: Ressource	Ressource: approvisionnement (+) /-demande (-)	Cap-Haïtien Solar F		kWh	X

Technology Constraints Table:

Contraintes: Technologie	Capacité de production maximale	1 GW	1,000,000 kW	X	+
Contraintes: Technologie	Durée de vie et période d'amortissement	30	30 years	X	+
Coûts: Monétaires	Coût de la capacité de production	905.439	905.439 \$/kW	X	+
Coûts: Monétaires	Coûts annuels fixes d'exploitation et d'entretien	15.962	15.962 \$/kW	X	+
Coûts: Monétaires	Taux d'intérêt	5	5 %	X	+

Énergies renouvelables

engage Aide Partage du modèle Français (fr) UTC NREL

Emplacements Les technologies Nœuds Scénarios Exécute + Nouveau

Practice Vecteur Electricity Emplacement All Locations

Production Capacity

Production

Assumption

Legend: Demand, Solar PV [Capacity Expansion], Hospital Demand, 4-Hour Lithium-Ion Battery [Capacity Expansion]

Etat Environnement d'exécution 2023 Groupés Notes (double-click to edit)

Etat	Environnement d'exécution	Groupés	Notes (double-click to edit)
✓	default	2023-06-01 to 2023-07-01	Solar and battery only - re-run with solar PV technology converted into capacity expansion with solar resource timeseries
✓	default	2023-01-01 to 2023-12-31	Re-run now with only the battery enabled.
✓	default	2023-01-01 to 2023-12-31	Re-run with backup diesel generator, battery turned off.
✓	default	2023-01-01 to 2023-12-31	Practice run with hospital demand

Entrées Registres Plots Visu. Carte sorties Etiquette de version

1 Créer un nouveau cycle du 1er juin au 1er juillet

engage Aide Partage du modèle Français (fr) UTC NREL

Annuler Emplacements Les technologies Nœuds Scénarios Exécute Enregistrer

Practice

Sélectionner une période de temps Ci-dessous

Date de début 06/01/2023 << >> 07/01/2023 Date de fin

Options d'exécution:

Activer l'exécution groupée

Activer l'exécution manuelle

Exécuter le pas de temps

Sélectionner l'environnement d'exécution

default

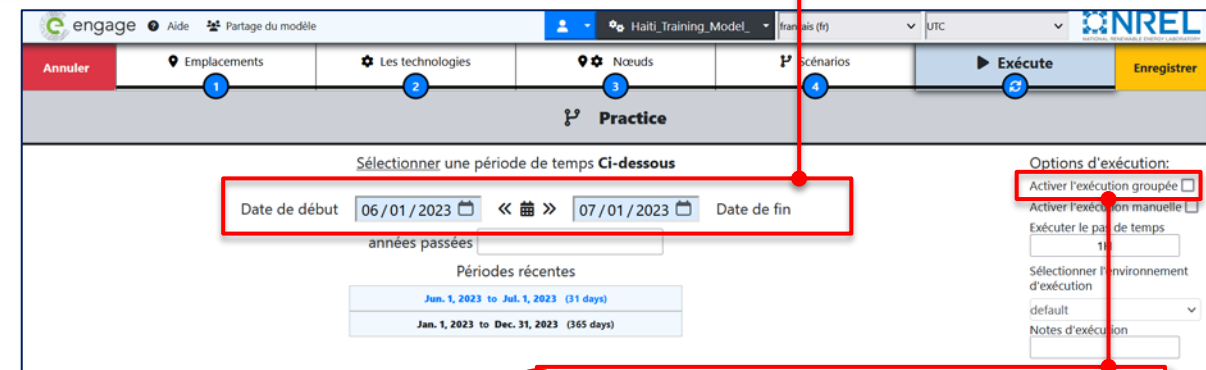
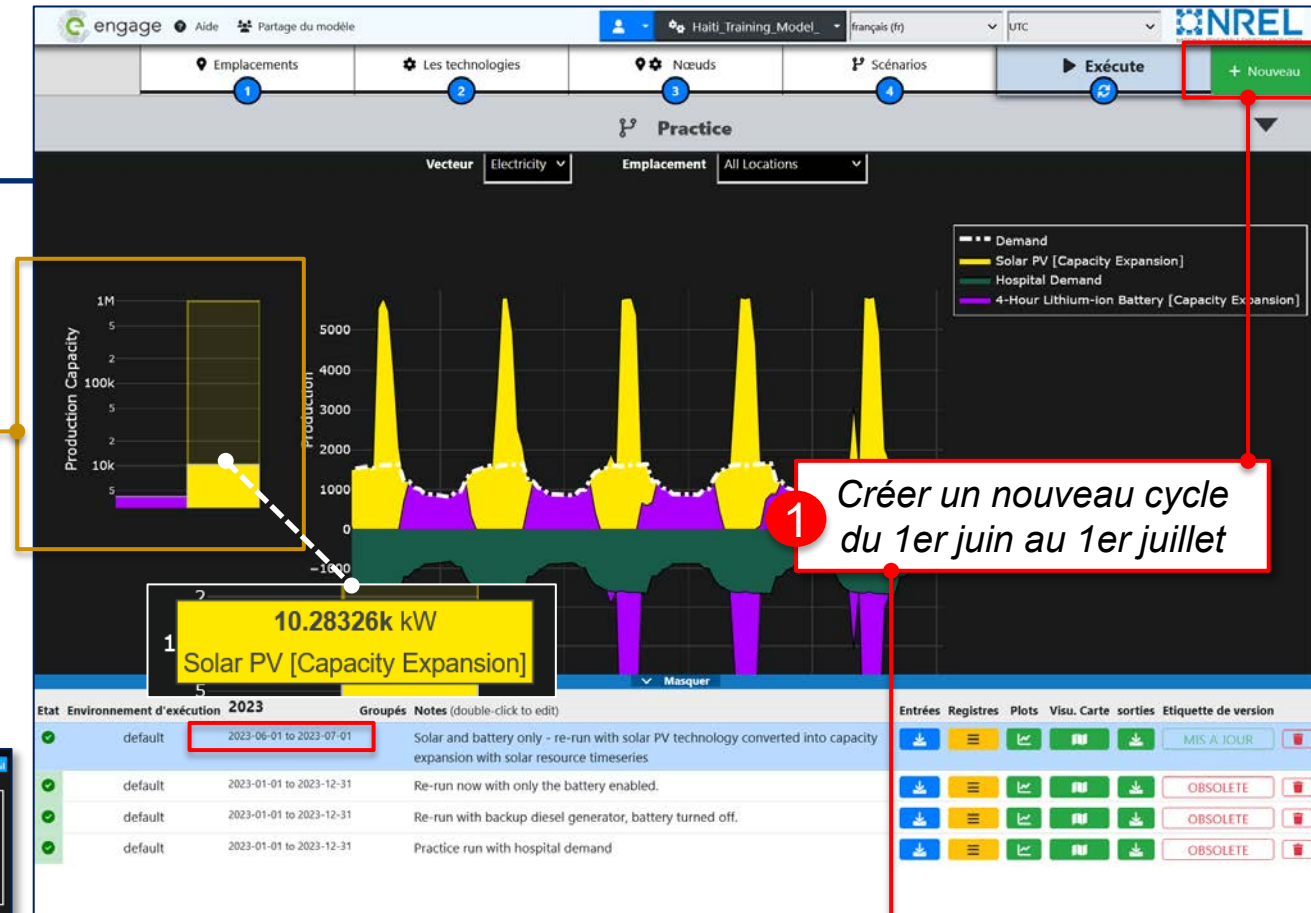
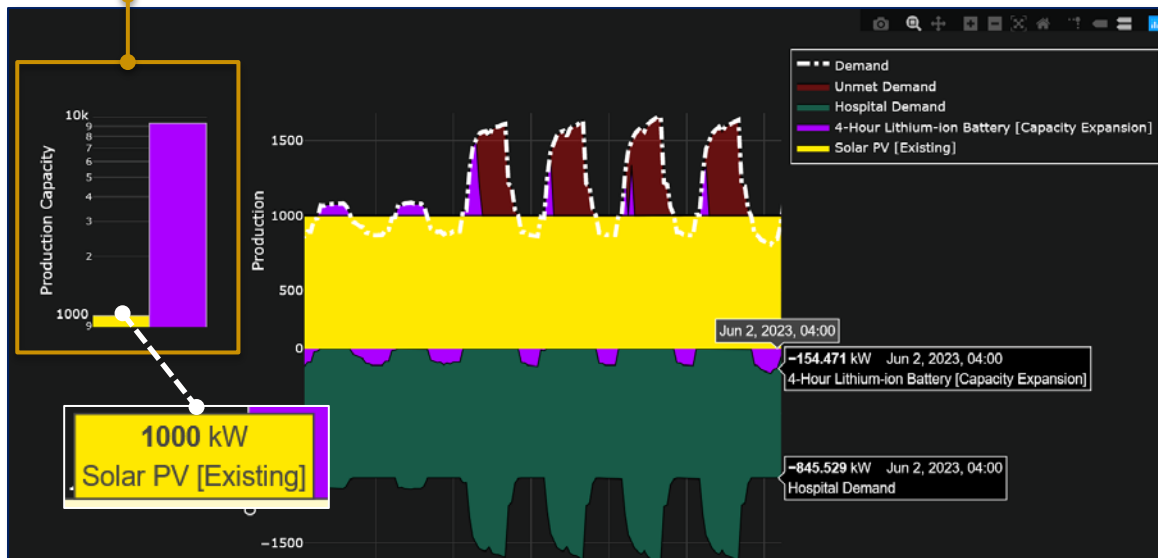
Notes d'exécution

2 Désactiver l'exécution en grappe

Énergies renouvelables

Deux changements majeurs sont intervenus dans notre modèle:

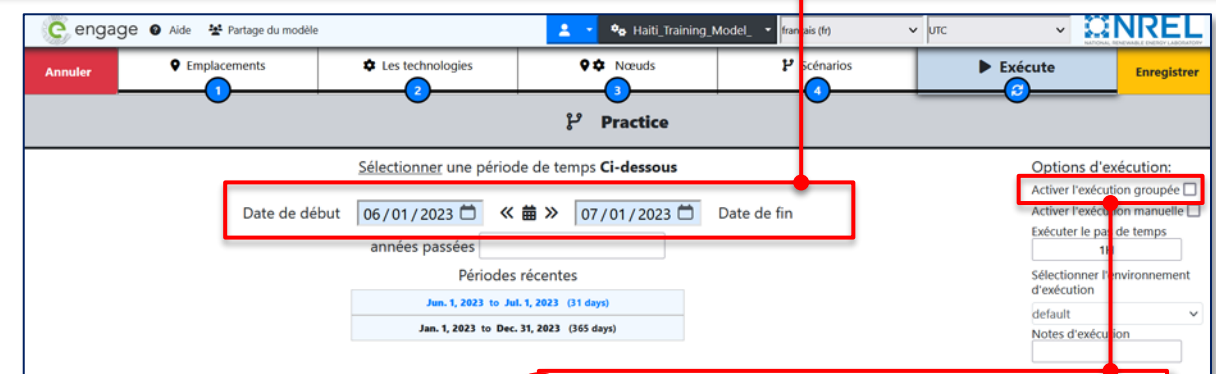
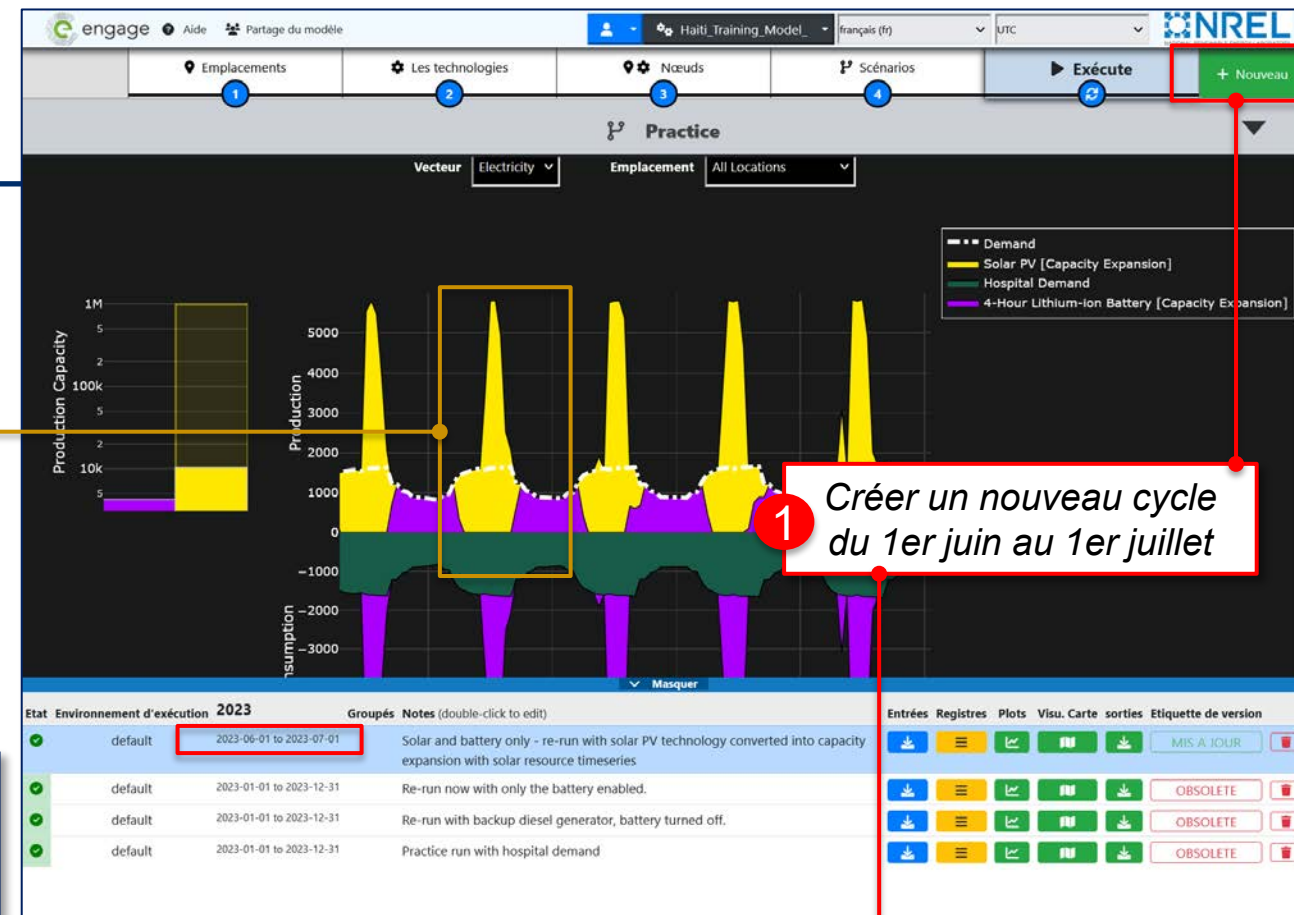
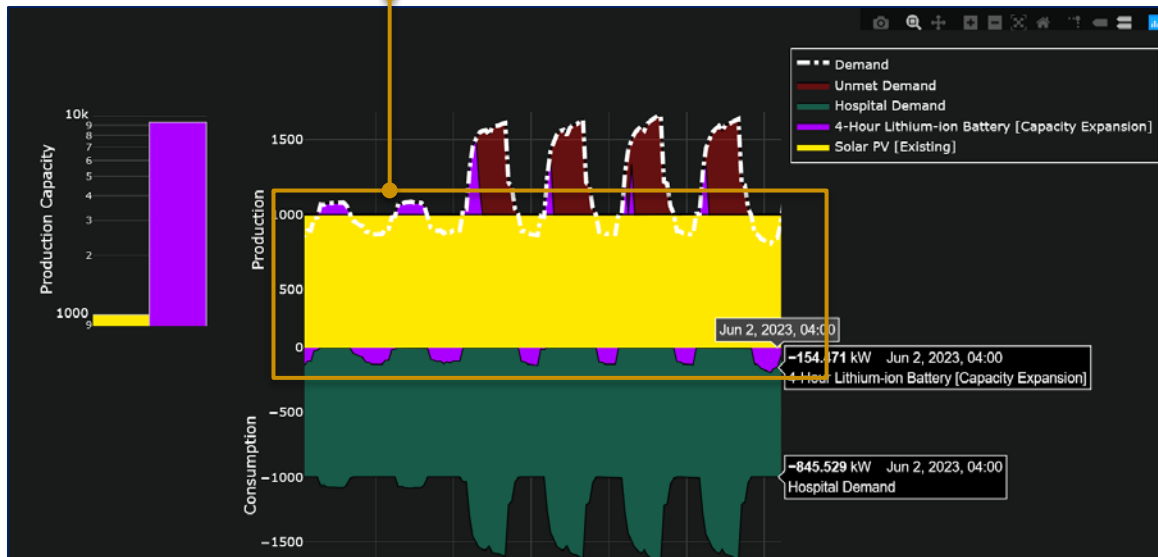
1 Pour éviter toute demande non satisfaite, la **taille de** notre parc solaire est passée de 1 MW à environ **10 MW**.



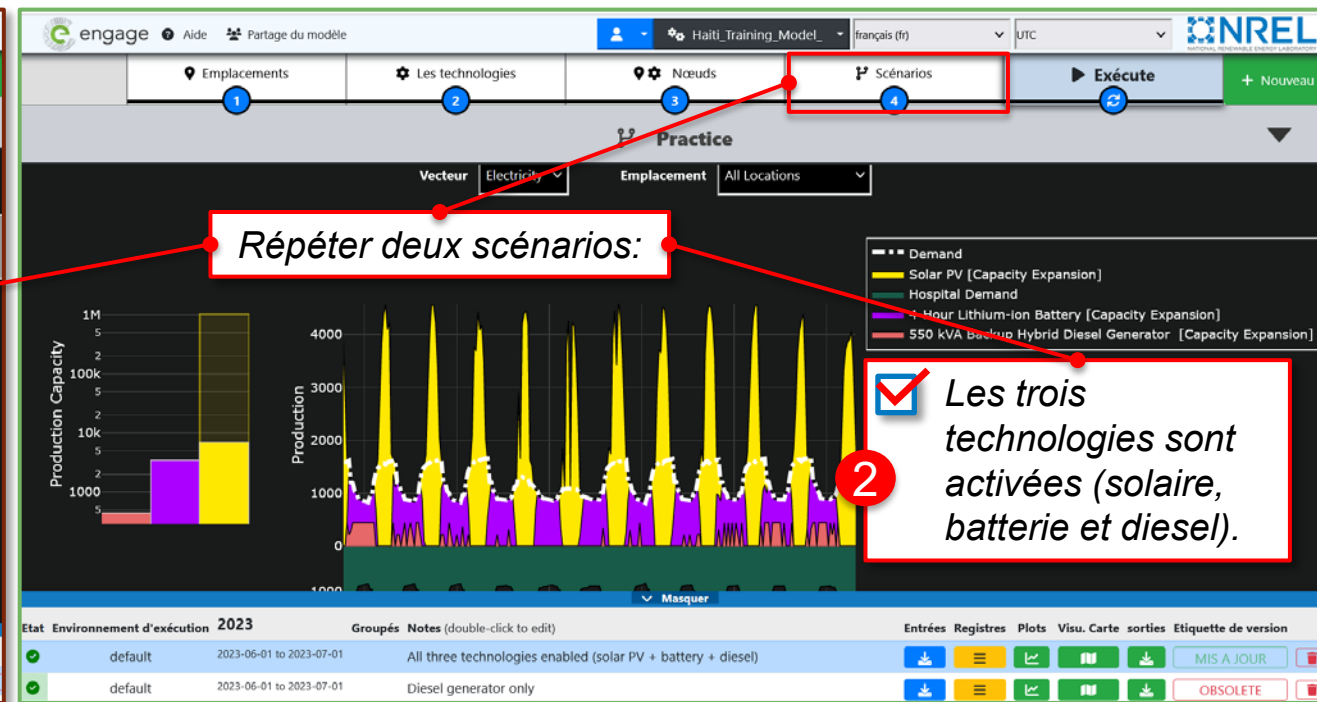
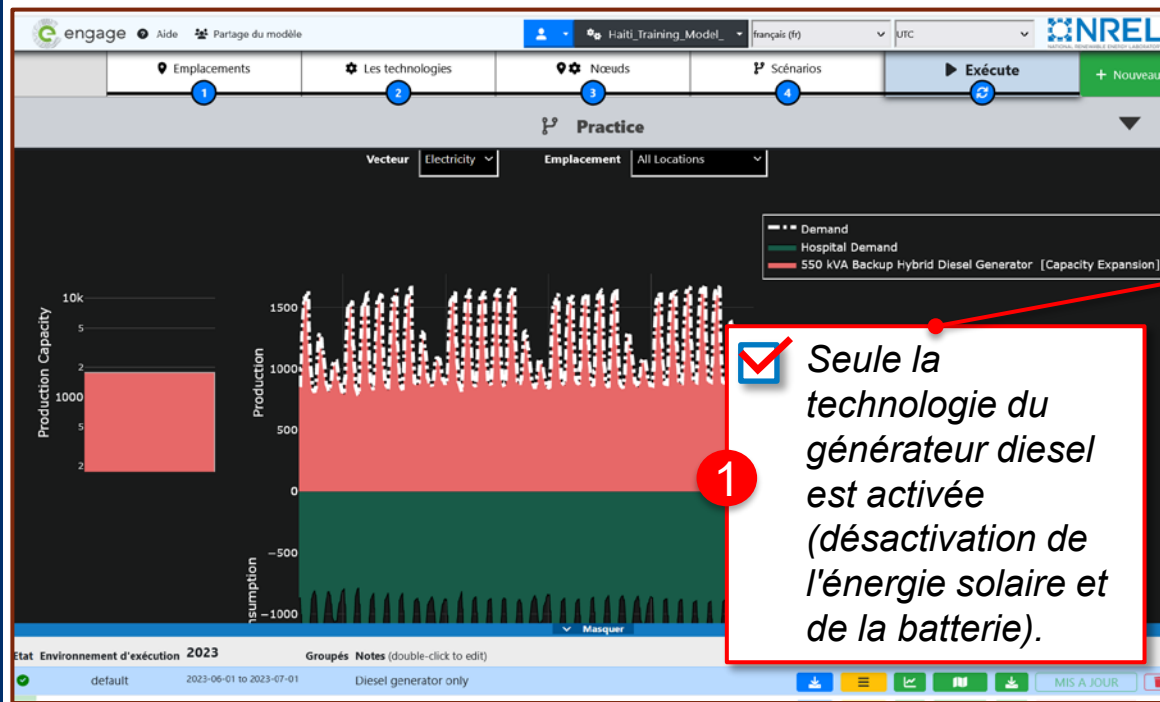
Énergies renouvelables

Deux changements majeurs sont intervenus dans notre modèle:

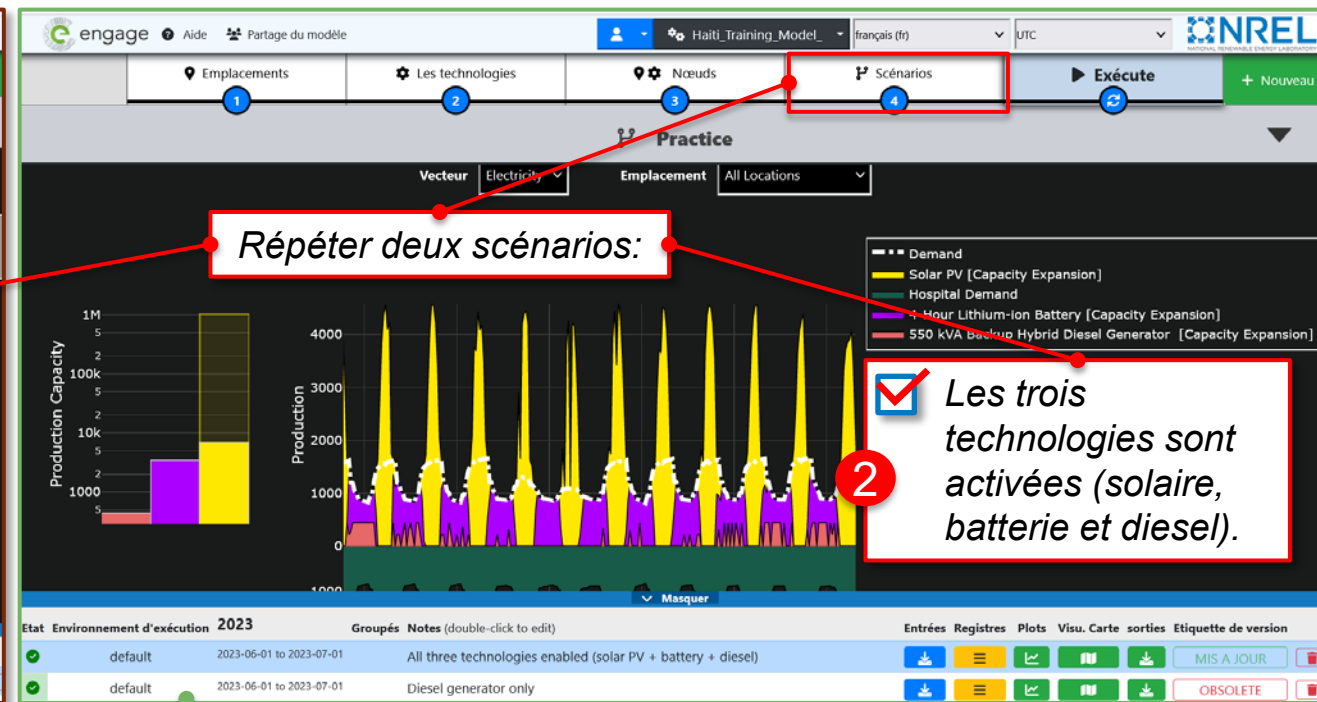
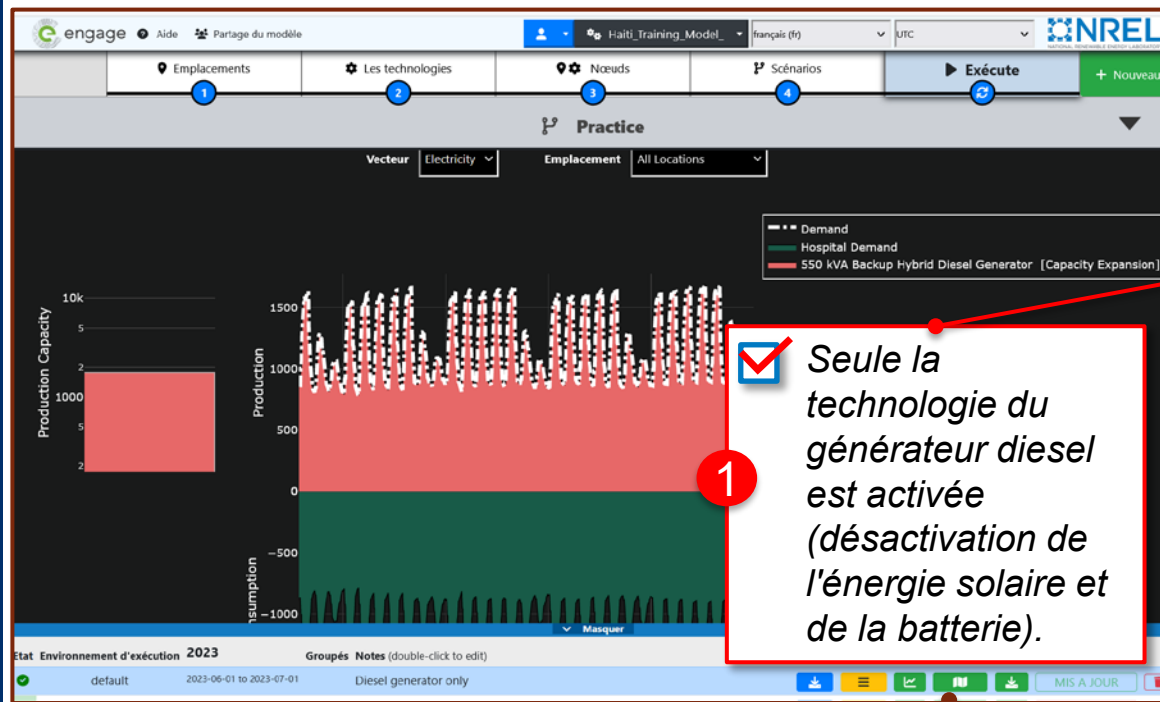
- La répartition **des** technologies a changé là où:
 - L'énergie solaire est** utilisée pour couvrir la totalité de la charge de l'hôpital pendant la journée et pour charger les batteries.
 - Les batteries** ne sont déchargées que la nuit.



Énergies renouvelables



Énergies renouvelables

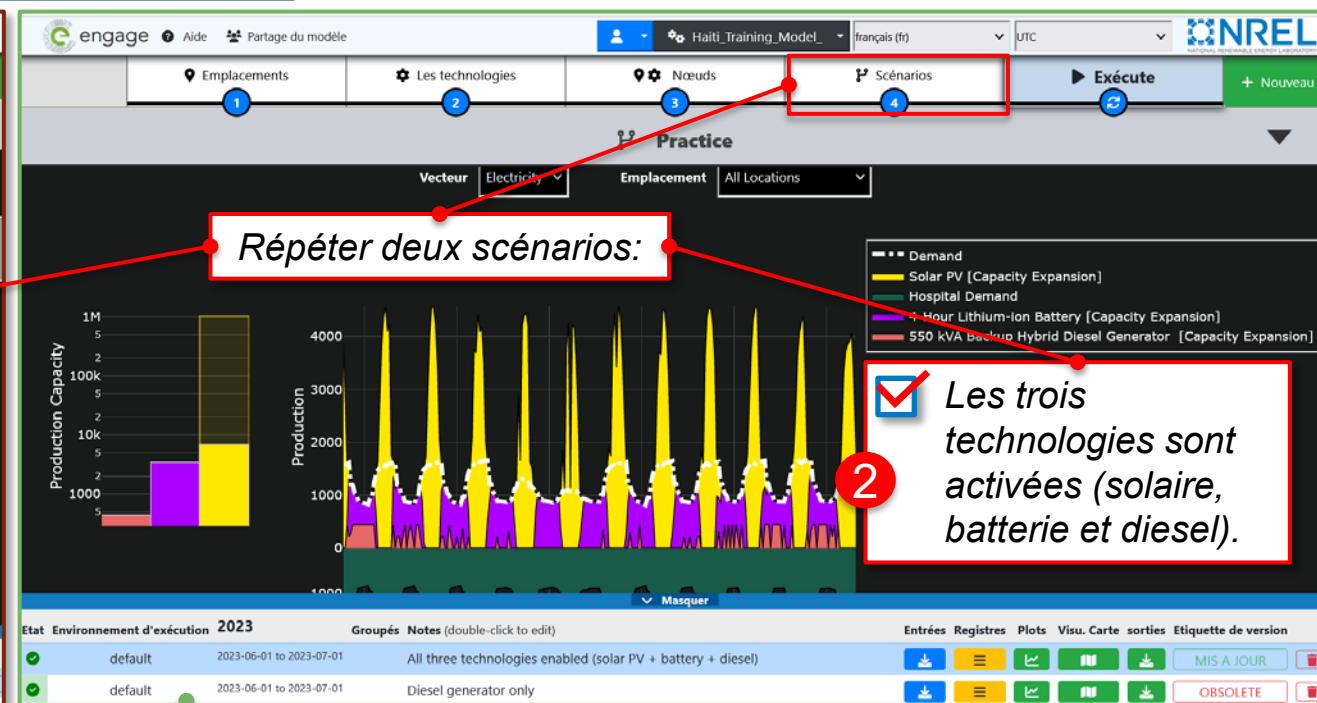
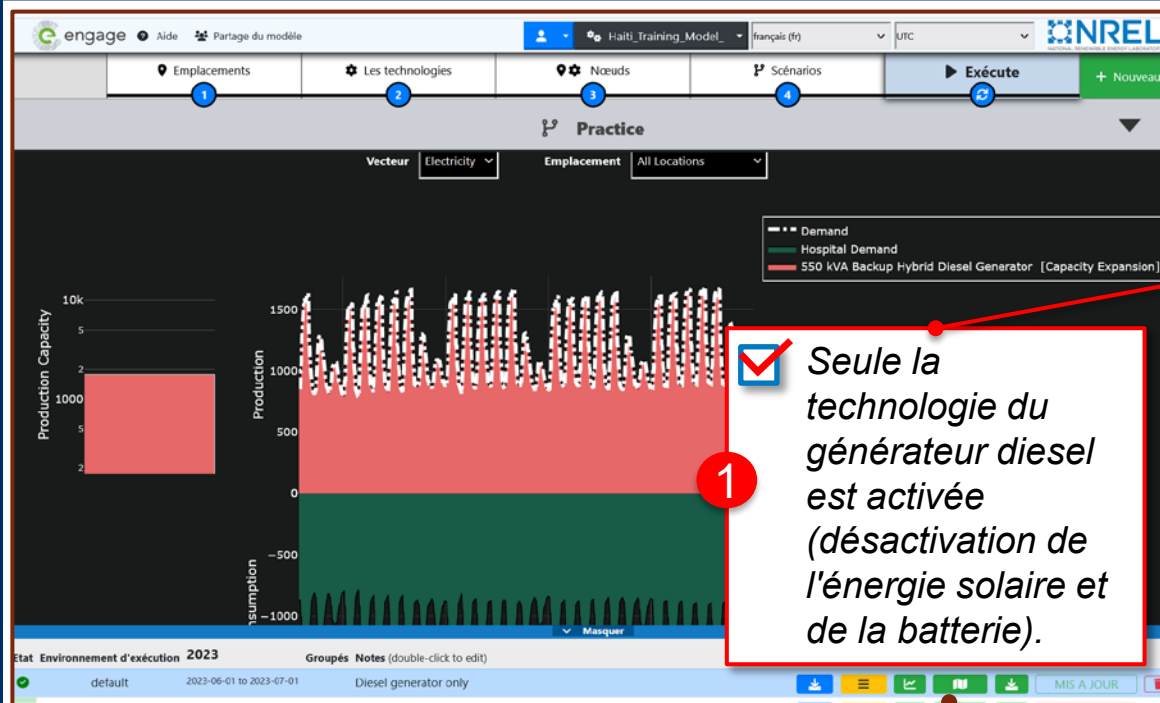


Répéter deux scénarios:

Capacités*	Solaire + Batterie	Diesel seulement	Solaire + Batterie + Diesel (Coût optimal)
PV solaire	10,2 MW	-	6,8 MW
Batterie	17 MWh	-	14 MWh
Générateur diesel	-	1,760 kW (4 unités)	440 kW (1 unité)
Coût total*	\$129 612	\$220 613	\$109 926

La construction optimale en termes de coûts repose sur une combinaison de panneaux solaires photovoltaïques, batteries de stockage et générateurs diesel de secours.

Énergies renouvelables



Répéter deux scénarios:

Capacités*	Solaire + Batterie	Diesel seulement	Solaire + Batterie + Diesel (Coût optimal)
PV solaire	10,2 MW	-	6,8 MW
Batterie	17 MWh	-	14 MWh
Générateur diesel	-	1,760 kW (4 unités)	440 kW (1 unité)
Coût total*	\$129 612	\$220 613	\$109 926

La construction optimale en termes de coûts repose sur une combinaison de panneaux solaires photovoltaïques, batteries de stockage et générateurs diesel de secours.

Note: Il s'agit des coûts et de la taille des technologies pour une période d'un mois ; une période d'un an serait nécessaire pour une analyse complète.

Modélisation des pénuries de carburant

**Que se passerait-il si notre
approvisionnement en diesel était limité?**

Modélisation des pénuries de carburant

	A	B	C	D
1	Timestep			
2	1/1/2023			
3	2/1/2023			
4	3/1/2023			
5	4/1/2023			
6	5/1/2023			
7	6/1/2023			
8	7/1/2023			
9	8/1/2023			
10	9/1/2023			
11	10/1/2023			
12	11/1/2023			
13	12/1/2023			

1 Créer des intervalles

- Construire une série temporelle **mensuelle** pour simuler un profil **annuel**
- Ne pas oublier le format de **la date et de l'heure** et l'enregistrement au format **csv**

Modélisation des pénuries de carburant

	A	B	C	D
1	Timestep			
2	1/1/2023			
3	2/1/2023			
4	3/1/2023			
5	4/1/2023			
6	5/1/2023			
7	6/1/2023			
8	7/1/2023			
9	8/1/2023			
10	9/1/2023			
11	10/1/2023			
12	11/1/2023			
13	12/1/2023			

1 Créer des intervalles

- Construire une série temporelle **mensuelle** pour simuler un profil **annuel**
- Ne pas oublier le format de **la date et de l'heure** et l'enregistrement au format **csv**

	A	B	C	D
1	Timestep	Diesel Availability		
2	1/1/2023	0.733918		
3	2/1/2023	0.980238		
4	3/1/2023	0.626617		
5	4/1/2023	0.578209		
6	5/1/2023	0.553737		
7	6/1/2023	0.648271		
8	7/1/2023	0.465691		
9	8/1/2023	0.212904		
10	9/1/2023	0.148782		
11	10/1/2023	0.28676		
12	11/1/2023	0.184595		
13	12/1/2023	0.176417		

	A	B	C	D	E
1	Timestep	Diesel Availability			
2	1/1/2023	=NORM.INV(RAND(), 0.5, 0.25)			
3	2/1/2023	(NORM.INV(probability, mean, standard_dev)			

2 Créer des valeurs pour la disponibilité du diesel

- Utiliser la fonction Excel **NORMINV(RAND())** pour générer aléatoirement des nombres ayant une moyenne de 50% et un écart-type de 25%

Note: Les chiffres fluctueront légèrement mais resteront homogènes.

Modélisation des pénuries de carburant

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Timestep	Diesel Ava	Diesel Price					
2	1/1/2023	0.419968	=IF(B2<0.5, (0.0707954839372008*2), 0.0707954839372008)					
3	2/1/2023	0.460182	=IF(logical_test, [value_if_true], [value_if_false])					

	A	B	C	D
1	Timestep			
2	1/1/2023			
3	2/1/2023			
4	3/1/2023			
5	4/1/2023			
6	5/1/2023			
7	6/1/2023			
8	7/1/2023			
9	8/1/2023			
10	9/1/2023			
11	10/1/2023			
12	11/1/2023			
13	12/1/2023			

1 Créer des intervalles

- Construire une série temporelle **mensuelle** pour simuler un profil **annuel**
- Ne pas oublier le format de **la date et de l'heure** et l'enregistrement au format **csv**

	A	B	C	D
1	Timestep	Diesel Availability		
2	1/1/2023	0.733918		
3	2/1/2023	0.980238		
4	3/1/2023	0.626617		
5	4/1/2023	0.578209		
6	5/1/2023	0.553737		
7	6/1/2023	0.648271		
8	7/1/2023	0.465691		
9	8/1/2023	0.212904		
10	9/1/2023	0.148782		
11	10/1/2023	0.28676		
12	11/1/2023	0.184595		
13	12/1/2023	0.176417		

2 Créer des valeurs pour la disponibilité du diesel

- Utiliser la fonction Excel **NORMINV(RAND())** pour générer aléatoirement des nombres ayant une moyenne de 50% et un écart-type de 25%

	D	E	F	G
5	Triple Price			
5	=IF(B2<0.5, (0.0707954839372008*3), 0.0707954839372008)			

3 Créer des valeurs pour Prix du diesel

- Utiliser la fonction **SI()** dans Excel pour doubler le prix du diesel lorsque la disponibilité du carburant est inférieure à 50%

Note: Les chiffres fluctueront légèrement mais resteront homogènes.

	A	B	C	D
1	Timestep	Diesel Availabil	Diesel Price	Triple Price
2	1/1/2023	0.73391776	0.0707955	0.070795
3	2/1/2023	0.980237584	0.0707955	0.070795
4	3/1/2023	0.626616821	0.0707955	0.070795
5	4/1/2023	0.578209163	0.0707955	0.070795
6	5/1/2023	0.553736564	0.0707955	0.070795
7	6/1/2023	0.648271042	0.0707955	0.070795
8	7/1/2023	0.465691183	0.141591	0.212386
9	8/1/2023	0.212904061	0.141591	0.212386
10	9/1/2023	0.14878178	0.141591	0.212386
11	10/1/2023	0.286760266	0.141591	0.212386
12	11/1/2023	0.184594645	0.141591	0.212386
13	12/1/2023	0.176417310	0.141591	0.212386

Modélisation des pénuries de carburant

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Timestep	Diesel Ava	Diesel Price					
2	1/1/2023	0.419968	=IF(B2<0.5, (0.0707954839372008*2), 0.0707954839372008)					
3	2/1/2023	0.460182	=IF(logical_test, [value_if_true], [value_if_false])					

	A	B	C	D
1	Timestep			
2	1/1/2023			
3	2/1/2023			
4	3/1/2023			
5	4/1/2023			
6	5/1/2023			
7	6/1/2023			
8	7/1/2023			
9	8/1/2023			
10	9/1/2023			
11	10/1/2023			
12	11/1/2023			
13	12/1/2023			

1 Créer des intervalles

- Construire une série temporelle **mensuelle** pour simuler un profil **annuel**
- Ne pas oublier le format de **la date et de l'heure** et l'enregistrement au format **csv**

	A	B	C	D
1	Timestep	Diesel Availability		
2	1/1/2023	0.733918		
3	2/1/2023	0.980238		
4	3/1/2023	0.626617		
5	4/1/2023	0.578209		
6	5/1/2023	0.553737		
7	6/1/2023	0.648271		
8	7/1/2023	0.465691		
9	8/1/2023	0.212904		
10	9/1/2023	0.148782		
11	10/1/2023	0.28676		
12	11/1/2023	0.184595		
13	12/1/2023	0.176417		

2 Créer des valeurs pour la disponibilité du diesel

- Utiliser la fonction Excel **NORMINV(RAND())** pour générer aléatoirement des nombres ayant une moyenne de 50% et un écart-type de 25%

	D	E	F	G
5	Triple Price			
5	=IF(B2<0.5, (0.0707954839372008*3), 0.0707954839372008)			

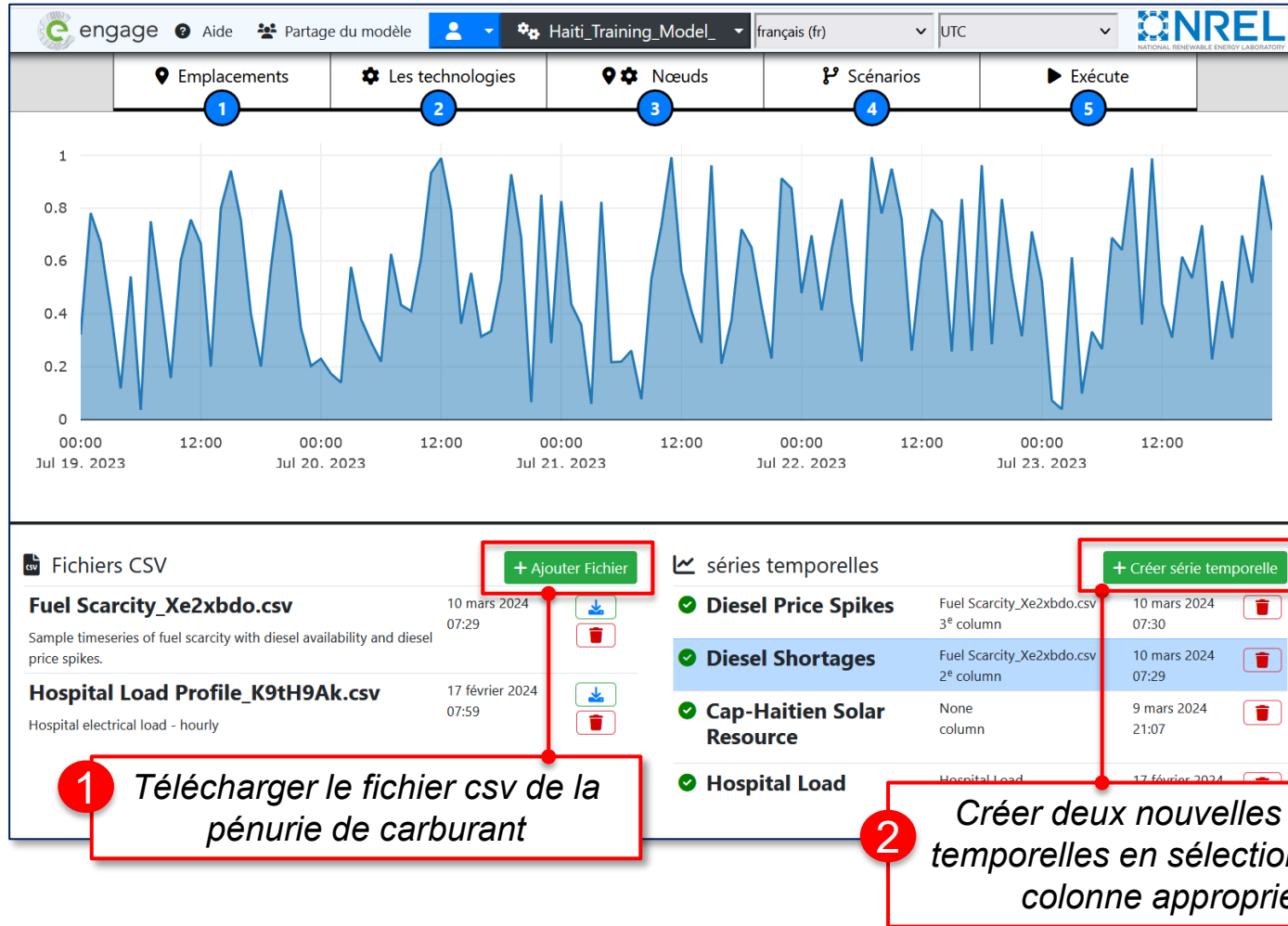
3 Créer des valeurs pour Prix du diesel

- Utiliser la fonction **SI()** dans Excel pour doubler le prix du diesel lorsque la disponibilité du carburant est inférieure à 50%

Note: Les chiffres fluctueront légèrement mais resteront homogènes.

	A	B	C	D
1	Timestep	Diesel Availabil	Diesel Price	Triple Price
2	1/1/2023	0.73391776	0.0707955	0.070795
3	2/1/2023	0.980237584	0.0707955	0.070795
4	3/1/2023	0.626616821	0.0707955	0.070795
5	4/1/2023	0.578209163	0.0707955	0.070795
6	5/1/2023	0.553736564	0.0707955	0.070795
7	6/1/2023	0.648271042	0.0707955	0.070795
8	7/1/2023	0.465691183	0.141591	0.212386
9	8/1/2023	0.212904061	0.141591	0.212386
10	9/1/2023	0.14878178	0.141591	0.212386
11	10/1/2023	0.286760266	0.141591	0.212386
12	11/1/2023	0.184594645	0.141591	0.212386
13	12/1/2023	0.176417310	0.141591	0.212386

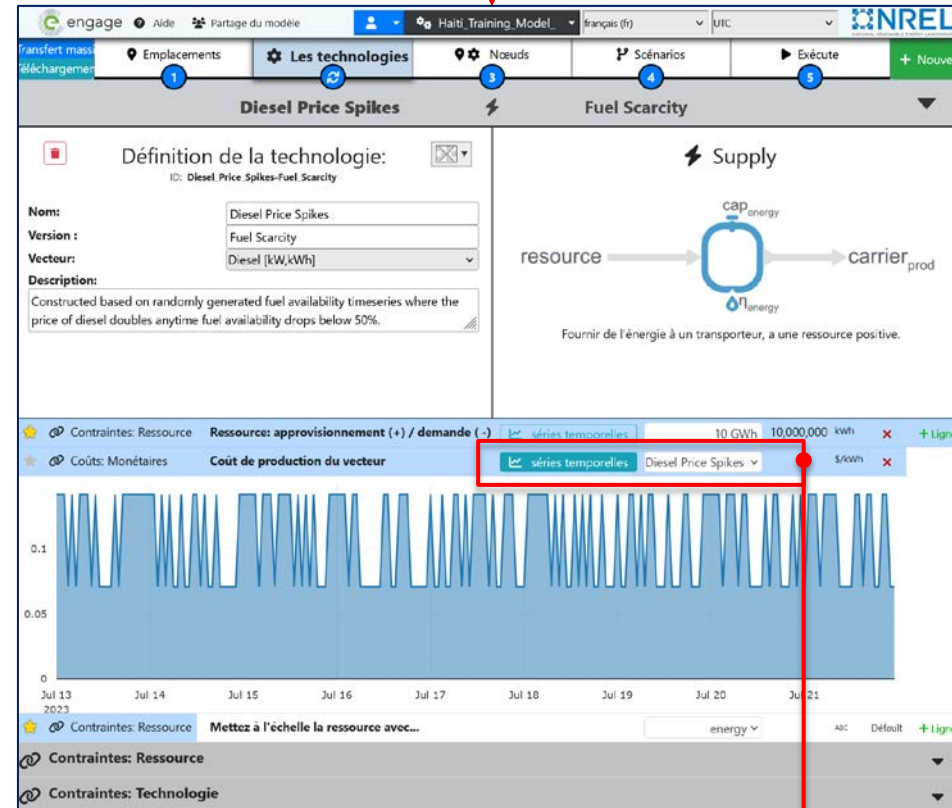
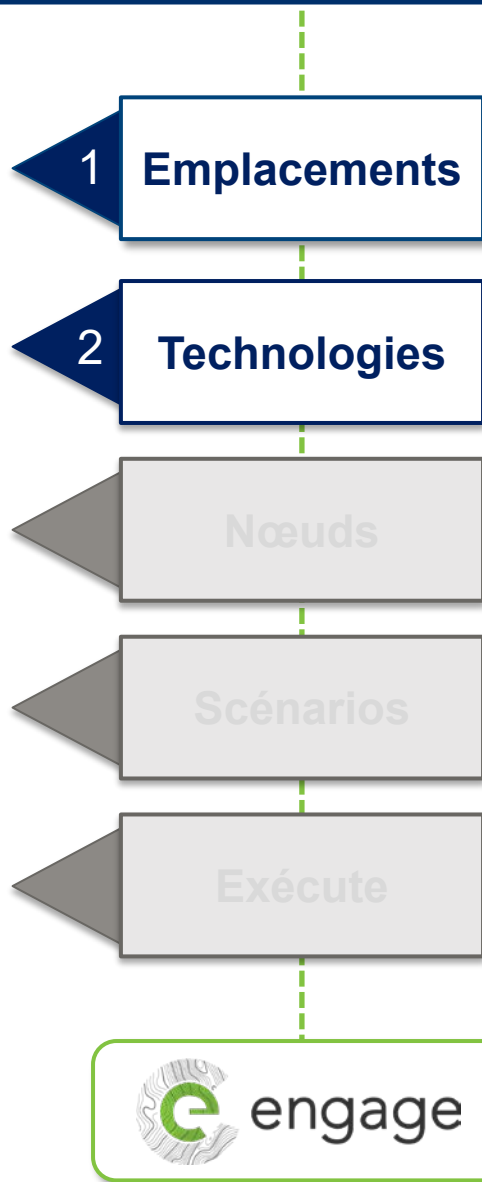
Modélisation des pénuries de carburant



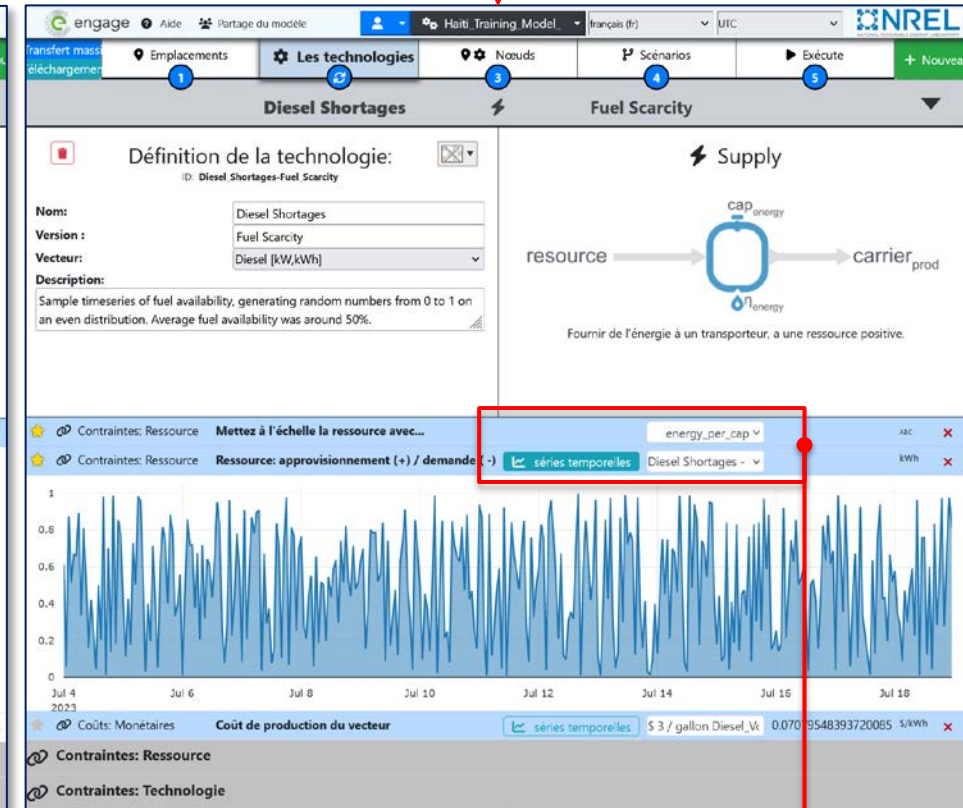
- Télécharger le fichier CSV de la pénurie de carburant dans Engage et créer **deux** nouvelles séries temporelles:

- **Pénuries de diesel** qui permet de suivre la disponibilité du diesel
- **Pics du prix du diesel** qui suit les prix du diesel (triple)

Modélisation des pénuries de carburant



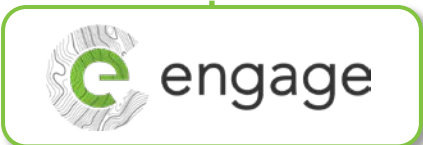
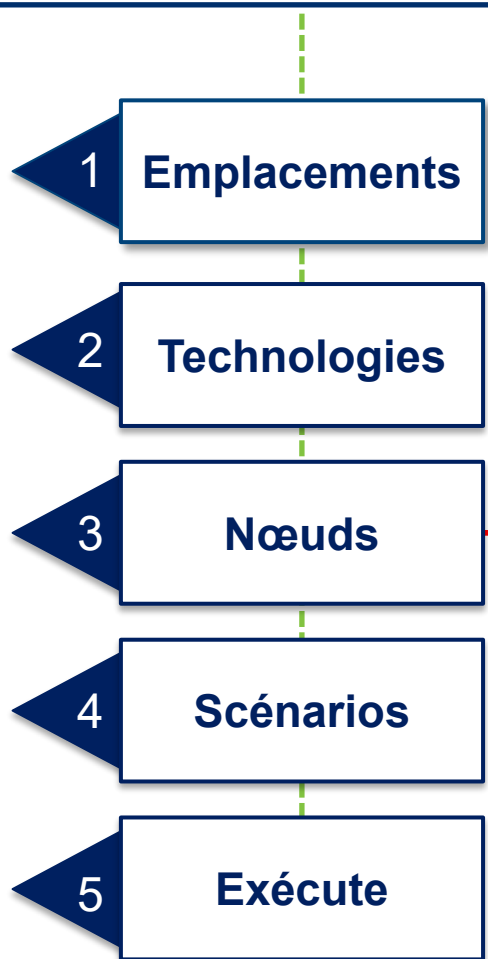
1 Créer une technologie d'approvisionnement en diesel pour laquelle le coût de production du transporteur est une série temporelle afin de modéliser les pics de prix.



2 Créer une technologie d'approvisionnement en diesel qui dispose de la ressource en tant que série temporelle pour modéliser les pénuries de carburant.

Ne pas oublier de mettre la ressource à l'échelle...

Modélisation des pénuries de carburant



3 Attribuer les deux technologies de pénurie de diesel à Varreux

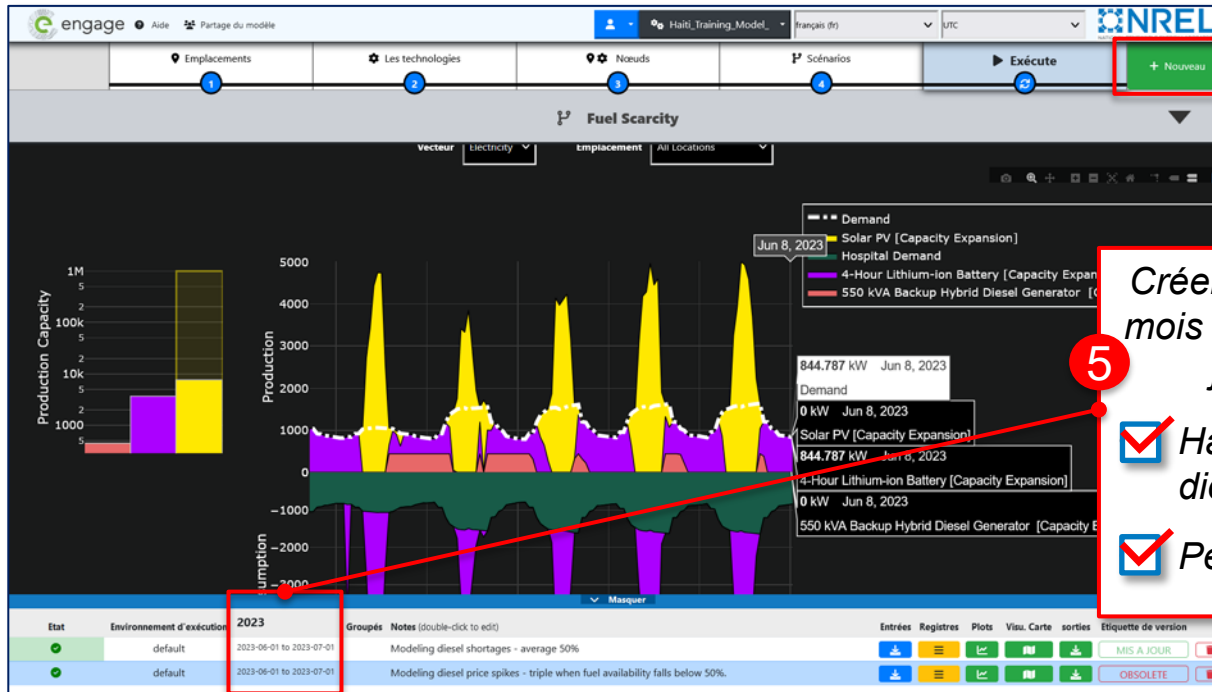
Les technologies	Version	Emplacements
Diesel to Electricity	550 kVA Backup Hybrid Diesel Generator	Capacity Expansion
Electricity	Hospital Demand	Hospital
Electricity	4-Hour Lithium-ion Battery	Capacity Expansion
Diesel	Diesel Price Spikes	Fuel Scarcity
Diesel	Diesel Shortages	Fuel Scarcity
Diesel	Diesel Supply	Fuel Scarcity
Electricity	Solar PV	Capacity Expansion
Diesel	Diesel Transport	Capacity Expansion
Electricity	PV Wire	Capacity Expansion

Pour voir l'impact des pics de prix du diesel, il suffit d'activer la technologie d'approvisionnement des pics de prix du diesel

Les technologies	Version	Emplacements
Diesel to Electricity	550 kVA Backup Hybrid Diesel Generator	Capacity Expansion
Electricity	Hospital Demand	Hospital
Electricity	4-Hour Lithium-ion Battery	Capacity Expansion
Diesel	Diesel Price Spikes	Fuel Scarcity
Diesel	Diesel Shortages	Fuel Scarcity
Diesel	Diesel Supply	Fuel Scarcity
Electricity	Solar PV	Capacity Expansion
Diesel	Diesel Transport	Capacity Expansion
Electricity	PV Wire	Capacity Expansion

Pour voir l'impact des pénuries de diesel, il suffit d'activer la technologie d'approvisionnement des pénuries de diesel

Modélisation des pénuries de carburant



5

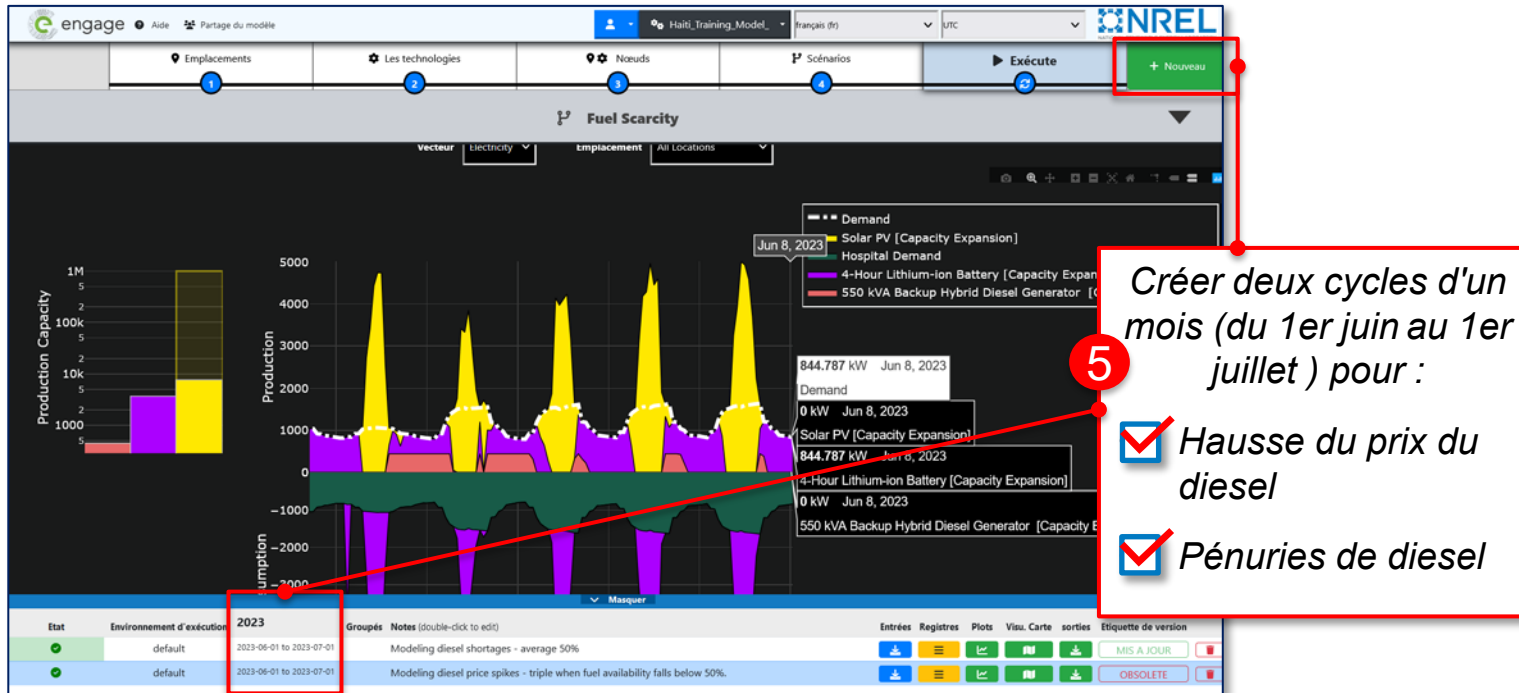
Créer deux cycles d'un mois (du 1er juin au 1er juillet) pour :

- Hausse du prix du diesel
- Pénuries de diesel

Capacités*	Solaire + Batterie	Diesel seulement	Solaire + Batterie + Diesel (Coût optimal)	Hausse des Prix	Pénuries de diesel
PV solaire	10,2 MW	-	6,8 MW	7,4 MW	6,8 MW
Batterie	17 MWh	-	14 MWh	15 MWh	14 MWh
Générateur diesel	-	1.760 kW (4 unités)	440 kW (1 unité)	440 kW (1 unité)	440 kW (1 unité)
Coût total*	\$129 612	\$220 613	\$109 926	\$114 793	\$109 927

Note: Il s'agit des coûts et de la taille des technologies pour une période d'un mois ; une période d'un an serait nécessaire pour une analyse complète.

Modélisation des pénuries de carburant



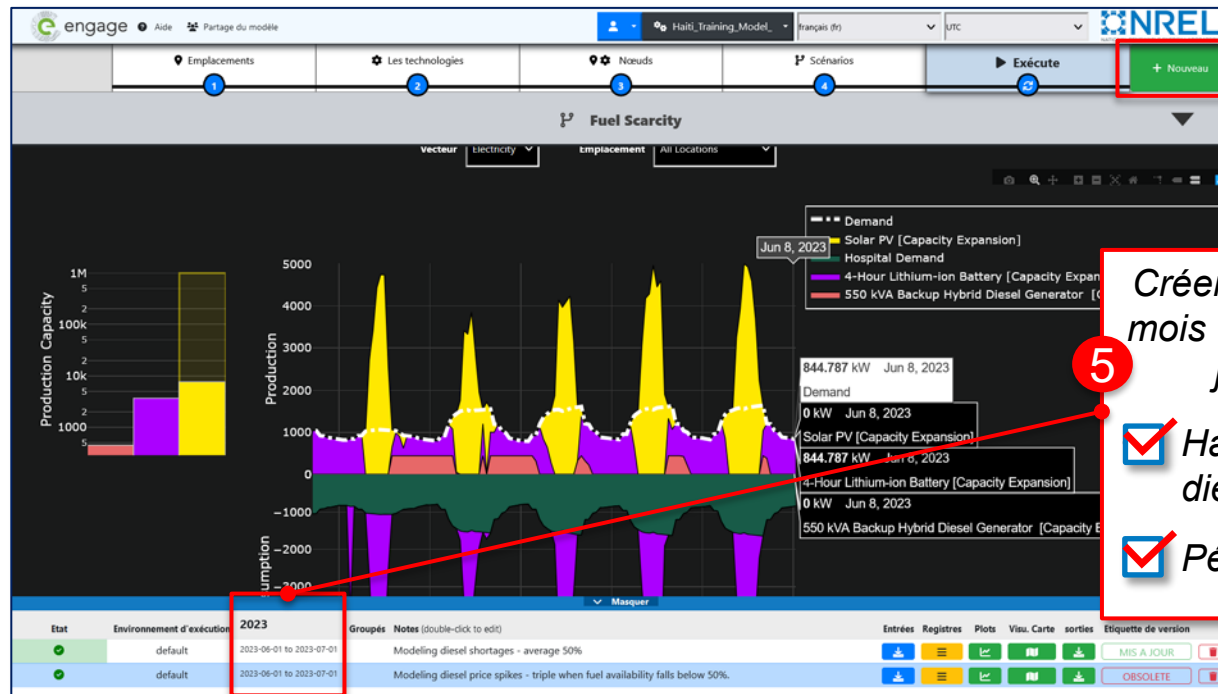
- Le système PV solaire + la batterie + le générateur diesel ont le potentiel de **réduire les coûts énergétiques de l'hôpital et d'améliorer sa résilience opérationnelle** en cas de crise du carburant.
- Le système solaire PV + la batterie seule pourrait conduire à des coûts de système énergétique plus élevés en raison du dimensionnement plus important des technologies.

Capacités*	Solaire + Batterie	Diesel seulement	Solaire + Batterie + Diesel (Coût optimal)	Hausse des Prix	Pénuries de diesel
PV solaire	10,2 MW	-	6,8 MW	7,4 MW	6,8 MW
Batterie	17 MWh	-	14 MWh	15 MWh	14 MWh
Générateur diesel	-	1.760 kW (4 unités)	440 kW (1 unité)	440 kW (1 unité)	440 kW (1 unité)
Coût total*	\$129 612	\$220 613	\$109 926	\$114 793	\$109 927

Note: Il s'agit des coûts et de la taille des technologies pour une période d'un mois ; une période d'un an serait nécessaire pour une analyse complète.

Modélisation des pénuries de carburant

Note: Les chiffres exacts (capacités et coûts) varieront légèrement en fonction de la distribution aléatoire des séries temporelles.



5
Créer deux cycles d'un mois (du 1er juin au 1er juillet) pour :

- Hausse du prix du diesel
- Pénuries de diesel

- Le système PV solaire + la batterie + le générateur diesel ont le potentiel de **réduire les coûts énergétiques de l'hôpital et d'améliorer sa résilience opérationnelle** en cas de crise du carburant.
- Le système solaire PV + la batterie seule pourrait conduire à des coûts de système énergétique plus élevés en raison du dimensionnement plus important des technologies.

Capacités*	Solaire + Batterie	Diesel seulement	Solaire + Batterie + Diesel (Coût optimal)	Hausse des Prix	Pénuries de diesel
PV solaire	10,2 MW	-	6,8 MW	7,4 MW	6,8 MW
Batterie	17 MWh	-	14 MWh	15 MWh	14 MWh
Générateur diesel	-	1.760 kW (4 unités)	440 kW (1 unité)	440 kW (1 unité)	440 kW (1 unité)
Coût total*	\$129 612	\$220 613	\$109 926	\$114 793	\$109 927

Note: Il s'agit des coûts et de la taille des technologies pour une période d'un mois ; une période d'un an serait nécessaire pour une analyse complète.

Merci!

Contactez engage@nrel.gov pour tout problème ou question.



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE



This work was authored, in part, by the National Renewable Energy Laboratory (NREL), operated by Alliance for Sustainable Energy, LLC, for the U.S. Department of Energy (DOE) under Contract No. DE-AC36-08GO28308. Funding provided by the United States Agency for International Development (USAID) under Contract No. IAG-19-2120. The views expressed in this report do not necessarily represent the views of the DOE or the U.S. Government, or any agency thereof, including USAID. The U.S. Government retains and the publisher, by accepting the article for publication, acknowledges that the U.S. Government retains a nonexclusive, paid-up, irrevocable, worldwide license to publish or reproduce the published form of this work, or allow others to do so, for U.S. Government purposes.

NREL/PR-7A40-89408