



Modelisation, Analyse et Evaluation des Performances

TP N°4 Livrable N°2: Conception et Développement d'un Digital Twin pour le Pilotage de la Performance d'un système de production



Elaboré par:
KHECHINE Elyes
BEN ABDALLAH Mohamed

IIA4 G1

2022-2023

I. Introduction

Le présent rapport fait suite au livrable 1 du TP4 de Modélisation Analyse et Evaluation de performances, qui a porté sur le choix et la description de notre système physique de production de biens dans le domaine agroalimentaire, ainsi que sur la définition de ses sous-systèmes, à savoir le sous-système de Gestion des Approvisionnements et des Fournisseurs (GAF) et le sous-système de Transformation des Biens (TB). Le livrable 2 a pour objectif de réaliser la modélisation et la simulation d'un jumeau numérique (Digital Twin) de notre système physique, en utilisant les logiciels AnyLogic pour le sous-système de transformation et AnyLogistix pour le sous-système de gestion des approvisionnements et des fournisseurs.

Ce document a pour objectif de répondre aux exigences du cahier des charges des travaux pratiques n°4 en combinant les livrables 1 et 2 pour la conception et le développement d'un jumeau numérique pour le pilotage de la performance de notre système de production agroalimentaire de biscuits. Nous suivrons les instructions du cahier des charges pour la définition complète du système, de ses sous-systèmes, et leur simulation via les logiciels AnyLogic et AnyLogistix. Le but final est de concevoir un Digital Twin et sa simulation pour le pilotage du changement de notre système.

II. Choix et Description du Système de Production

1. Cahier des charges

Notre entreprise opère dans la production manufacturière de biens dans le domaine agroalimentaire, en particulier dans la fabrication de biscuits avec des particularités liées au système de stockage, de transformation et de conservation des produits.

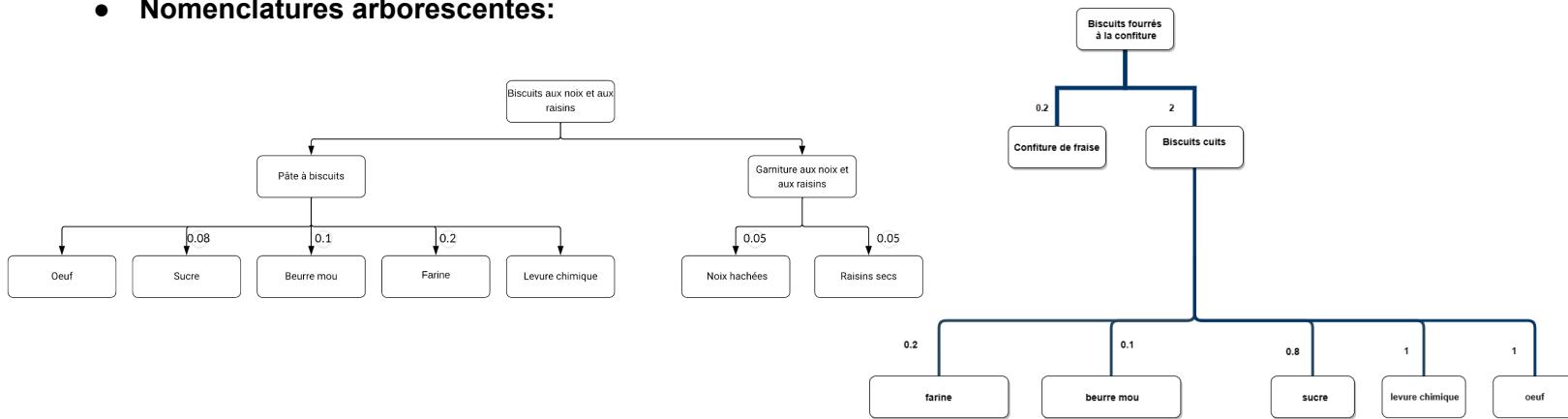
2. Sous-systèmes de Transformation de biens:

Le sous-système de Transformation des Biens (TB) est le premier des deux sous-systèmes qui composent notre système physique. Il comprend les différentes étapes de transformation des matières premières en produits finis.

2.1 Description du Sous-système de Transformation des Biens (TB)

Pour la partie de transformation de biens, notre ligne de production est composée des entités physiques suivantes :

- Produits finis :** Nous produisons deux produits finis, des "Biscuits aux noix et aux raisins" et des "Biscuits fourrés à la confiture", avec une nomenclature précise pour chaque produit.
- Matières premières:** Nous travaillons avec des ingrédients de qualité supérieure tels que des noix, des raisins secs, de la confiture de fraise, du sucre, de la farine et des œufs pour fabriquer nos deux types de biscuits finis:
- Nomenclatures arborescentes:**



- Postes de travail :** Notre ligne de production est constituée de 3 postes de travail. Le premier poste est la préparation de la pâte pour les biscuits, le deuxième poste est la cuisson des biscuits, le troisième poste est la finition des biscuits.
- Gammes de production:**

Poste de travail	Opérations	Produit #1: Biscuits aux noix et aux raisins	Produit #2: Biscuits fourrés à la confiture
Préparation de la pâte pour les biscuits	1	Mélanger farine et levure	
	2	Mélanger beurre, sucre, oeuf.	
	3	Ajouter la farine progressivement	
Cuisson des biscuits	4	Four préchauffé (180°C)	
	5	Former boules aplaties.	
	6	Répéter pour toute la pâte.	
	7	Déposer sur plaque	
	8	Enfourner 12-15 min à 180°C.	
	9	Laisser refroidir sur plaque	
Finition des biscuits	10	Ajouter noix et raisins	Ajouter confiture, recouvrir.

- Moyens d'acheminement :**

Produit #1: Biscuits aux noix et aux raisins

- Convoyeurs pour transporter les matières premières jusqu'au premier poste de travail pour la préparation de la pâte
- Chariots pour transporter la pâte préparée jusqu'au deuxième poste de travail pour la cuisson des biscuits
- Chariots pour transporter les biscuits cuits jusqu'au troisième poste de travail pour la finition des biscuits
 - Ajout de noix et raisins pour la finition des biscuits
- Chariots pour transporter les biscuits finis jusqu'à la zone de stockage

Produit #2: Biscuits fourrés à la confiture

- Convoyeurs pour transporter les matières premières jusqu'au premier poste de travail pour la préparation de la pâte
- Chariots pour transporter la pâte préparée jusqu'au deuxième poste de travail pour la cuisson des biscuits
- Chariots pour transporter les biscuits cuits jusqu'au troisième poste de travail pour la finition des biscuits
 - Ajout de confiture de fraise pour la finition des biscuits
- Chariots pour transporter les biscuits finis jusqu'à la zone de stockage

- Stockage :** Nous avons prévu des entrepôts dédiés pour chaque type de produit.

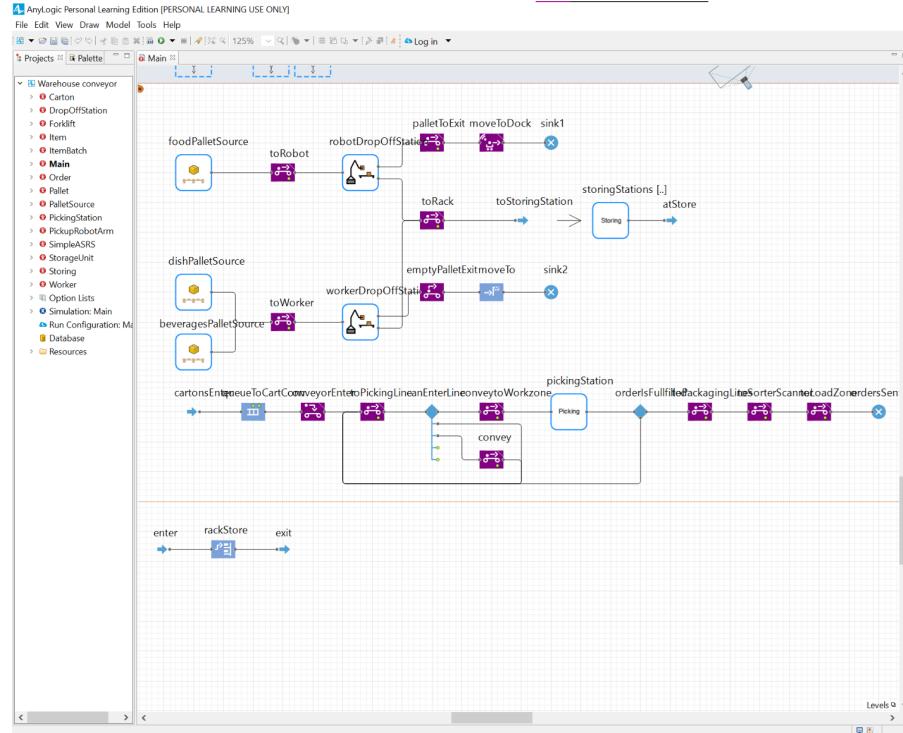
- Une zone de stockage des matières premières ;
- Une zone de production ;
- Une zone de stockage des produits finis.

2.2 Modélisation sur AnyLogic

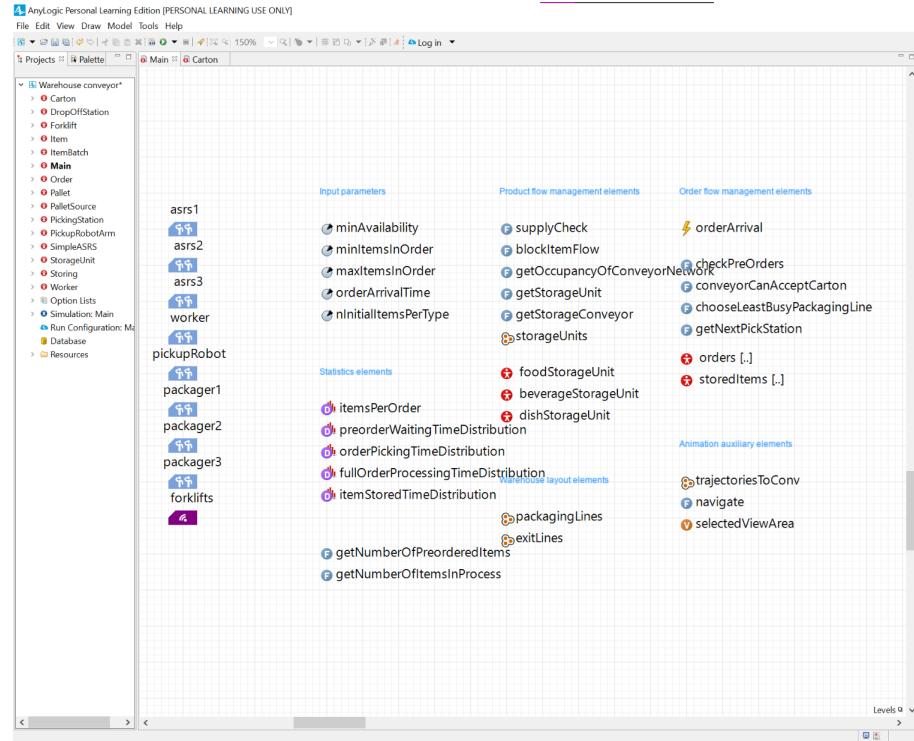
La modélisation du sous-système de Transformation des Biens (TB) en utilisant AnyLogic consiste à représenter les différents éléments du système, en ajustant leurs paramètres pour que le modèle soit à l'image du cas réel. Il est important de prendre en compte les différentes étapes de production et les délais associés.

- Agent "Main"

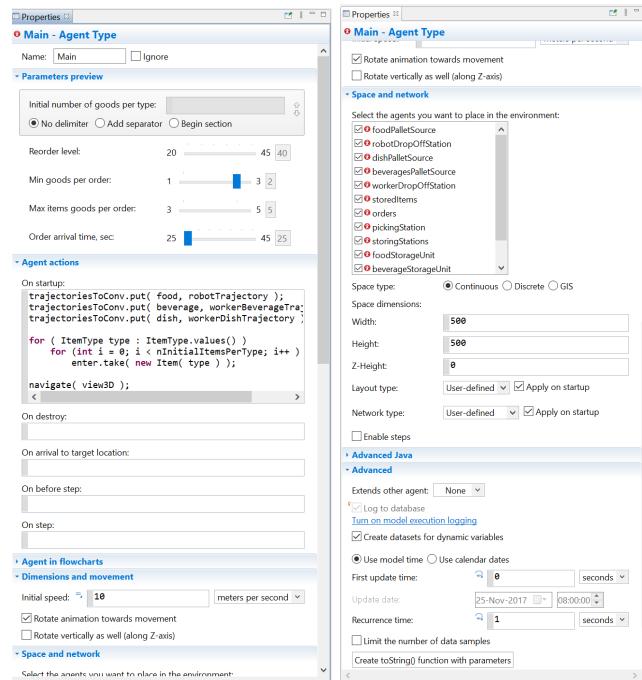
- **Architecture du model**



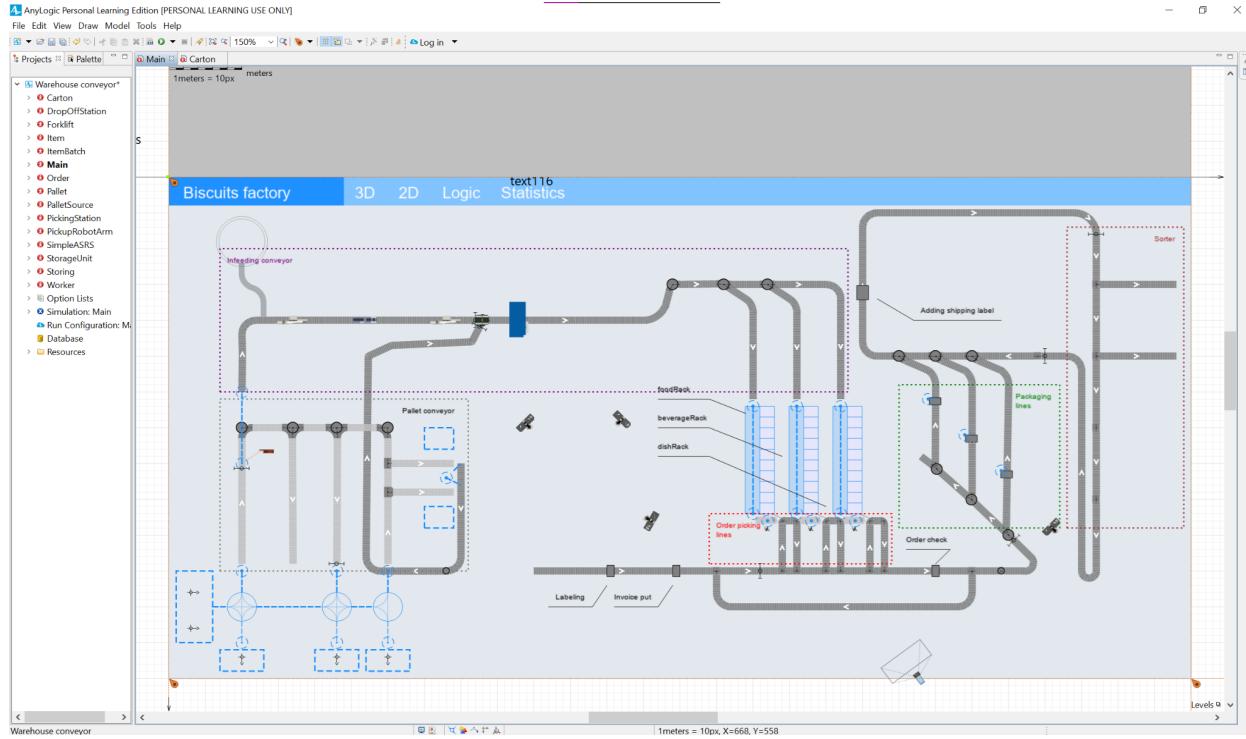
- **Parameters**



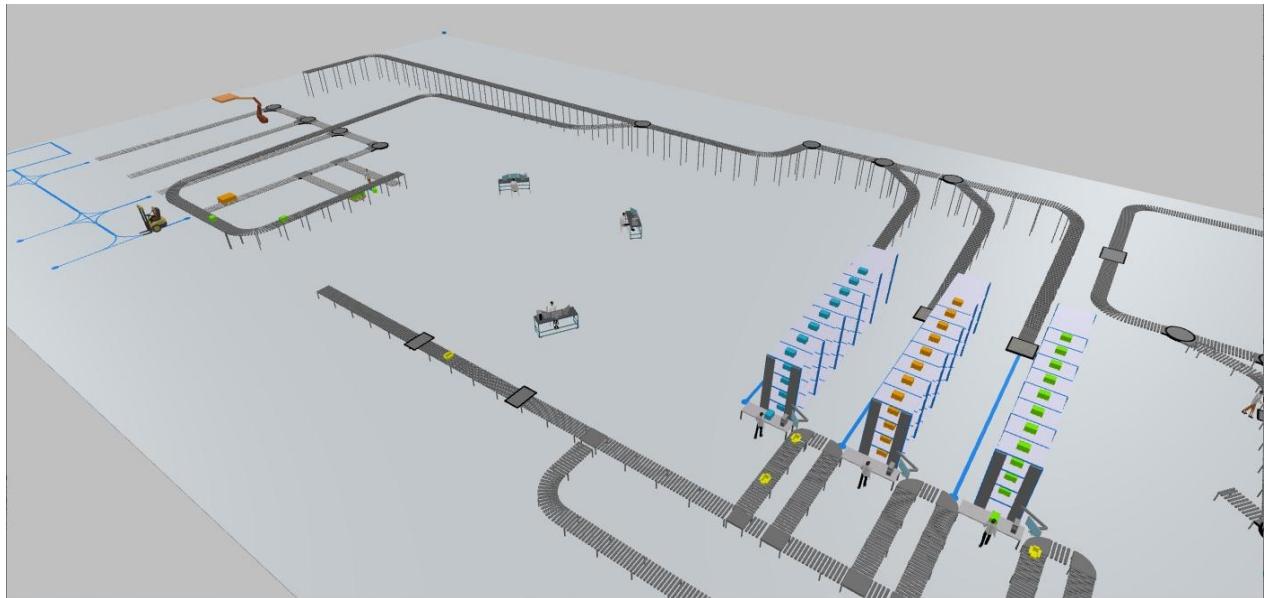
○ Propriétés



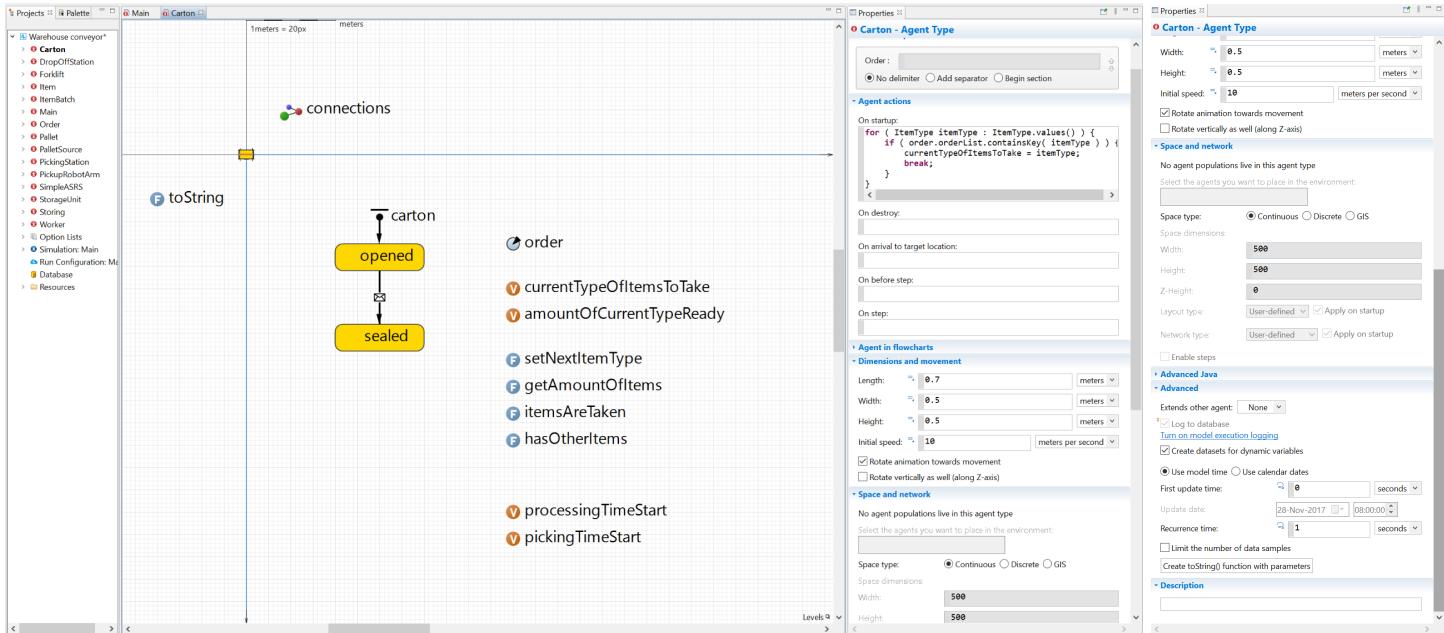
○ Vue 2D



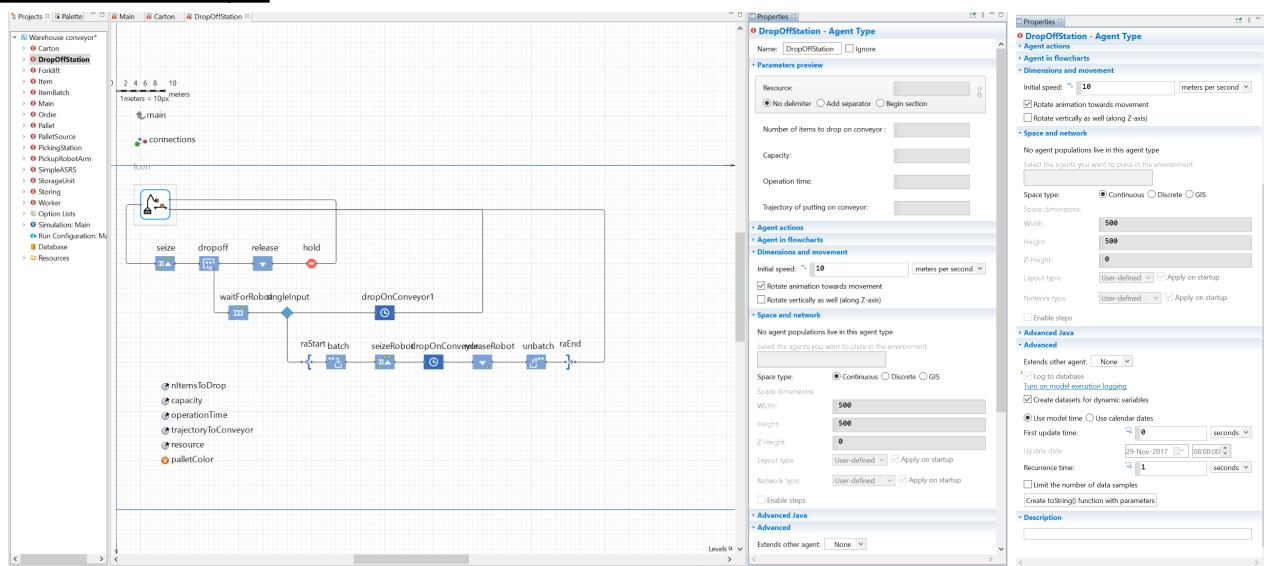
- **Vue 3D**



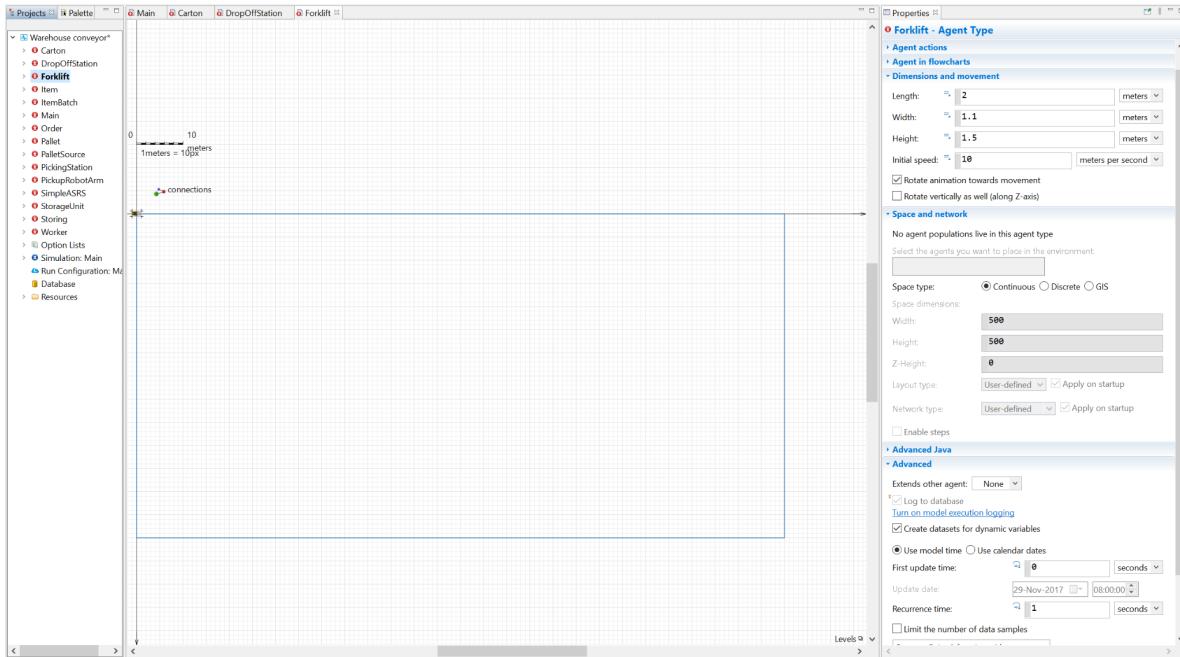
- Agent: Carton



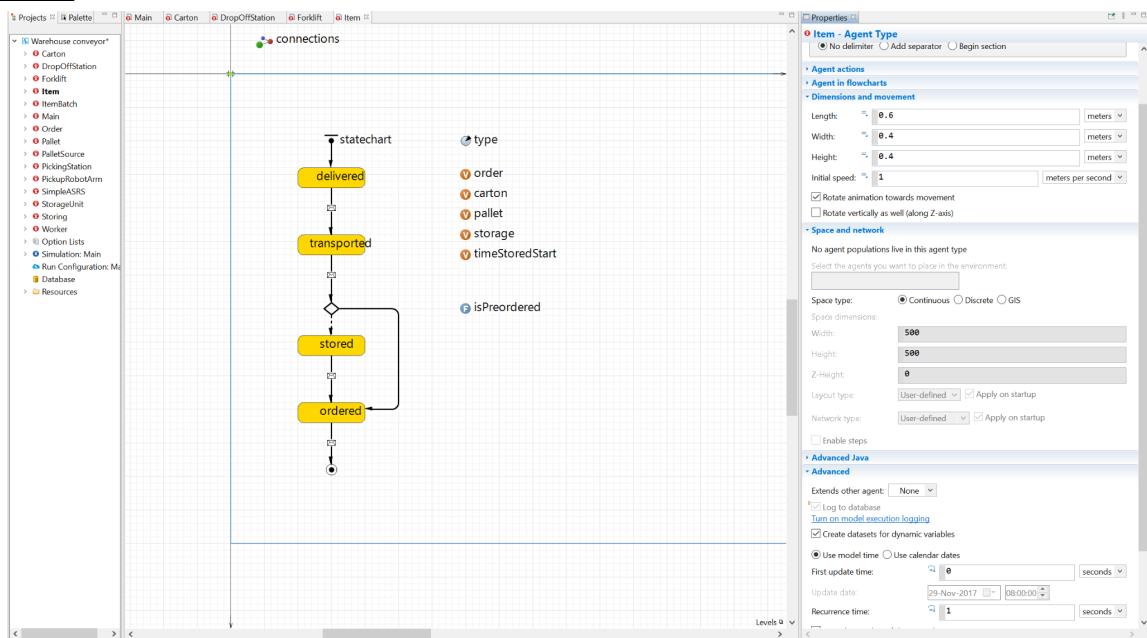
● Agent: Station de dépôt



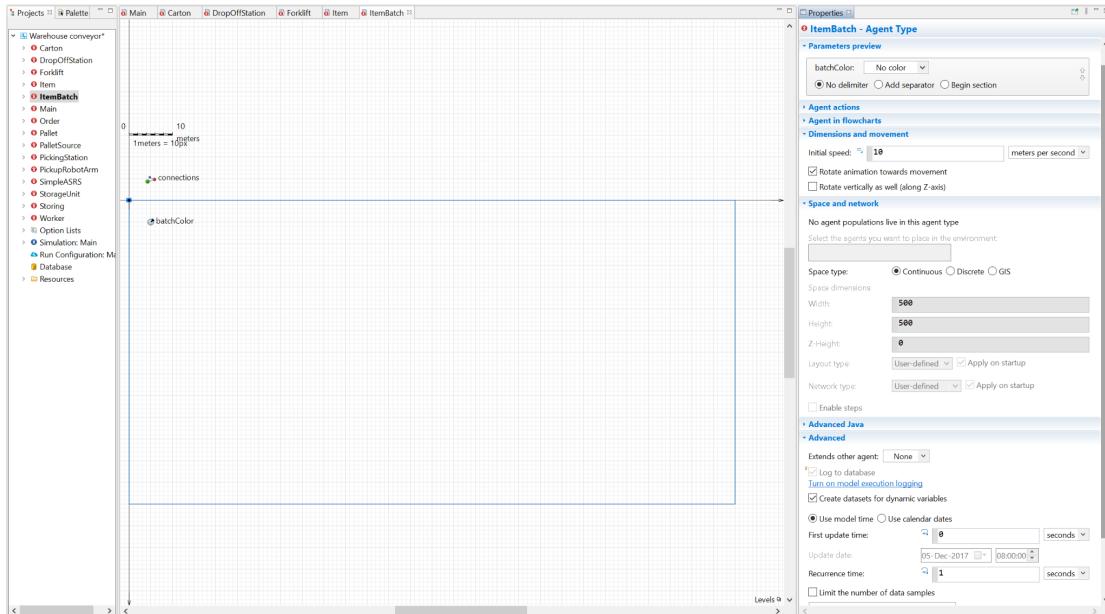
● Agent: Chariot élévateur



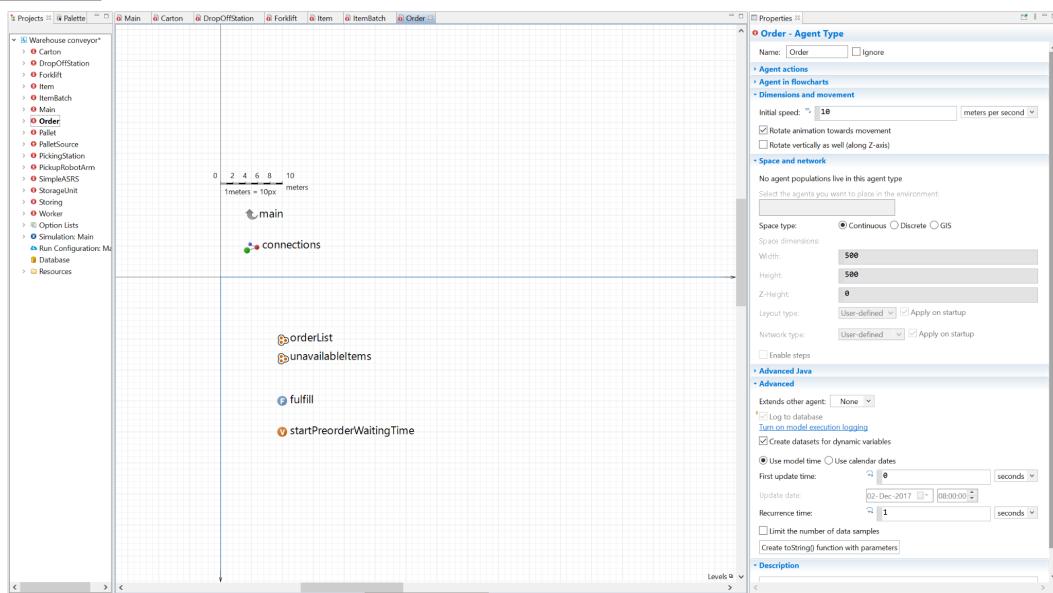
● Agent: Article



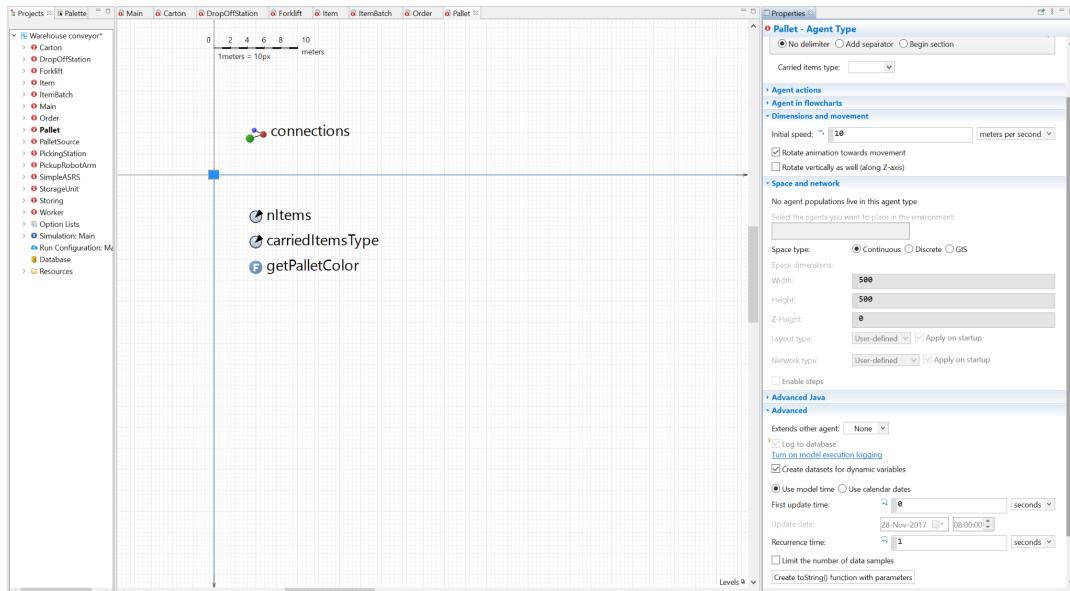
● Agent: Lot d'articles



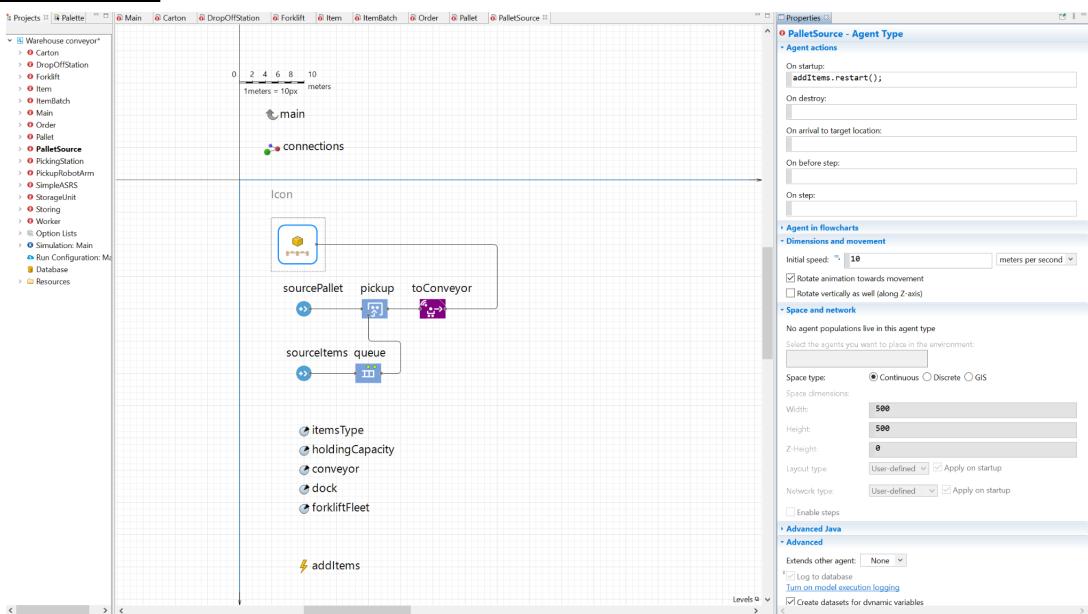
- Agent: Commande



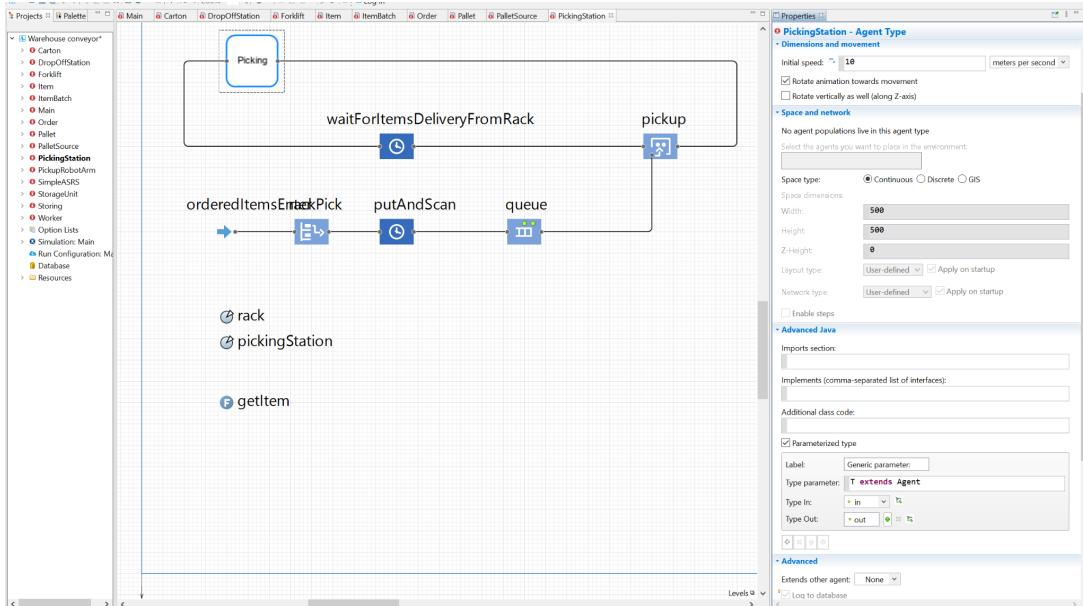
- Agent: Palette



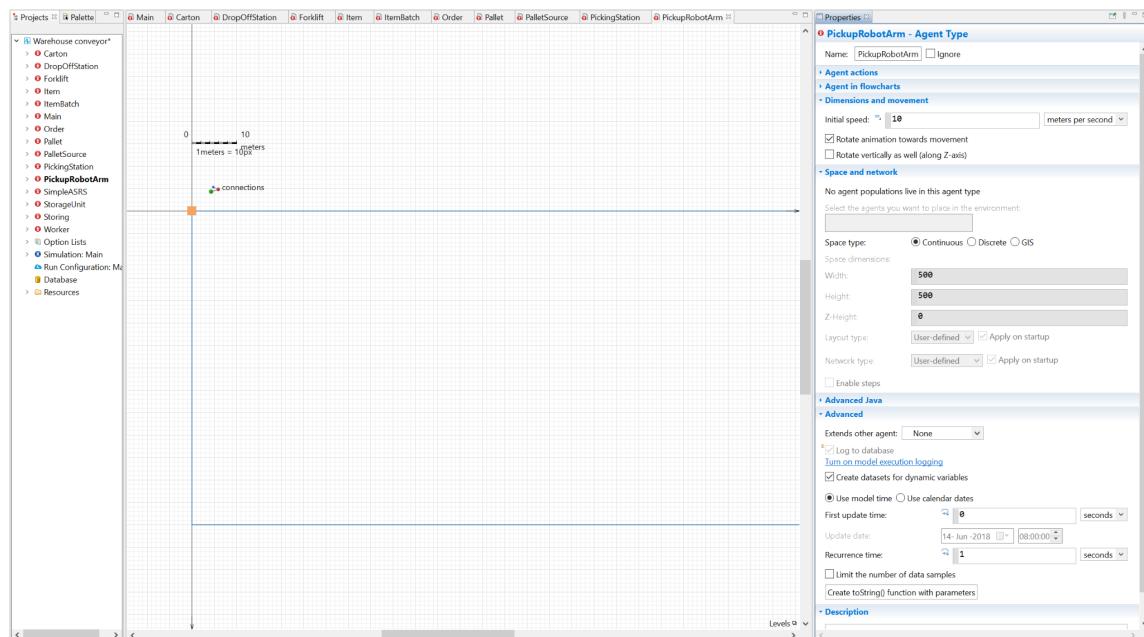
• Agent: Palette Source



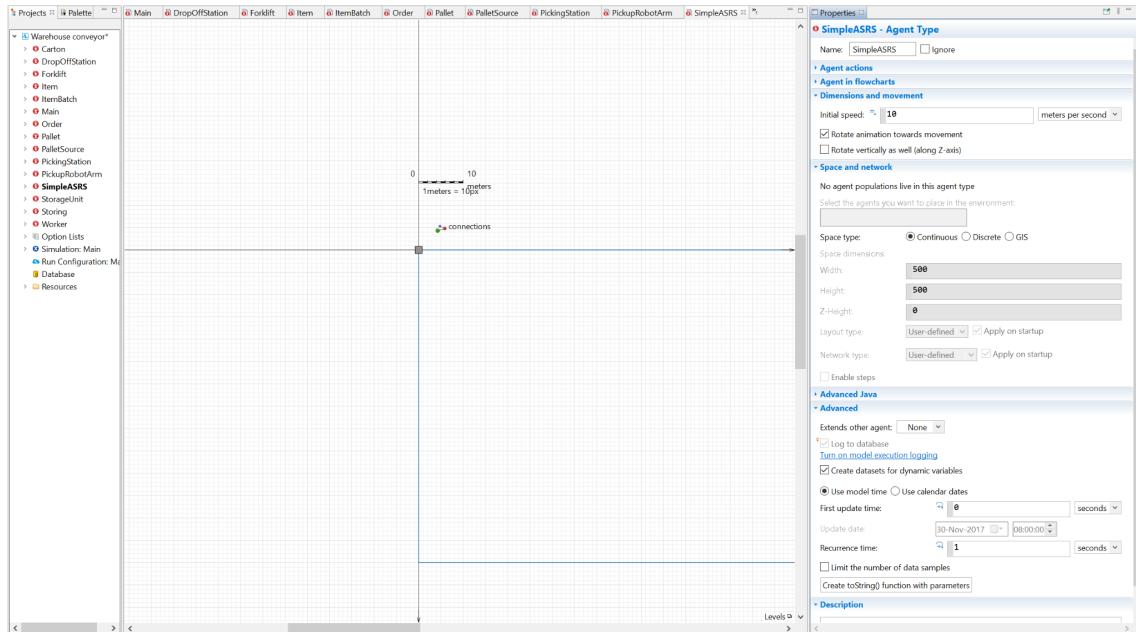
• Agent: Station de prélevement



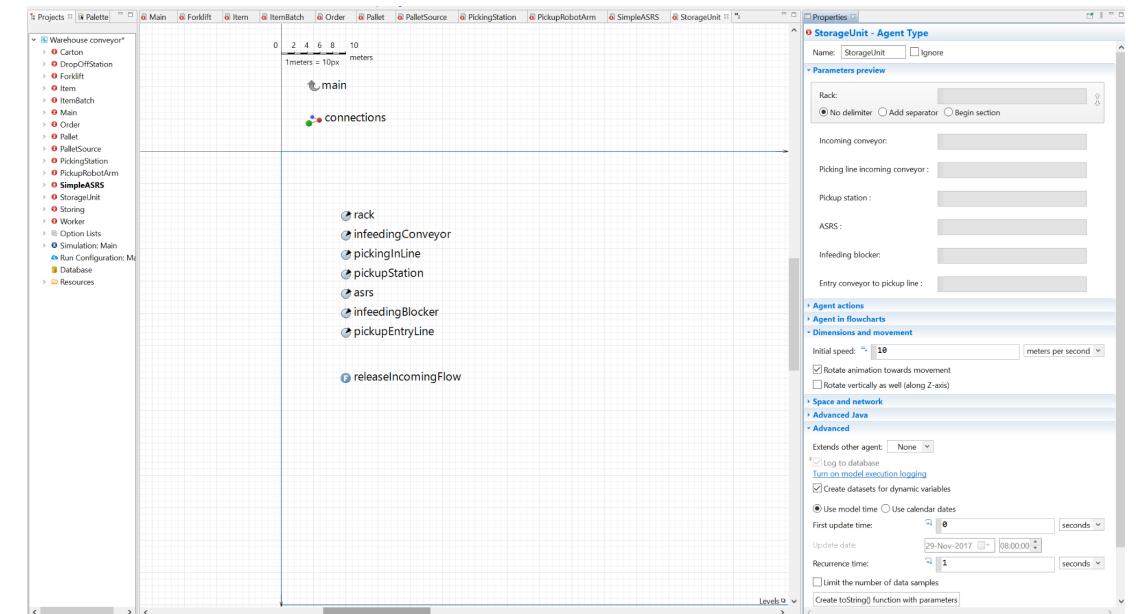
- Agent: Bras robotisé de prélevement



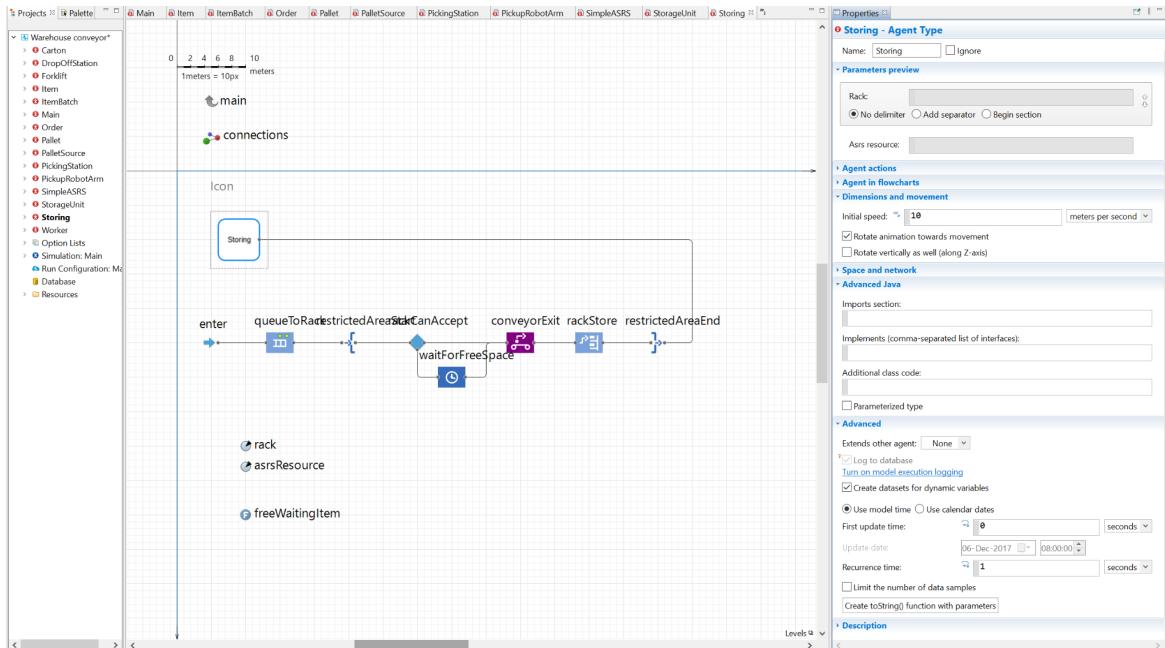
- Agent: ASRS simple



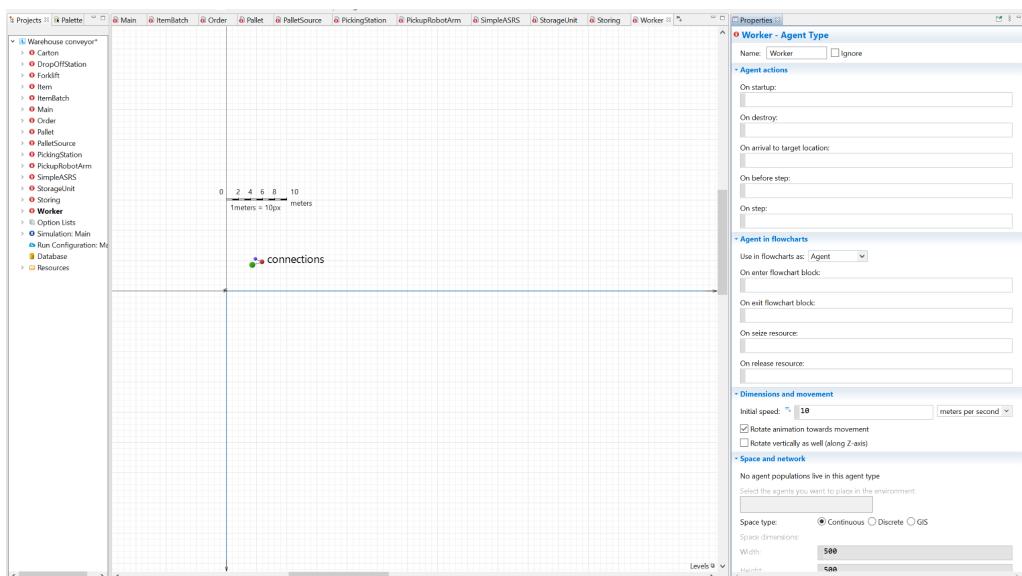
• Agent: Unité de stockage



• Agent: Stockage



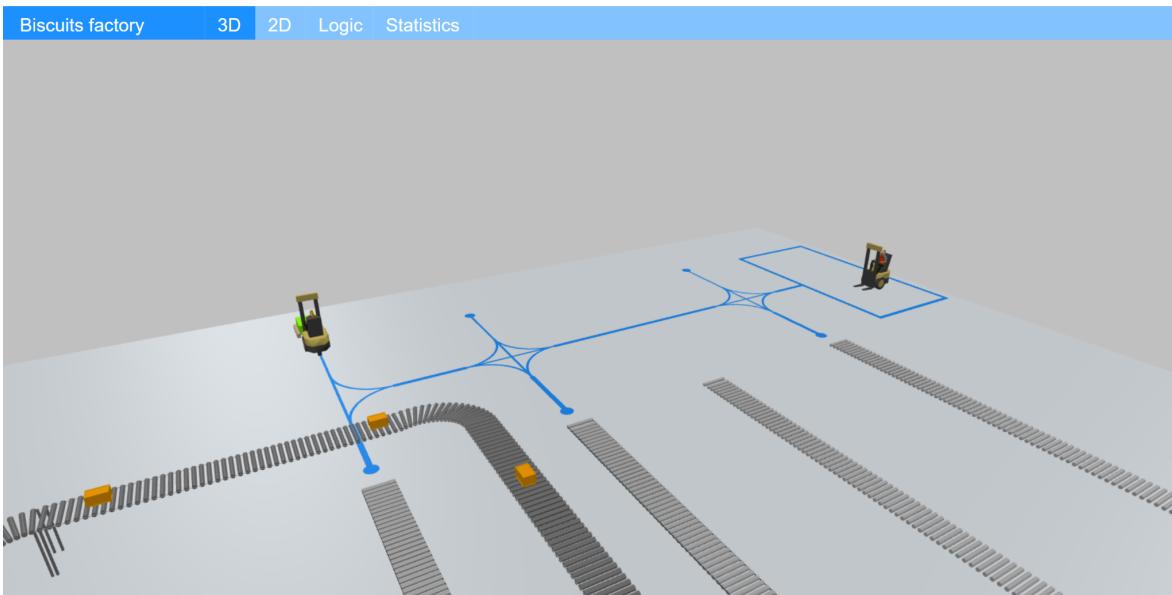
- Agent: Travailleur



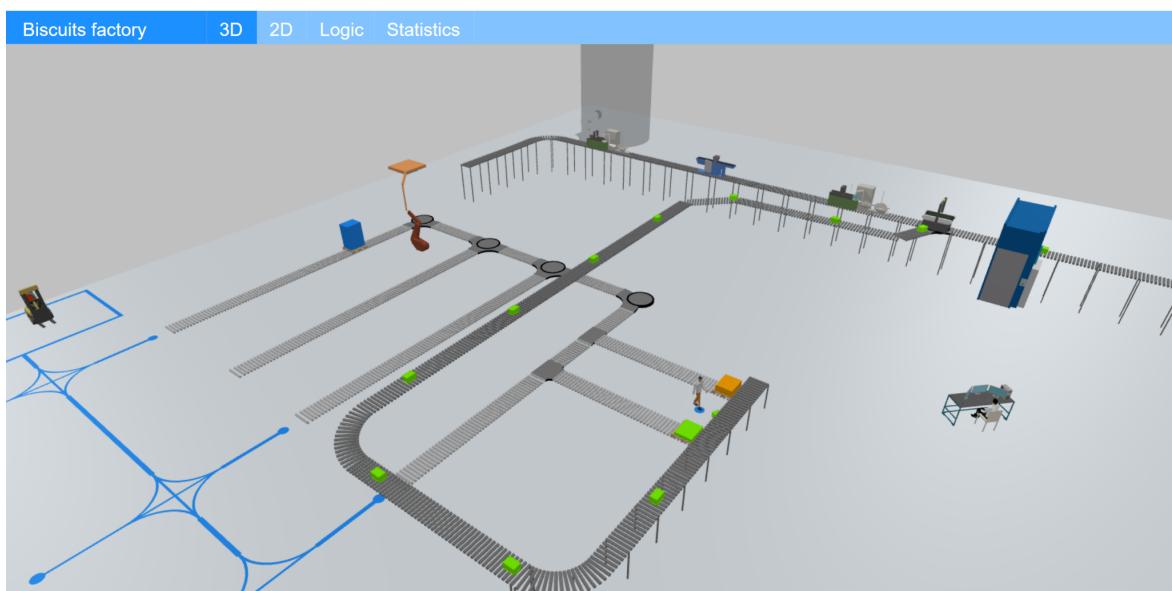
2.3 Scénario de Transformation des Biens

Nous proposons un scénario de transformation des biens qui consiste en plusieurs étapes :

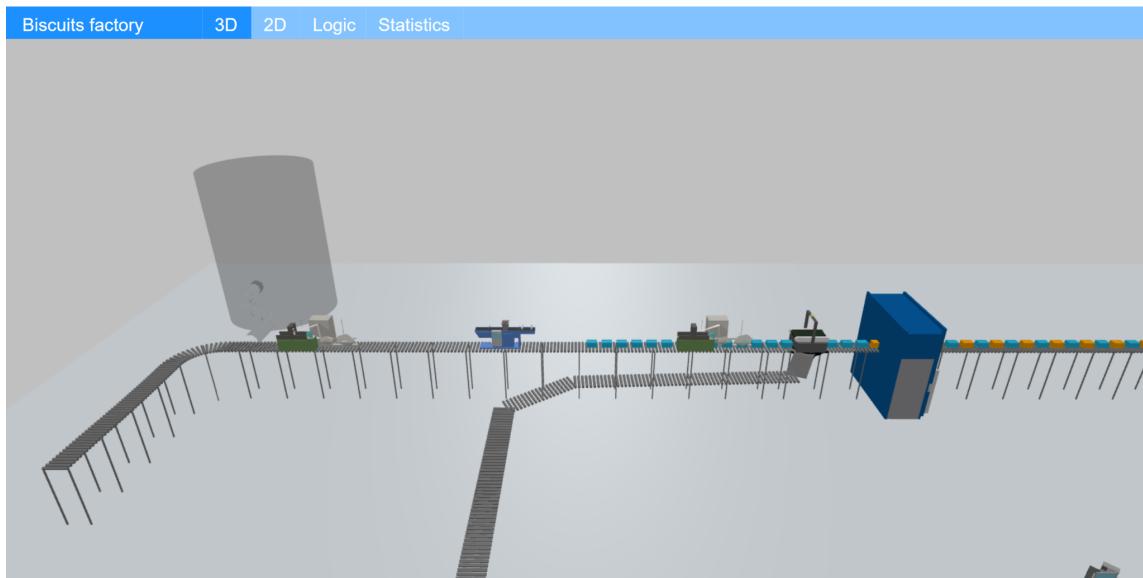
- Réception des matières premières



- Réacheminement des matières premières



- Production des produits finis



- Stockage des produits finis



- Sortie des produits finis

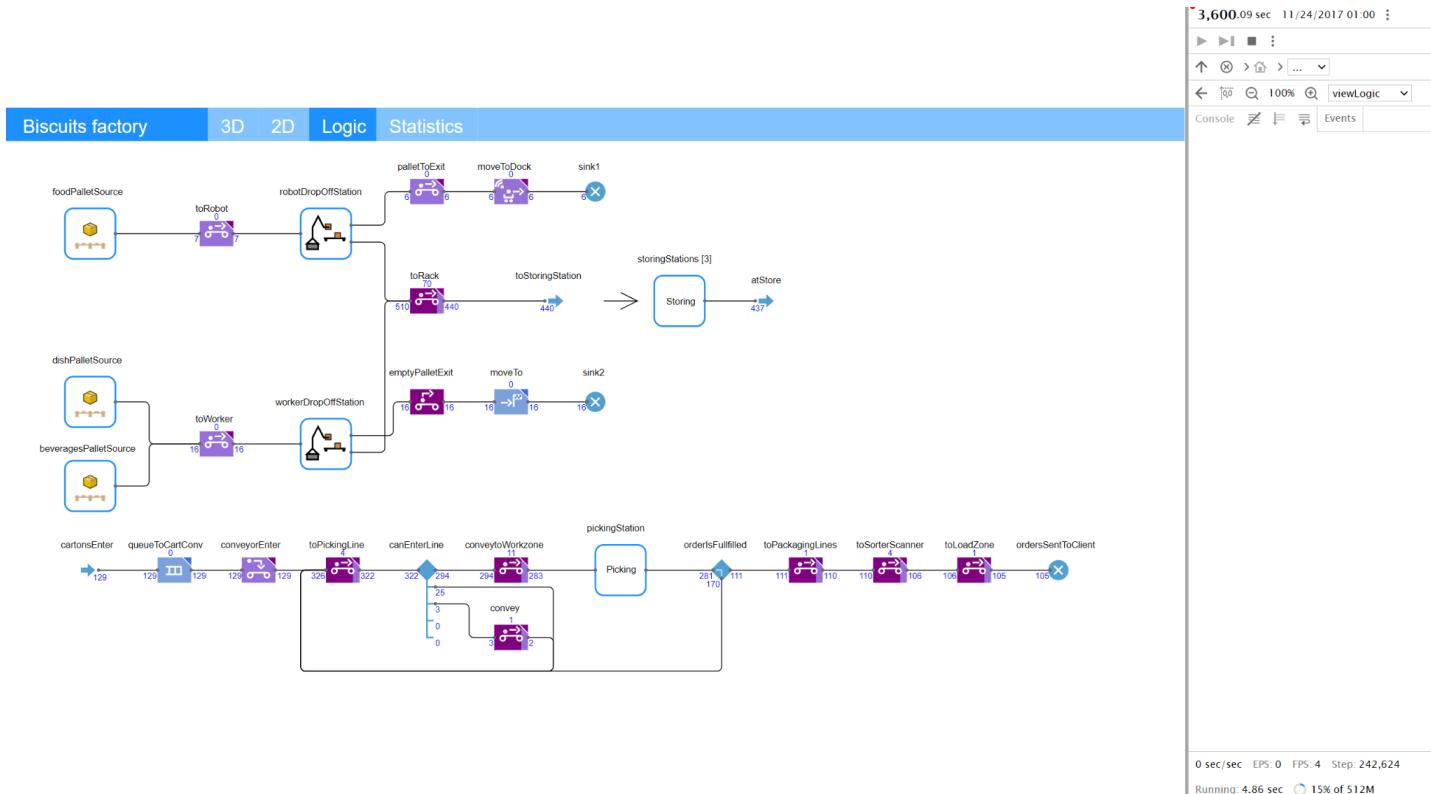
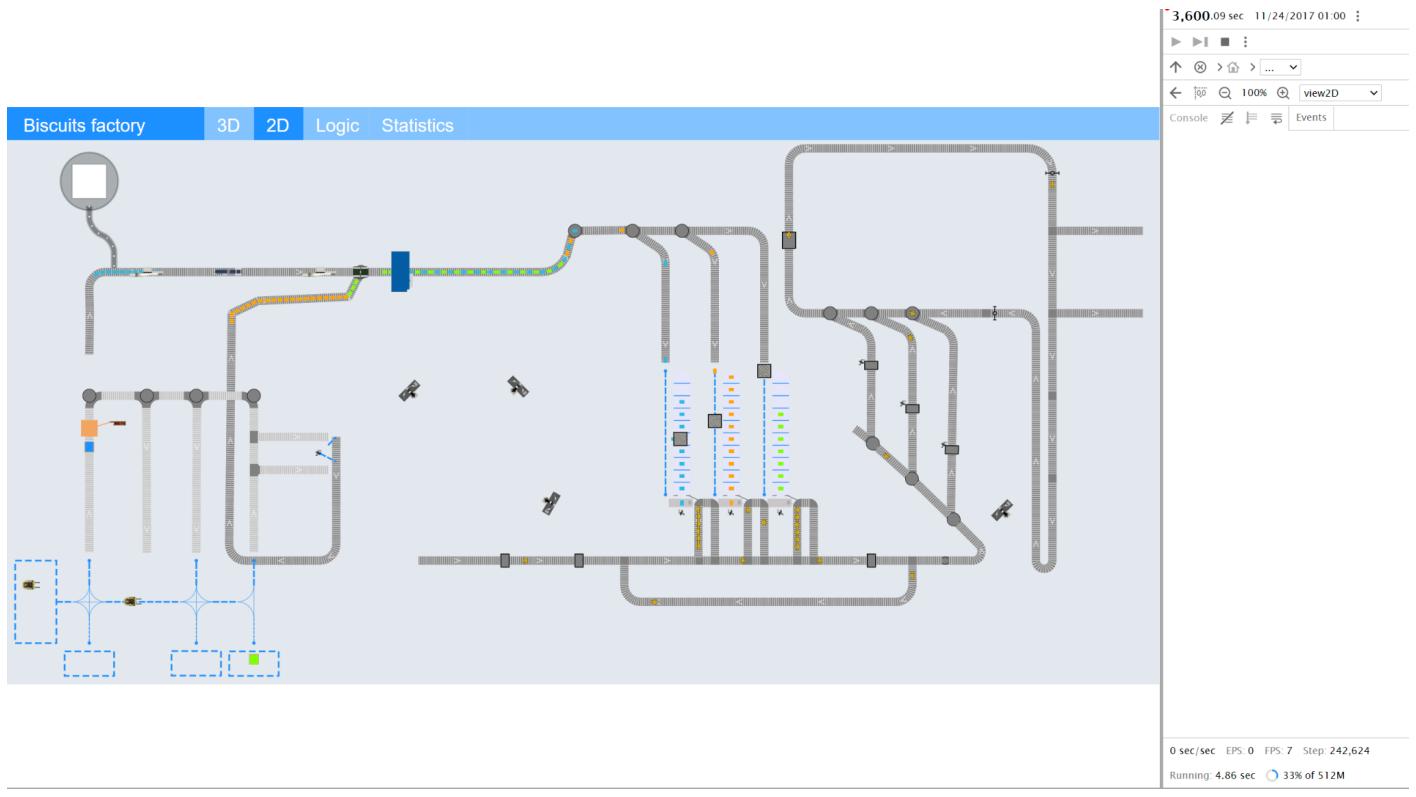


2.4 Simulation et Analyse des Résultats

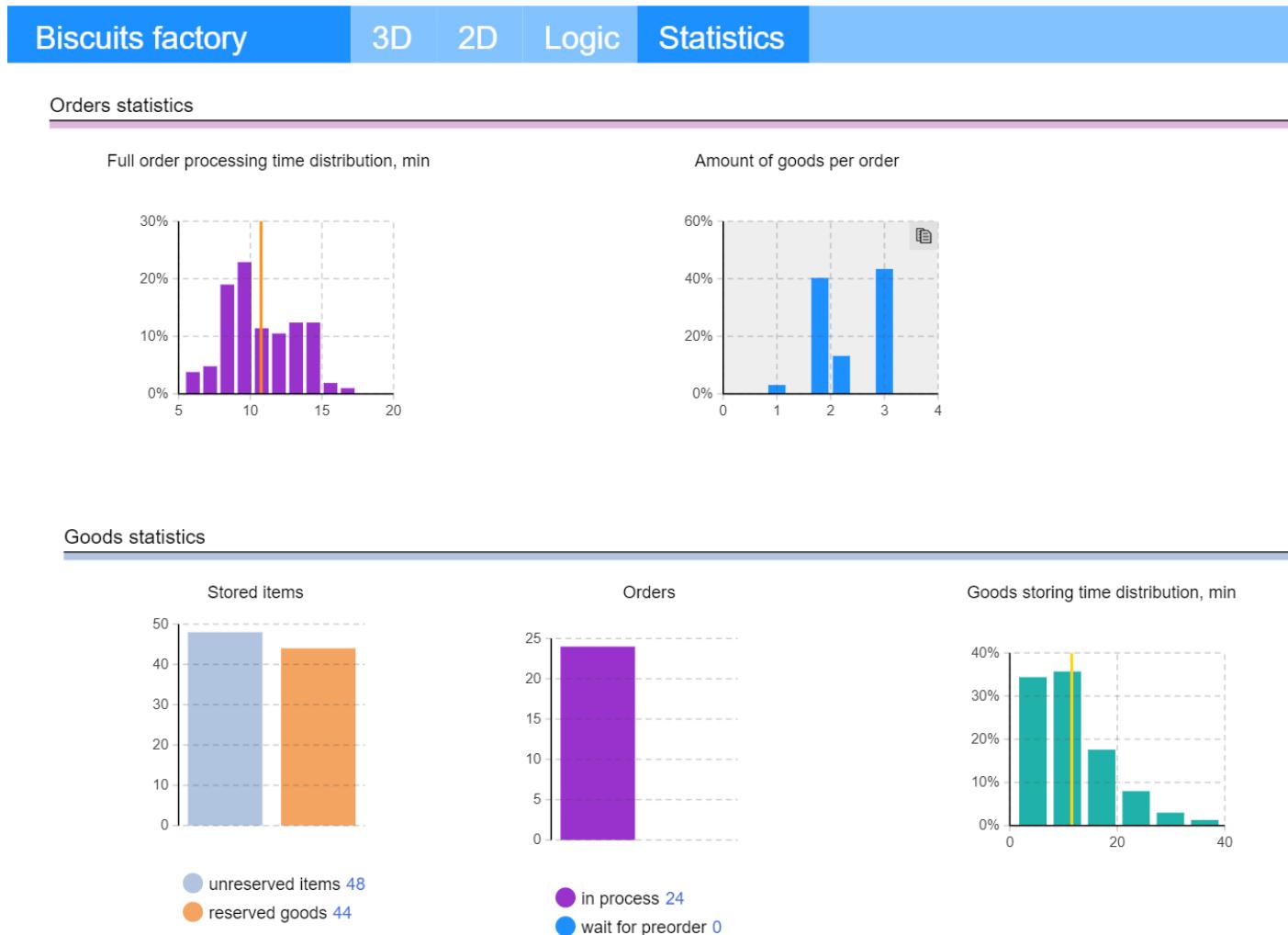
Après avoir modélisé le sous-système de Transformation des Biens (TB) et proposé un scénario de transformation des biens, nous allons effectuer les simulations nécessaires pour le suivi des indicateurs proposés et l'évaluation des performances de notre système. Nous allons également analyser les résultats obtenus.

2.5.1 Simulation

Nous avons effectué un test de simulation sur une période d'une heure afin de déterminer les indicateurs de performance du système de Transformation des Biens (TB).



2.5.2 Analyse des Indicateurs de performances et améliorations possibles



Les résultats de la simulation indiquent que le système de Transformation des Biens (TB) a une performance globalement satisfaisante, mais qu'il y a des améliorations possibles pour améliorer les temps de traitement et de stockage. Voici une analyse plus détaillée des indicateurs de performance:

Pour les indicateurs sur les commandes:

- Temps de traitement complet des commandes:** Le temps moyen de traitement complet des commandes est de 11 minutes, ce qui est considéré comme satisfaisant. Toutefois, si l'entreprise souhaite accélérer le traitement des commandes, elle pourrait chercher à réduire ce temps. Il pourrait être intéressant d'analyser les étapes du processus de traitement des commandes pour identifier les goulots d'étranglement et les zones d'amélioration possibles.
- Quantité de biens par commande:** Les résultats montrent que la majorité des commandes (85%) contiennent 2 ou 3 biscuits. L'entreprise pourrait utiliser cette information pour optimiser la gestion des stocks et ajuster les quantités de produits stockés en conséquence.

Pour les indicateurs sur les biens:

- Nombre d'articles stockés:** L'entreprise stocke actuellement 48 articles non réservés et 44 articles réservés. Si l'entreprise veut augmenter la variété de produits proposés, elle devrait envisager d'élargir sa gamme d'articles non réservés.

- Nombre de commandes passées:** Les résultats indiquent qu'il y a 44 commandes en cours de traitement et aucune commande en attente de précommande. Cela montre que le système est efficace pour traiter les commandes en temps opportun.
- Temps de stockage des biens:** Le temps moyen de stockage des biens est de 12 minutes, ce qui est considéré comme satisfaisant. Toutefois, l'entreprise pourrait chercher à réduire ce temps pour minimiser les coûts de stockage.

2.5.3 Conclusion

En conclusion, le système TB de production des biscuits a une performance satisfaisante, mais il y a des opportunités d'amélioration. L'entreprise pourrait envisager de réduire le temps de traitement des commandes et le temps de stockage des biens pour augmenter l'efficacité et réduire les coûts. Elle pourrait également ajuster les quantités de produits stockés en fonction des tendances d'achat des clients et élargir sa gamme d'articles non réservés pour offrir plus de choix aux clients.

3. Sous-système de Gestion des Approvisionnements et des Fournisseurs

Le sous-système de Gestion des Approvisionnements et des Fournisseurs (GAF) est le deuxième des deux sous-systèmes qui composent notre système physique. Il comprend les différentes étapes d'approvisionnement en matières premières, de gestion des fournisseurs et de livraison des matières premières à la zone de stockage.

3.1 Description du Sous-système GAF

- Entités liées à la gestion des fournisseurs:** Nous aurons prévu des fournisseurs de matières premières tels que des producteurs de noix, de raisins et de confiture, qui doivent respecter les normes de qualité et de sécurité alimentaire établies.
- Méthode d'approvisionnement :** Nous avons opté pour un système d'approvisionnement juste-à-temps pour minimiser les coûts de stockage et de gestion des matières premières et des fournitures, tout en garantissant leur disponibilité à tout moment pour notre ligne de production.
- Réception des matières premières :** Les matières premières, tels que les noix, les raisins secs, la confiture de fraise, le sucre, la farine et les œufs sont réceptionnées à notre usine par camion. Elles sont ensuite vérifiées, triées et stockées dans des entrepôts de stockage dédiés à chaque type de matière première.
- Stockage des matières premières:** Nous avons prévu des zones de stockage de matières premières dans les usines pour les 2 types de produits.
- Gestion des fournisseurs :** Nous avons défini des fournisseurs de matières premières de qualité supérieure pour garantir une chaîne d'approvisionnement fiable et cohérente en termes de qualité et de prix.
- Magasinage des produits semi-finis et finis :** Nous avons prévu les entrepôts dédiés pour le stockage des produits semi-finis et finis des deux types de produits.
- Distribution vers les clients :** Nous livrons nos produits finis à nos clients à travers des camions de livraison et des applications de livraison de repas pour garantir une livraison rapide et efficace.

3.2 Modélisation du Sous-système GAF en utilisant AnyLogistix

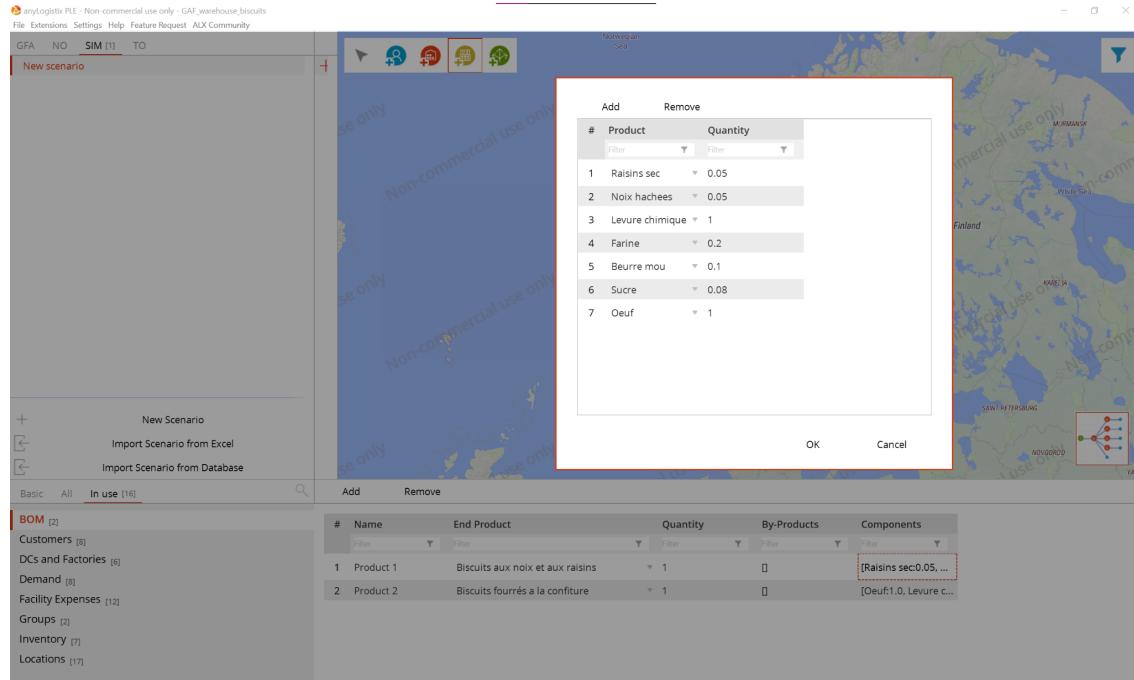
Nous avons choisi la Norvège comme pays pour le déploiement de notre système d'approvisionnement en raison de sa forte économie et de sa demande croissante en matières premières.

La modélisation du sous-système de Gestion des Approvisionnements et des Fournisseurs (GAF) en utilisant AnyLogistix consiste à représenter les différents éléments du système, en ajustant leurs paramètres pour que le

modèle soit à l'image du cas réel. Il est important de prendre en compte les différents délais associés à l'approvisionnement, la gestion des fournisseurs et la livraison des matières premières.

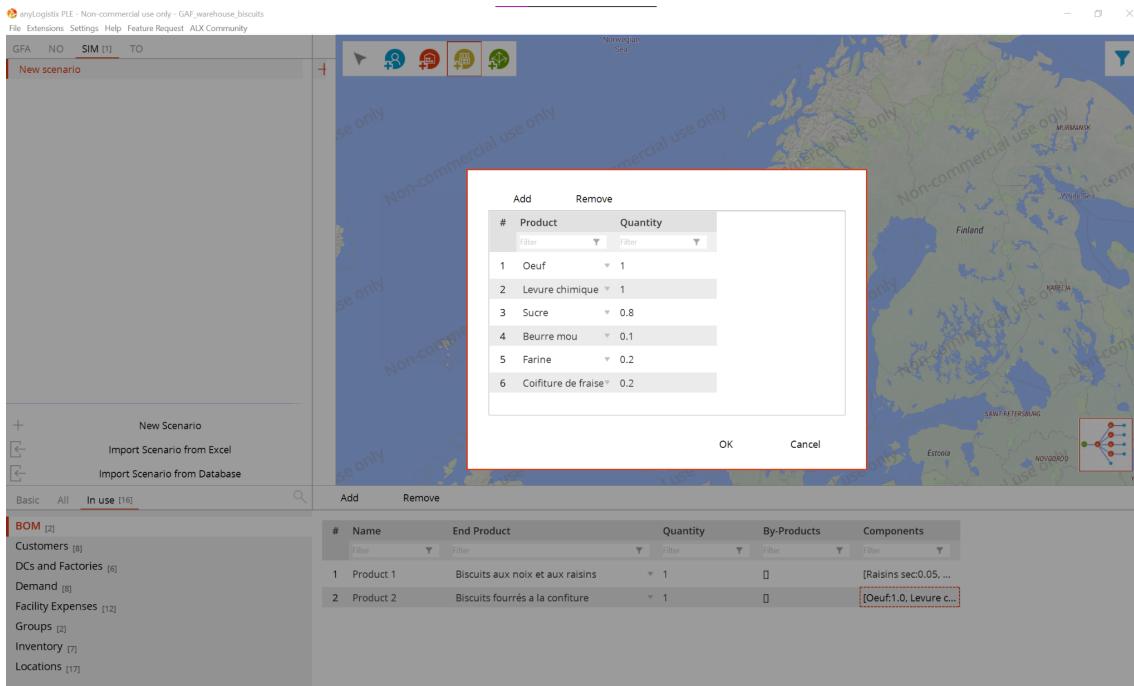
- Nomenclature (BOM)

- **Produit 1: Biscuits au noix et raisins**



#	Product	Quantity
1	Raisins sec	0.05
2	Noix hachees	0.05
3	Levure chimique	1
4	Farine	0.2
5	Beurre mou	0.1
6	Sucre	0.08
7	Oeuf	1

- **Produit 2: Biscuits fourrés à la confiture**



#	Product	Quantity
1	Oeuf	1
2	Levure chimique	1
3	Sucre	0.8
4	Beurre mou	0.1
5	Farine	0.2
6	Confiture de fraise	0.2

- Produits

anyLogistix PLE - Non-commercial use only - GAF_warehouse_biscuits

File Extensions Settings Help Feature Request ALX Community

GFA NO SIM [1] T

New scenario Data

- Simulation experiment
- Statistics 2
- Statistics
- Variation experiment
- Comparison experiment
- Safety stock estimation
- Risk analysis experiment
- Result
- Custom experiment
- External tables

+ New Scenario Import Scenario from Excel Import Scenario from Data

Basic All In use [16] Add Remove

DCs and Factories [10]

#	Name	Unit	Selling Price	Cost	Currency
1	Biscuits aux noix et aux raisins	kg	15	1	EUR
2	Biscuits fourrés à la confiture	kg	10	1	EUR
3	Cofiture de fraise	kg	6	1	EUR
4	Oeuf	kg	3	1	EUR
5	Farine	kg	1	1	EUR
6	Sucré	kg	2	1	EUR
7	Beurre mou	kg	3	1	EUR
8	Levure chimique	kg	0.5	1	EUR
9	Raisins sec	kg	5	1	EUR
10	Noix hachées	kg	5	1	EUR

Demand [8]

Facility Expenses [20]

Groups [5]

Inventory [7]

Locations [21]

Paths [6]

Periods [1]

Product Groups [1]

Products [10]

Shipping [1]

Sourcing [5]

Suppliers [3]

Vehicle Types [1]



- Les clients

anyLogistix PLE - Non-commercial use only - GAF_warehouse_biscuits

File Extensions Settings Help Feature Request ALX Community

GFA NO SIM [1] T

New scenario Data

- Simulation experiment
- Statistics 2
- Statistics
- Variation experiment
- Comparison experiment
- Safety stock estimation
- Risk analysis experiment
- Result
- Custom experiment
- External tables

+ New Scenario Import Scenario from Excel Import Scenario from Data

Basic All In use [16] Add Remove Generate...

BOM [2]

Customers [8]

#	Name	Type	Location	Inclusion Type	Additional Param...	Icon
1	Karim	Customer	Karim location	Include	Additional param...	?
2	Ahmed	Customer (Onlin...	Ahmed location	Include	Additional param...	?
3	Amin	Customer (Onlin...	Amin location	Include	Additional param...	?
4	Salah	Customer (Onlin...	Salah location	Include	Additional param...	?
5	Yassine	Customer	Yassine location	Include	Additional param...	?
6	Moez	Customer	Moez location	Include	Additional param...	?
7	Fathi	Customer	Fathi location	Include	Additional param...	?
8	Yasmin	Customer	Yasmin location	Include	Additional param...	?

DCs and Factories [10]

Demand [8]

Facility Expenses [12]

Groups [6]

Inventory [7]

Locations [21]

Paths [5]

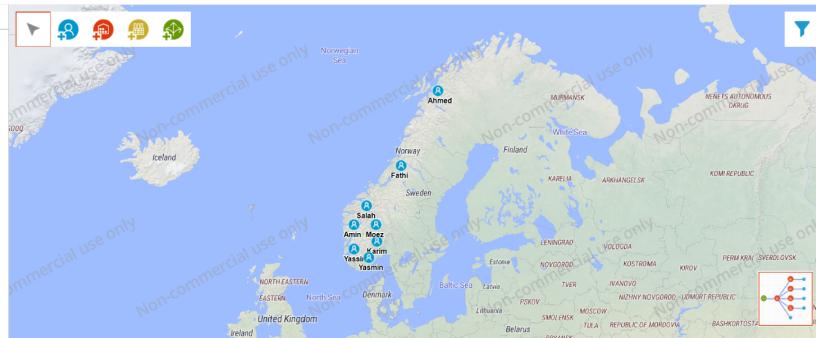
Periods [1]

Product Groups [1]

Products [10]

Shipping [1]

Sourcing [5]



- Centres de distribution (DC) et usines

anyLogistix PLE - Non-commercial use only - GAF_warehouse_biscuits

File Extensions Settings Help Feature Request ALX Community

GFA NO SIM [1] T

New scenario Data Simulation experiment Statistics 2 Statistics Variation experiment Comparison experiment Safety stock estimation Risk analysis experiment Result Custom experiment External tables

+ New Scenario Import Scenario from Excel Import Scenario from Data

Basic All In use [16] Add Remove Generate...

DCs and Factories [10]

#	Name	Type	Location	Initially Open	Inclusion Type	Capacity	Capacity Unit	Aggregate Orders by Location	Additional Param...
1	DC Oslo	DC	DC Oslo location	Consider	▼	2,500	kg	▼	Additional param...
2	DC Bergen	DC	DC Bergen locat...	Consider	▼	1,000	kg	▼	Additional param...
3	DC Stavanger	DC	DC Stavanger loc.	Consider	▼	1,500	kg	▼	Additional param...
4	DC Kristiansand	DC	DC Kristiansand l...	Consider	▼	900	kg	▼	Additional param...
5	Bergen Factory	Factory (Extende...	Oslo Factory loca...	Consider	▼	700	m³	▼	Additional param...
6	Bergen Factory	Factory (Extende...	Bergen Factory l...	Consider	▼	500	m³	▼	Additional param...
7	Kristiansand Factory	Factory (Extende...	Kristiansand Fact...	Consider	▼	500	m³	▼	Additional param...
8	Trondheim Factory	Factory (Extende...	Trondheim Facto...	Consider	▼	600	m³	▼	Additional param...
9	DC Trondheim	DC	DC Trondheim lo...	Consider	▼	1,000	kg	▼	Additional param...
10	DC Tromsø	DC	DC Tromsø locati...	Consider	▼	1,300	kg	▼	Additional param...

- Dépenses des usines (initiales et coût d'exploitation)**

anyLogistix PLE - Non-commercial use only - GAF_warehouse_biscuits

File Extensions Settings Help Feature Request ALX Community

GFA NO SIM [1] T

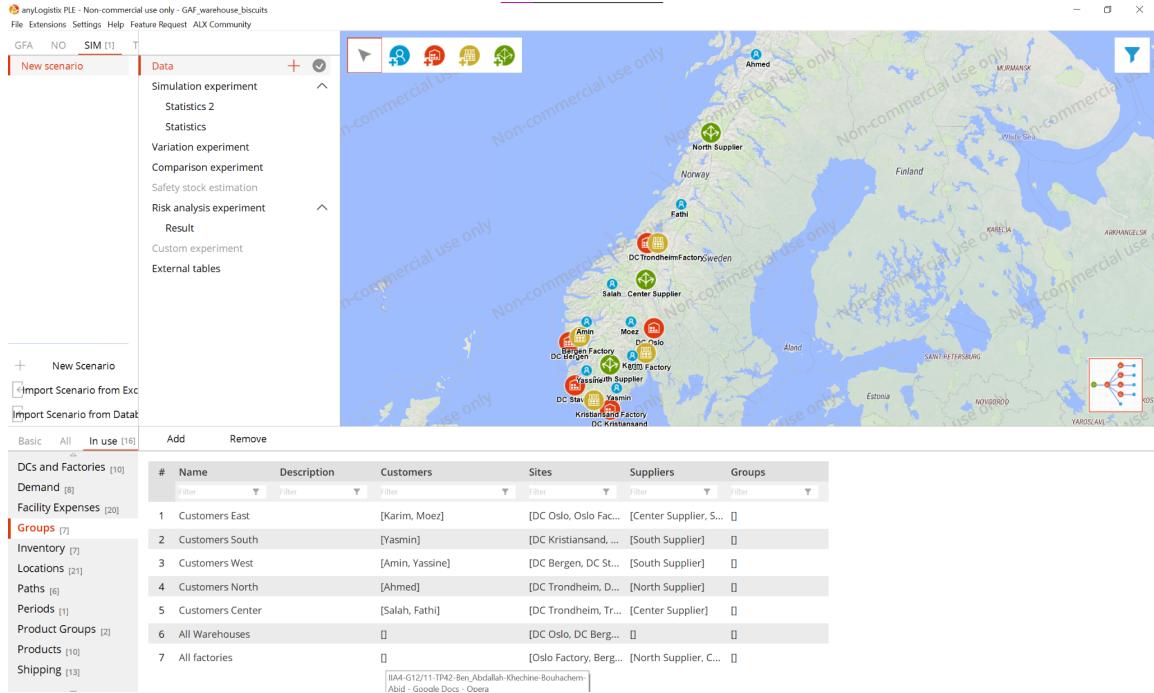
+ New Scenario Import Scenario from Excel Import Scenario from Data

Basic All In use [16] Add Remove Expand...

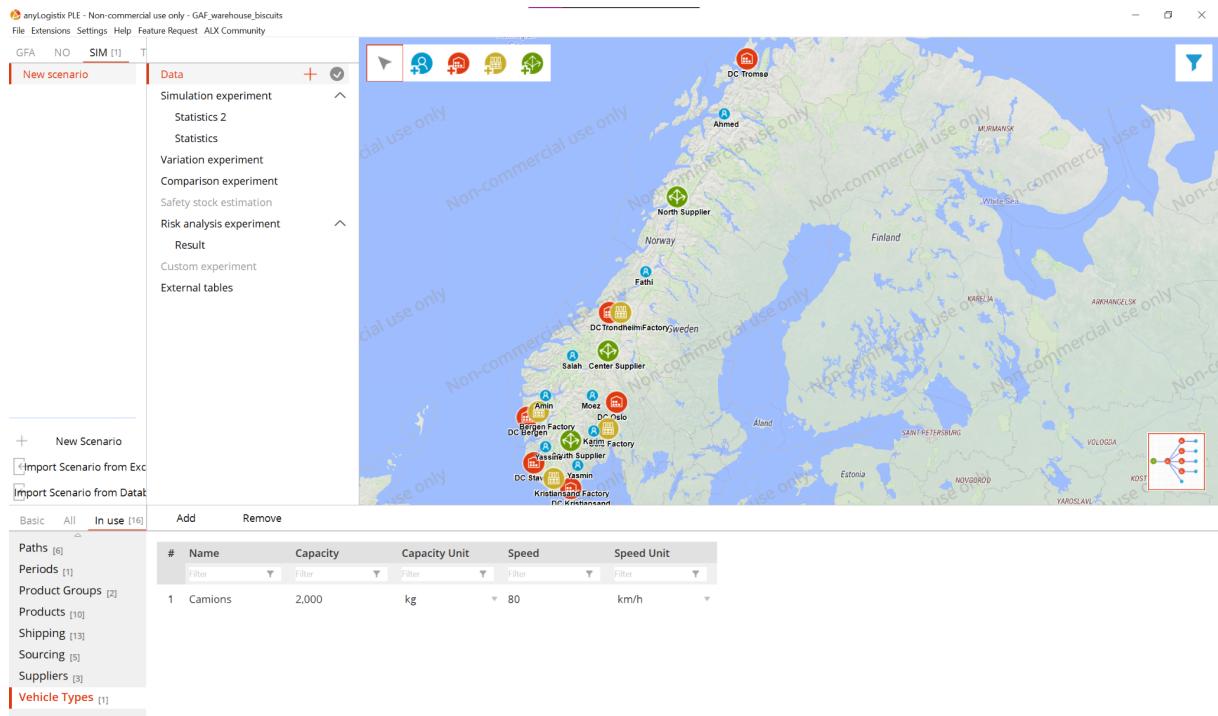
Facility Expenses [20]

#	Facility	Expense Type	Value	Currency	Time Unit	Product Unit	Time Period
1	DC Oslo	Initial cost	5,000,000	EUR	▼	kg	(All periods)
2	DC Oslo	Facility cost	5,000	EUR	▼ day	kg	(All periods)
3	DC Bergen	Initial cost	2,000,000	EUR	▼	kg	(All periods)
4	DC Bergen	Facility cost	5,000	EUR	▼ day	kg	(All periods)
5	DC Trondheim	Initial cost	2,500,000	EUR	▼	kg	(All periods)
6	DC Trondheim	Facility cost	5,000	EUR	▼ day	kg	(All periods)
7	DC Stavanger	Initial cost	2,000,000	EUR	▼	kg	(All periods)
8	DC Stavanger	Facility cost	5,000	EUR	▼ day	kg	(All periods)
9	DC Kristiansand	Initial cost	3,000,000	EUR	▼	kg	(All periods)
10	DC Kristiansand	Facility cost	5,000	EUR	▼ day	kg	(All periods)
11	DC Tromsø	Initial cost	1,000,000	EUR	▼	kg	(All periods)
12	DC Tromsø	Facility cost	5,000	EUR	▼ day	kg	(All periods)
13	Bergen Factory	Initial cost	50,000,000	EUR	▼	kg	(All periods)
14	Bergen Factory	Facility cost	40,000	EUR	▼ day	kg	(All periods)
15	Trondheim Factor	Initial cost	35,000,000	EUR	▼	kg	(All periods)
16	Trondheim Factor	Facility cost	32,000	EUR	▼ day	kg	(All periods)
17	Kristiansand Fact.	Initial cost	30,000,000	EUR	▼	kg	(All periods)
18	Kristiansand Fact.	Facility cost	20,000	USD	▼ day	kg	(All periods)
19	Bergen Factory	Initial cost	40,000,000	USD	▼	kg	(All periods)
20	Bergen Factory	Facility cost	30,000	USD	▼ day	kg	(All periods)

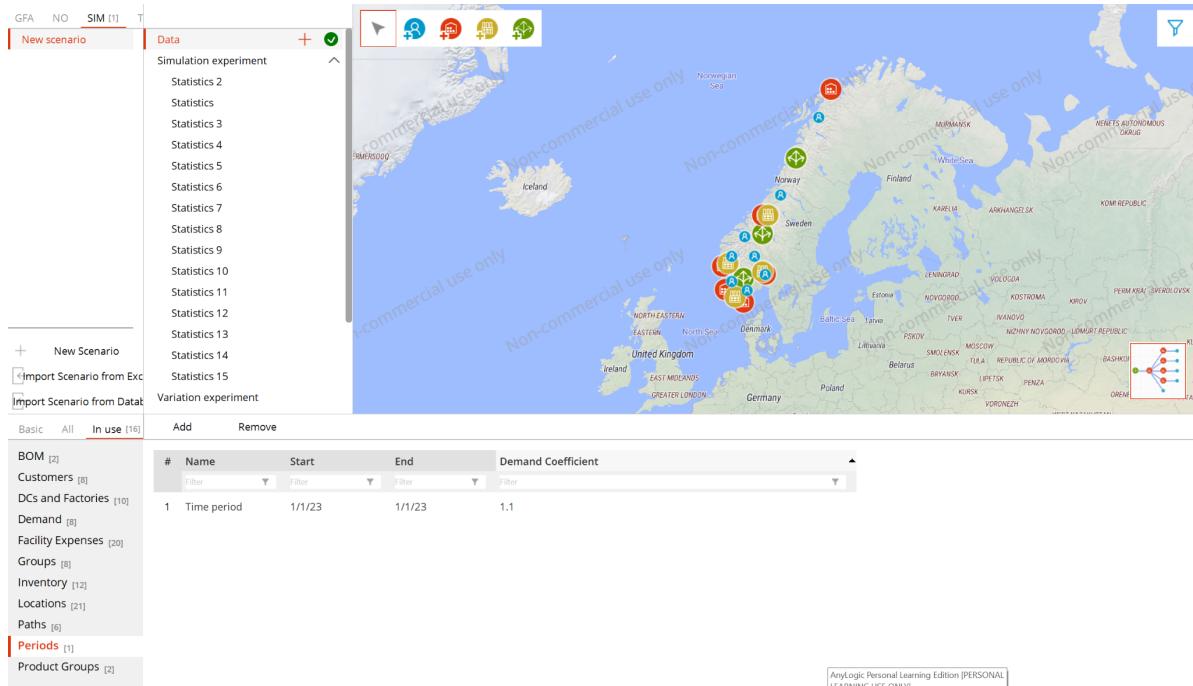
- Groupes de clients, de centres de distributions et de fournisseurs**



- Types de véhicules**



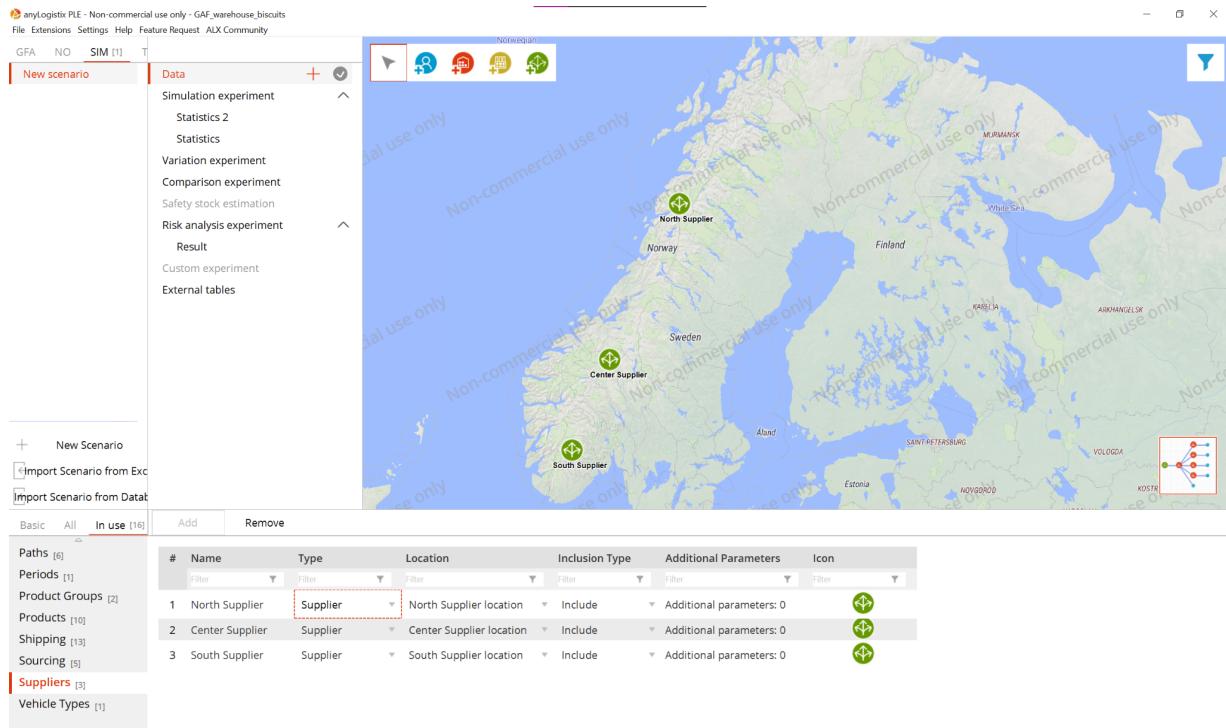
- Périodes**



3.3 Scénario de Gestion des Approvisionnements et des Fournisseurs

Nous proposons un scénario de gestion des approvisionnements et des fournisseurs qui consiste en plusieurs étapes :

- Identification des fournisseurs et négociation des contrats



- Passation des commandes (Demandes)

anyLogistix PLE - Non-commercial use only - GAF_warehouse_biscuits

File Extensions Settings Help Feature Request ALX Community

GFA NO SIM [1] T

New scenario Data +

- Simulation experiment
- Statistics 2
- Statistics
- Variation experiment
- Comparison experiment
- Safety stock estimation
- Risk analysis experiment
- Result
- Custom experiment
- External tables

+ New Scenario Import Scenario from Excel Import Scenario from Data

Basic All In use [16] Add Remove Expand... Generate...

DCs and Factories [10]

#	Customer	Product	Demand Type	Parameters	Time Period	Revenue	Current Stock	Expected Lead Time	Time Window	Backorder Policy	Inclusion Type
1	Karim	Biscuits aux noix et aux raisins	Periodic demand	Order interval=7, Quantity=1, First occurrence: First day	(All, 1)	70	EUR	30	hour	Allowed total	Included
2	Ahmed	Biscuits aux noix et aux raisins	Periodic demand	Order interval=7, Quantity=5, First occurrence: First day	(All, 1)	22	EUR	30	hour	Allowed total	Included
3	Salah	Biscuits aux noix et aux raisins	Periodic demand	Order interval=4, Quantity=3, First occurrence: First day	(All, 1)	100	EUR	30	hour	Allowed total	Included
4	Moez	Biscuits aux noix et aux raisins	Periodic demand	Order interval=7, Quantity=4, First occurrence: First day	(All, 1)	36	EUR	30	hour	Allowed total	Included
5	Amin	Biscuits fourrés à la confiture	Periodic demand	Order interval=5, Quantity=10, First occurrence: First day	(All, 1)	52	EUR	30	hour	Allowed total	Included
6	Yassine	Biscuits fourrés à la confiture	Periodic demand	Order interval=8, Quantity=6, First occurrence: First day	(All, 1)	25	EUR	30	hour	Allowed total	Included
7	Fathi	Biscuits fourrés à la confiture	Periodic demand	Order interval=9, Quantity=7, First occurrence: First day	(All, 1)	56	EUR	30	hour	Allowed total	Included
8	Yasmin	Biscuits fourrés à la confiture	Periodic demand	Order interval=5, Quantity=5, First occurrence: First day	(All, 1)	70	EUR	30	hour	Allowed total	Included

Facility Expenses [12]

Groups [6]

Inventory [7]

Locations [21]

Paths [5]

Periods [1]

Product Groups [11]

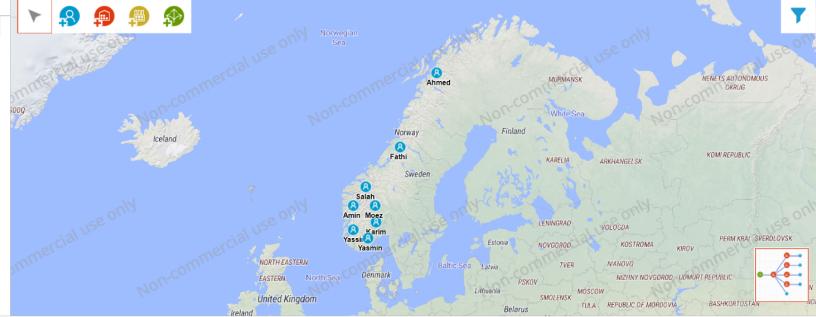
Products [10]

Shipping [1]

Sourcing [5]

Suppliers [3]

Vehicle Types [1]



- Approvisionnement: Réception des matières premières

anyLogistix PLE - Non-commercial use only - GAF_warehouse_biscuits

File Extensions Settings Help Feature Request ALX Community

GFA NO SIM [1] T

New scenario Data +

- Simulation experiment
- Statistics 2
- Statistics 3
- Statistics 4
- Statistics 5
- Statistics 6
- Statistics 7
- Statistics 8
- Statistics 9
- Statistics 10

+ New Scenario Import Scenario from Excel Import Scenario from Data

Basic All In use [16] Add Remove Expand...

BOM [2]

#	Delivery Destination	Product	Type	Parameters	Sources	Time Period	Inclusion Type
1	[All factories]	Beurre mou	Closest (Fixed Source)	No parameters	(All suppliers)	(All periods)	Include
2	[All factories]	Couiture de fraise	Closest (Fixed Source)	No parameters	(All suppliers)	(All periods)	Include
3	[All factories]	Farine	Closest (Fixed Source)	No parameters	(All suppliers)	(All periods)	Include
4	[All factories]	Levure chimique	Closest (Fixed Source)	No parameters	(All suppliers)	(All periods)	Include
5	[All factories]	Raisins sec	Closest (Fixed Source)	No parameters	(All suppliers)	(All periods)	Include

Customers [8]

DCs and Factories [10]

Demand [8]

Facility Expenses [20]

Groups [8]

Inventory [12]

Locations [21]

Paths [6]

Periods [1]

Product Groups [2]

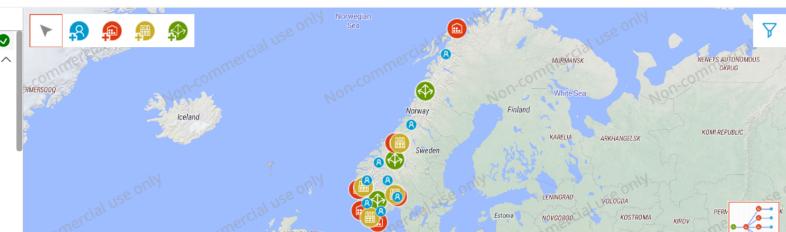
Products [10]

Shipping [13]

Sourcing [5]

Suppliers [3]

Vehicle Types [1]



- Stockage des matières premières, des produits finis et semi-finis

anyLogistix PLE - Non-commercial use only - GAF_warehouse_biscuits

File Extensions Settings Help Feature Request ALX Community

GFA NO SIM [1] T

New scenario Data +     

Simulation experiment

Statistics 2
Statistics 3
Statistics 4
Statistics 5
Statistics 6
Statistics 7
Statistics 8
Statistics 9
Statistics 10

+ New Scenario Import Scenario from Excel Import Scenario from Data

Basic All In use [16] Add Remove Expand...

BOM [2] **Facility** # Facility Product Policy Type Policy Parameters Initial Stock... Periodic C... Period First Periodic C... Policy Basis Stock Calculation

	Facility	Product	Policy Type	Policy Parameters	Initial Stock...	Periodic C...	Period	First Periodic C...	Policy Basis	Stock Calculation
1	[All War..] Biscuits aux noix et aux raisin..	Regular policy with safety stock	Quantity = 5, Safety Stock = 5	20		1	1/1/23 12:00 AM	Quantity	1	
2	[All War..] Biscuits fourrés à la confiture ..	Regular policy with safety stock	Quantity = 3, Safety Stock = 2	10		1	1/1/23 12:00 AM	Quantity	1	
3	[All War..] Levure chimique ..	Regular policy with safety stock	Quantity = 0.5, Safety Stock = 0.1	0.05		1	1/1/23 12:00 AM	Quantity	1	
4	[All War..] Sucre ..	Regular policy with safety stock	Quantity = 6, Safety Stock = 2	10		1	1/1/23 12:00 AM	Quantity	1	
5	[All War..] Beurre mou ..	Regular policy with safety stock	Quantity = 1, Safety Stock = 1	2		1	1/1/23 12:00 AM	Quantity	1	
6	[All War..] Noix hachées ..	Regular policy with safety stock	Quantity = 1, Safety Stock = 0.5	1		1	1/1/23 12:00 AM	Quantity	1	
7	[All War..] Raisins sec ..	Regular policy with safety stock	Quantity = 1, Safety Stock = 0.5	1		1	1/1/23 12:00 AM	Quantity	1	
8	[All supp..] Levure chimique ..	Unlimited inventory	Unlimited	N/A		1	1/1/23 12:00 AM	Quantity	0	
9	[All supp..] Sucre ..	Unlimited inventory	Unlimited	N/A		1	1/1/23 12:00 AM	Quantity	0	
10	[All supp..] Beurre mou ..	Unlimited inventory	Unlimited	N/A		1	1/1/23 12:00 AM	Quantity	0	
11	[All supp..] Noix hachées ..	Unlimited inventory	Unlimited	N/A		1	1/1/23 12:00 AM	Quantity	0	
12	[All supp..] Raisins sec ..	Unlimited inventory	Unlimited	N/A		1	1/1/23 12:00 AM	Quantity	0	

Inventory [12] **Locations** [21] **Paths** [6] **Periods** [1] **Product Groups** [2] **Products** [10] **Shipping** [13] **Sourcing** [5] **Suppliers** [3] **Vehicle Types** [1]

- Livraison des matières premières à la zone de stockage des matières premières.

anyLogistix PLE - Non-commercial use only - GAF_warehouse_biscuits

File Extensions Settings Help Feature Request ALX Community

GFA NO SIM [1] T

New scenario Data +     

Simulation experiment

Statistics 2
Variation experiment
Comparison experiment
Safety stock estimation
Risk analysis experiment
Result
Custom experiment
External tables

+ New Scenario Import Scenario from Excel Import Scenario from Data

Basic All In use [16] Add Remove Expand...

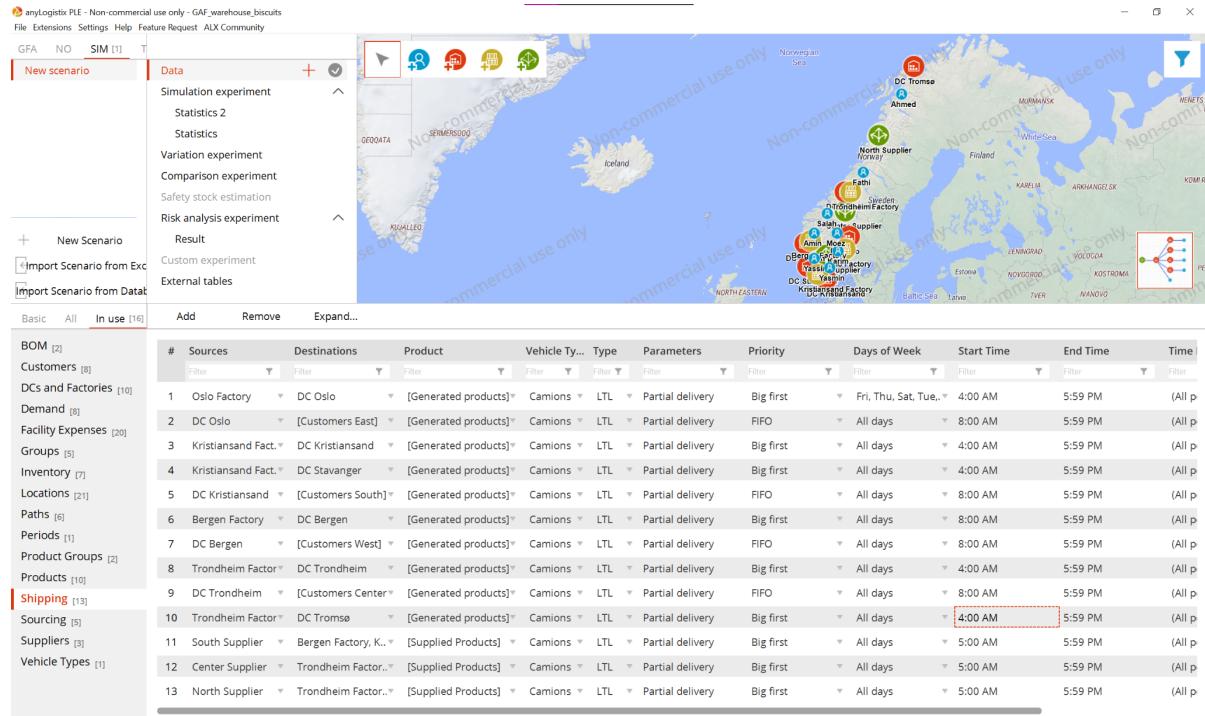
Inventory [7] **Locations** [21] **Paths** [6] **Periods** [1] **Product Groups** [1] **Products** [10] **Shipping** [1] **Sourcing** [5] **Suppliers** [3] **Vehicle Types** [1]

DCs and Factories [10] **Facility Expenses** [20] **Groups** [8]

Facility # From To Cost Calculation Cost Calculation Paramet... CO2 Calculation P... Currency Distanc... Distan... Transport... Time Unit Straight Vehicle Type Tin

	From	To	Cost Calculation	Cost Calculation Parameters	CO2 Calculation Parameters	Currency	Distance	Distance	Transport	Time Unit	Straight	Vehicle Type	Tin
1	Oslo Factory	DC Oslo	Product&distance-ba..	0.05 * product (kg) ^ dista...	0.2 * product (kg) ...	EUR	50	km	0.7	hour		Camions	(A)
2	Kristiansand Factory	DC Kristiansand	Product&distance-ba..	0.07 * product (kg) * dista...	0.2 * product (kg) ...	EUR	70	km	0.9	hour		Camions	(A)
3	Kristiansand Factory	DC Stavanger	Product&distance-ba..	0.05 * product (kg) * dista...	0.2 * product (kg) ...	EUR	90	km	1	hour		Camions	(A)
4	Bergen Factory	DC Bergen	Product&distance-ba..	0.02 * product (kg) * dista...	0.2 * product (kg) ...	EUR	60	km	0.7	hour		Camions	(A)
5	Trondheim Factory	DC Tromsø	Product&distance-ba..	0.02 * product (kg) * dista...	0.01 * product (kg) ...	EUR	1,000	km	15	hour		Camions	(A)
6	Trondheim Factory	DC Trondheim	Product&distance-ba..	0.02 * product (kg) * dista...	0.1 * product (kg) ...	EUR	100	km	1.1	hour		Camions	(A)

- Expédition des produits finis au clients

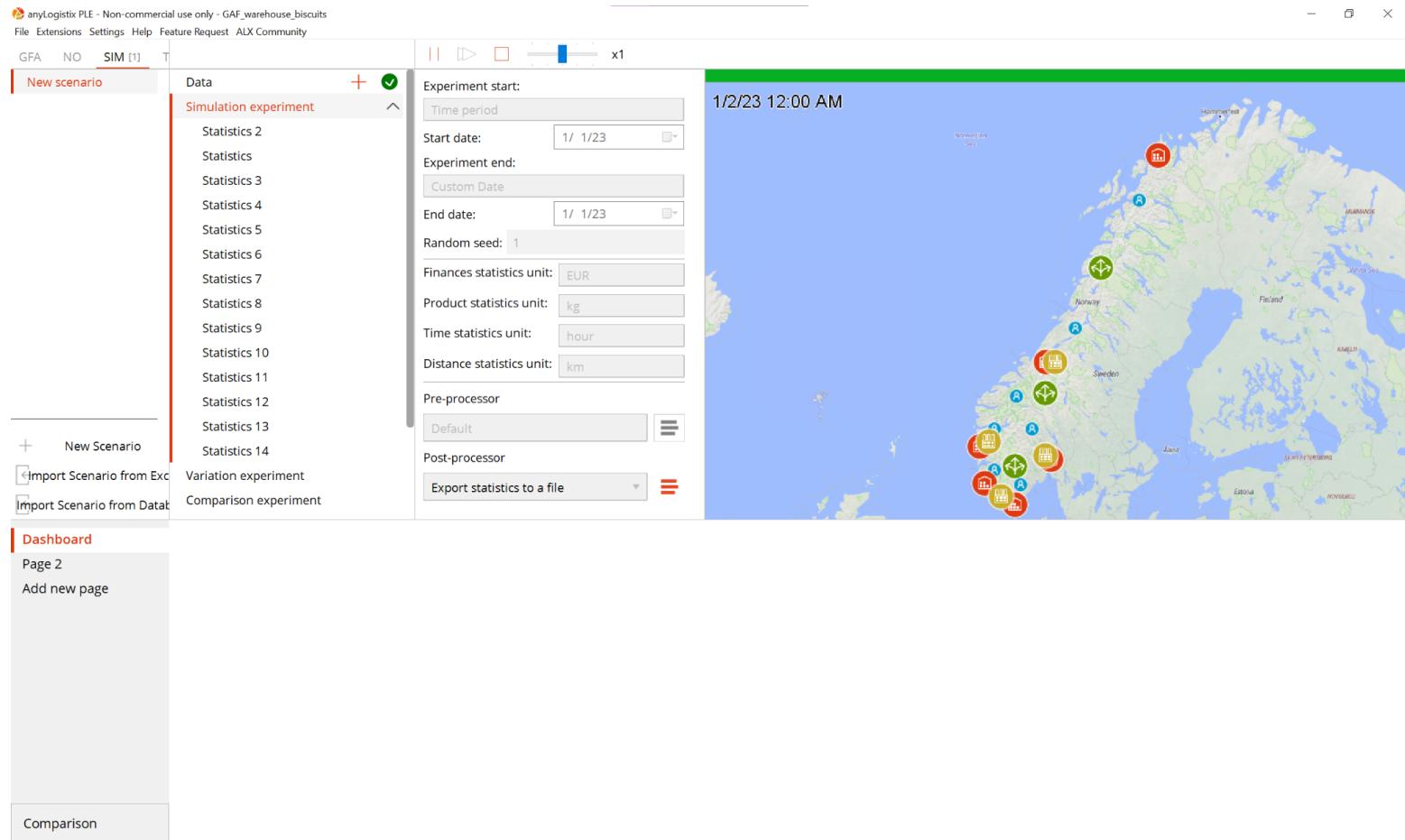


3.4 Simulation et Analyse des Résultats

Après avoir modélisé le sous-système de Gestion des Approvisionnements et des Fournisseurs (GAF) et proposé un scénario de gestion des approvisionnements et des fournisseurs, nous allons effectuer les simulations nécessaires pour le suivi des indicateurs proposés et l'évaluation des performances de notre système. Nous allons également analyser les résultats obtenus.

3.4.1 Simulation

Nous avons effectué un test de simulation sur une période d'un jour afin de déterminer les indicateurs de performance du système Gestion des Approvisionnements et des Fournisseurs (GAF) qui seront exporté sous des fichiers TXT (inclus dans le dossier "statistics").



3.4.1 Analyse des résultats

L'analyse des résultats a été entravée par plusieurs problèmes techniques que nous avons rencontrés. En effet, les fichiers de statistiques Excel sont mal formatés et difficilement lisibles et analysables. De plus, nous avons rencontré un problème technique dans AnyLogic qui a empêché les produits de circuler, ce qui a empêché l'observation des connexions de flux dans la carte, et les fichiers de statistiques pour les connexions étaient vides.

Cependant, après une analyse minutieuse des autres fichiers de statistiques, nous avons pu conclure que le système d'approvisionnement fonctionne comme prévu et produit de bons résultats. Voici les résultats obtenus :

- Le stock disponible pour chaque entrepôt (DC) est de 20 kg pour les biscuits aux noix et aux raisins et de 10 kg pour les biscuits fourrés à la confiture.
- La moyenne quotidienne de l'inventaire disponible est de 40 kg pour les biscuits aux noix et aux raisins et de 20 kg pour les biscuits fourrés à la confiture.
- La moyenne quotidienne de l'inventaire disponible en unités de produit est de 40 pour les biscuits aux noix et aux raisins et de 20 pour les biscuits fourrés à la confiture.

3.4.2 Améliorations possibles

Malgré les problèmes rencontrés, ces résultats nous permettent de conclure que le système d'approvisionnement fonctionne efficacement et répond aux besoins en matière d'inventaire des entrepôts. Cependant, pour améliorer le système, nous pourrions envisager :

- Une optimisation des stocks et des prix de ventes pour rendre un revenu positif à l'entreprise
- Une amélioration du formatage des fichiers de statistiques pour les rendre plus lisibles et plus faciles à analyser.
- La résolution du problème technique dans AnyLogic pour permettre l'observation des connexions de flux dans la carte et l'analyse des fichiers de statistiques correspondants.

A1	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z		
1	Statistics;	Type;	Object;	Product;	Vehicle type;	Source;	Sale batch;	BOM;	Period;	Account;	Destination;	Zone;	Staff type;	value;	unit;												
2	Available Inventory;	DC;	DC Oslo;	Biscuits aux noix et aux raisins;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	
3	Available Inventory;	DC;	DC Oslo;	Biscuits fourrâs à la confiture;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	
4	Available Inventory;	DC;	DC Bergen;	Biscuits aux noix et aux raisins;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	
5	Available Inventory;	DC;	DC Bergen;	Biscuits fourrâs à la confiture;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	
6	Available Inventory;	DC;	DC Trondheim;	Biscuits aux noix et aux raisins;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	
7	Available Inventory;	DC;	DC Trondheim;	Biscuits fourrâs à la confiture;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	
8	Available Inventory;	DC;	DC Stavanger;	Biscuits aux noix et aux raisins;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	
9	Available Inventory;	DC;	DC Stavanger;	Biscuits fourrâs à la confiture;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	
10	Available Inventory;	DC;	DC Kristiansand;	Biscuits aux noix et aux raisins;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	
11	Available Inventory;	DC;	DC Kristiansand;	Biscuits fourrâs à la confiture;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	
12	Available Inventory;	DC;	DC Tromså;	Biscuits aux noix et aux raisins;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	
13	Available Inventory;	DC;	DC Tromså;	Biscuits fourrâs à la confiture;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	
14	Available Inventory in Product Units;	DC Oslo;	Biscuits aux noix et aux raisins;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;
15	Available Inventory in Product Units;	DC Oslo;	Biscuits fourrâs à la confiture;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;
16	Available Inventory in Product Units;	DC Bergen;	Biscuits aux noix et aux raisins;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;
17	Available Inventory in Product Units;	DC Bergen;	Biscuits fourrâs à la confiture;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;
18	Available Inventory in Product Units;	DC Trondheim;	Biscuits aux noix et aux raisins;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;
19	Available Inventory in Product Units;	DC Trondheim;	Biscuits fourrâs à la confiture;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;
20	Available Inventory in Product Units;	DC Stavanger;	Biscuits aux noix et aux raisins;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;
21	Available Inventory in Product Units;	DC Stavanger;	Biscuits fourrâs à la confiture;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;
22	Available Inventory in Product Units;	DC Kristiansand;	Biscuits aux noix et aux raisins;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;
23	Available Inventory in Product Units;	DC Kristiansand;	Biscuits fourrâs à la confiture;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;
24	Available Inventory in Product Units;	DC Tromså;	Biscuits aux noix et aux raisins;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;
25	Available Inventory in Product Units;	DC Tromså;	Biscuits fourrâs à la confiture;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;
26	Average Daily Available Inventory;	DC Oslo;	Biscuits aux noix et aux raisins;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;
27	Average Daily Available Inventory;	DC Oslo;	Biscuits fourrâs à la confiture;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;
28	Average Daily Available Inventory;	DC Bergen;	Biscuits aux noix et aux raisins;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;
29	Average Daily Available Inventory;	DC Bergen;	Biscuits fourrâs à la confiture;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;
30	Average Daily Available Inventory;	DC Trondheim;	Biscuits aux noix et aux raisins;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;
31	Average Daily Available Inventory;	DC Trondheim;	Biscuits fourrâs à la confiture;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;
32	Average Daily Available Inventory;	DC Stavanger;	Biscuits aux noix et aux raisins;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;
33	Average Daily Available Inventory;	DC Stavanger;	Biscuits fourrâs à la confiture;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;
34	Average Daily Available Inventory;	DC Kristiansand;	Biscuits aux noix et aux raisins;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;
35	Average Daily Available Inventory;	DC Kristiansand;	Biscuits fourrâs à la confiture;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;
36	Average Daily Available Inventory;	DC Tromså;	Biscuits aux noix et aux raisins;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;
37	Average Daily Available Inventory;	DC Tromså;	Biscuits fourrâs à la confiture;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;
38	Average Daily Available Inventory in Product Units;	DC Oslo;	Biscuits aux noix et aux raisins;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;
39	Average Daily Available Inventory in Product Units;	DC Oslo;	Biscuits fourrâs à la confiture;	;	;	;	;	Time period;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;	;

4. Conception du Digital Twin et de sa Simulation

Le deuxième objectif de ce livrable est de concevoir un Digital Twin et sa simulation pour le pilotage du changement de notre système. Nous allons utiliser les modèles des sous-systèmes de Transformation des Biens (TB) et de Gestion des Approvisionnements et des Fournisseurs (GAF) pour construire le Digital Twin.

4.1 Définition de Digital Twin

Un Digital Twin (Jumeau Numérique) est une représentation virtuelle d'un système physique, qui permet de simuler son comportement dans des conditions variées et de tester différentes hypothèses sans affecter le système réel. Le Digital Twin est basé sur les données en temps réel provenant du système physique et intègre des modèles de simulation pour fournir des prévisions précises de la performance du système.

La conception du Digital Twin consiste à intégrer les modèles des sous-systèmes de Transformation des Biens (TB) et de Gestion des Approvisionnements et des Fournisseurs (GAF) en un seul modèle cohérent et réaliste. Le Digital Twin doit permettre de simuler le fonctionnement de notre système physique en temps réel, en prenant en compte les différents paramètres tels que la production, les stocks de matières premières et de produits finis, la gestion des fournisseurs et les délais associés.

Le Digital Twin est également équipé d'un système de collecte de données en temps réel à partir des capteurs et des systèmes d'acquisition de données installés dans le système physique. Ces données sont utilisées pour mettre à jour les modèles de simulation et pour fournir des informations en temps réel sur la performance du système.

4.2 Conception et Développement du Digital Twin

La conception et le développement du Digital Twin pour notre système de production de biens dans le domaine agroalimentaire impliquent la modélisation des sous-systèmes de transformation des biens et de gestion des approvisionnements et des fournisseurs en utilisant les logiciels AnyLogic et AnyLogistix respectivement.

Les modèles de simulation obtenus pour chaque sous-système sont ensuite intégrés dans le Digital Twin pour représenter le comportement global du système.

4.2 Simulation du Digital Twin

REMARQUE: Malheureusement, faute de temps et de problèmes techniques, nous n'avons pas pu intégrer les modèles de simulation obtenus dans un jumeau numérique pour représenter le comportement global du système.

4.3 Utilisation du Digital Twin pour le Pilotage de la Performance

Le Digital Twin peut être utilisé pour le pilotage de la performance du système en fournissant des informations précises et en temps réel sur les différentes variables du système. Les opérateurs peuvent surveiller les performances du système en temps réel, détecter rapidement les anomalies et prendre des mesures pour résoudre les problèmes avant qu'ils ne deviennent critiques.

Le Digital Twin peut également être utilisé pour tester différents scénarios et hypothèses sans affecter le système réel. Les opérateurs peuvent simuler différents cas d'utilisation pour évaluer leur impact sur la performance du système et choisir la meilleure stratégie à suivre.

Enfin, le Digital Twin peut être utilisé pour optimiser la performance du système en identifiant les goulots d'étranglement et en proposant des améliorations pour augmenter l'efficacité et la productivité du système.

5. Conclusion

Le livrable 2 de notre projet consistait en la conception et la modélisation de notre système de production de biens dans AnyLogic, ainsi que la modélisation du sous-système de gestion des approvisionnements et des fournisseurs dans le logiciel AnyLogistix. Nous avons réalisé des simulations de scénarios de production et d'approvisionnement pour analyser le comportement du système et ainsi évaluer et améliorer ses performances. Malheureusement, faute de temps, nous n'avons pas pu intégrer les modèles de simulation obtenus dans un jumeau numérique pour représenter le comportement global du système.

Le Digital Twin aurait été équipé d'un système de collecte de données en temps réel pour fournir des informations précises sur la performance du système, permettant ainsi aux opérateurs de surveiller le système en temps réel, de tester différents scénarios et hypothèses, et d'optimiser les performances du système en identifiant les goulots d'étranglement et en proposant des améliorations.