

***LogiLab* – Guide utilisateur**

**Alexandre Morneau, Rémy Huot,
Sébastien Lemieux, Line Simoneau**

Consortium de recherche FORAC

Table des matières

1	Description de LogiLab	4
1.1	Découpage du réseau en unités d'affaires.....	5
1.1.1	Unité d'affaires	5
1.1.2	Processus	5
1.1.3	Exemple	5
1.2	Granularité temporelle du modèle	6
1.3	Agrégation ou non des produits fabriqués/vendus	7
2	Utilisation de LogiLab	7
2.1	Navigation dans LogiLab.....	7
2.1.1	La section d'optimisation	8
2.1.2	La section cartographie	12
2.1.3	La section d'analyse.....	14
3	Créer un modèle de réseau logistique pour LogiLab	15
3.1	Fichier d'entrée Access préconfiguré.....	15
3.1.1	Les unités d'affaires	16
3.1.1.1	Fournisseurs / Clients	18
3.1.1.2	Usines	20
3.1.2	Les flux	22
3.1.3	Les produits	24
3.1.4	Les étiquettes de regroupement.....	25
3.2	Génération d'un fichier Access à partir d'un fichier Excel	26
3.3	Ancien fichier d'entrée Excel.....	27
3.3.1	Help.....	27
3.3.2	Products.....	28
3.3.3	BusinessUnits.....	28
3.3.4	Flows	31
3.3.5	InventoryCapacities	32
3.3.6	SuppliesAndDemands.....	33
3.3.7	FlowCapacities	33
3.3.8	ProductValues.....	34

3.4	Modification du modèle à l'aide d'un fichier Python	35
3.5	Utilisation de l'optimisation interactive.....	36
	Annexe-A : Modèle de maximisation du profit.....	37

1 Description de LogiLab

Les capacités d'optimisation de LogiLab sont basées sur la programmation linéaire. C'est une méthode de programmation mathématique pour déterminer une façon d'atteindre le meilleur résultat possible (comme la maximisation du profit) dans un modèle mathématique donné. Le modèle contient les exigences (p. ex. : répondre à la demande du client) et les limites (p. ex. : les capacités de transformation des usines, de stockage et de transport) en termes de relations linéaires. La programmation linéaire peut être appliquée à divers types de problèmes dans les domaines des affaires, de l'économie et de l'ingénierie. Elle s'est révélée utile pour résoudre des problèmes de distribution, de planification de la production, ainsi que d'allocation et d'affectation de ressources au sens large.

En ce qui concerne la conception et la planification de la chaîne d'approvisionnement, LogiLab permet la conception graphique des modèles mathématiques. Ceux-ci sont résolus grâce à des moteurs spécialisés d'optimisation sur lesquels s'appuie LogiLab (p. ex. : Gurobi, CPLEX, etc.). Grâce à la technologie de LogiLab, les utilisateurs n'ayant aucune connaissance en programmation mathématique peuvent aisément développer et résoudre des modèles mathématiques. Dans l'environnement LogiLab, les modèles mathématiques sont construits en associant divers objets métiers du monde réel tels que les produits qui sont achetés, vendus, transformés ou transportés, les points d'approvisionnement (p. ex. : zones forestières, scieries, fournisseurs de produits chimiques, etc.), les centres de production avec des capacités de transformation de produits, lieux de stockage, les commandes des clients ou la demande prévue, les alternatives de transport entre les sites ainsi que l'évaluation de leur coût, etc., avec des équations. Suite à une optimisation, LogiLab affiche la solution optimale sur une représentation schématique du réseau (Figure 1) ou sur une carte (Figure 2). Cette représentation visuelle des résultats facilite l'analyse et la présentation aux parties prenantes tout en fournissant plusieurs indicateurs de performance.

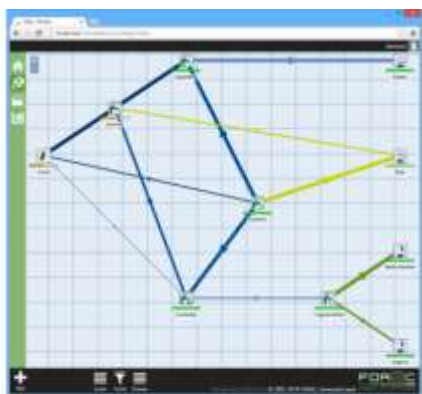


Figure 1 – Représentation schématique

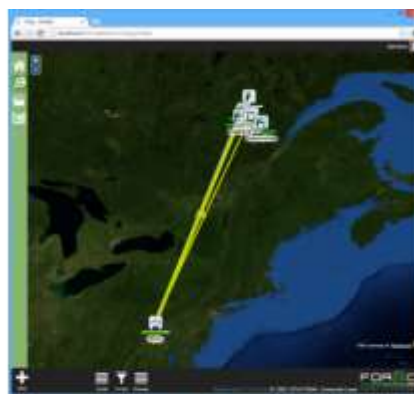


Figure 2 – Représentation géographique

1.1 Découpage du réseau en unités d'affaires

Un réseau de création de valeur peut être constitué de plusieurs entreprises, usines, zones de récolte, etc.

1.1.1 Unité d'affaires

Une unité d'affaires (UA) est associée à une localisation physique (p. ex. : une usine) mais parfois peut être une localisation virtuelle (p. ex. : centre de classification). En fait, une UA est un endroit du réseau où il est possible de stocker ou transformer des produits.

1.1.2 Processus

Ce sont les processus qui régissent la façon de transformer les produits dans LogiLab. Tel qu'indiqué à la Figure 3, un processus contient un ou plusieurs produits intrants, a un coût de transformation et une durée pour produire le ou les produits extrants.

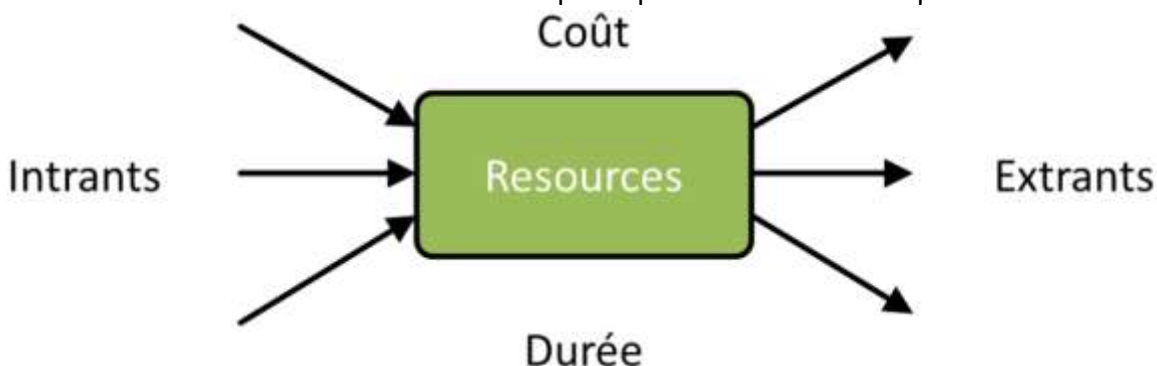


Figure 3 – Représentation graphique d'un processus

1.1.3 Exemple

Avant de commencer à faire une modélisation, il est essentiel de connaître la question que l'on souhaite étudier. Imaginons un cas de base où il y a un fournisseur forêt, une scierie, une papetière et un client pour chacune des deux usines de transformation. De façon générale, voici comment il faudrait modéliser chaque composante du cas de base selon la question à laquelle on souhaite répondre :

- Impact de l'ajout d'une nouvelle ligne de sciage :
 - Forêt : Ajout du nouveau produit qui peut être transformé et un volume estimé disponible.
 - Scierie : Séparation en deux UA : (1) le sciage et (2) le séchage et rabotage ensemble.
 - Papetière : Modélisation simple, les copeaux entrent et du papier en ressort.

- Clients : Ajuster les quantités des demandes pour correspondre aux prévisions des ventes.
- Modification des recettes de fabrication de papier :
 - Forêt : Sans modification au cas de base.
 - Scierie : Des billes entrent et un panier de produits moyen en ressort.
 - Papetière : Si l'impact de la modification des recettes est généralisé à l'ensemble de la papetière, cette dernière peut être représentée par une seule unité d'affaires. Sinon, elle devra être décomposée en plusieurs unités. Par exemple, si la modification des recettes est au niveau des intrants des digesteurs sans changer la productivité, la papetière peut être représentée en une unité. Par contre, si l'ajout d'une nouvelle recette de copeaux a un impact sur les quantités d'agents de blanchiment d'un processus ultérieur, la papetière devra être découpée en plusieurs unités.
 - Clients: Sans modification au cas de base.
- Évaluation de l'achat de produits forêt aux enchères :
 - Forêt: Séparation en plusieurs UA : une UA pour la forêt du cas de base et d'autres UA pour chaque emplacement différent où le réseau pourrait s'approvisionner.
 - Scierie : Sans modification au cas de base.
 - Papetière : Sans modification au cas de base.
 - Clients: Sans modification au cas de base.

Le principe est de rester général et de spécialiser les endroits du réseau où il pourrait y avoir des changements. Plus le modèle est complexe, plus il est difficile de le valider de même que de le résoudre.

1.2 Granularité temporelle du modèle

Pour LogiLab, il est important de séparer l'espace temporel en périodes. Une période est une unité de temps. Elle peut représenter une heure, un quart de travail, un mois ou autre. Bien qu'il soit possible d'utiliser une granularité temporelle fine pour tous les problèmes, il n'est pas recommandé de le faire. Plus le nombre de périodes est grand, plus grande sera la difficulté de résolution du modèle d'optimisation. Et très souvent, la difficulté de résolution d'un problème augmente plus rapidement que le nombre de période. Par exemple, si on double le nombre de période, la difficulté sera plus que doublée.

Ainsi, il est important de bien choisir le nombre de périodes. Pour les problèmes tactiques, des périodes d'une semaine ou d'un mois sont habituellement utilisées. Cela

permet de prendre en considération les saisonnalités dans les ventes, les approvisionnements ou les processus de transformation tout en conservant des modèles de tailles raisonnables.

1.3 Agrégation ou non des produits fabriqués/vendus

Il est souvent nécessaire de réduire le nombre de produits afin de simplifier le modèle. Il faut toutefois s'assurer que la réduction n'affecte pas la conclusion de la solution. Parfois, il peut être intéressant de voir les ventes individuelles de chaque produit de la scierie (p. ex. : 2x4 16', 2x4 14', etc.). Cependant, pour bien des études, il est suffisant de travailler uniquement par famille de produits (p. ex. : 2x4).

Il est également possible d'avoir une agrégation différente pour chacun des produits :

- 2x3 et 2x4 : désagrégé puisque ces produits sont utilisés dans le réseau par une autre unité d'affaires pour la production de poutrelles en I.
- 2x6 et 2x8 : agrégé en famille de produits puisqu'ils sortent du réseau sans vraiment connaître leur utilisation en détail.

2 Utilisation de LogiLab

Cette section du document met l'emphasis sur la navigation dans l'interface de LogiLab et détaille le format d'entrée des données.

2.1 Navigation dans LogiLab

L'interface de LogiLab est décomposée en quatre parties (voir Figure 4). La barre noire de menu en haut, la barre noire d'informations contextuelles en bas, la barre verte de navigation à gauche dans l'encadré rouge et le reste pour présenter l'information. Dans la barre de navigation, les trois icônes en rouge représentent (de haut en bas) la section accueil, la section de cartographie, la section d'optimisation ainsi que la section d'analyse. À la page d'accueil (Figure 4), il est possible d'ouvrir une session en utilisant le bouton vert à droite de la barre de menu en haut.



Figure 4 – Page d'accueil de LogiLab

2.1.1 La section d'optimisation

Dans la section d'optimisation de LogiLab (Figure 5), une liste de tous les problèmes auquel vous avez accès s'affiche. Vous pouvez filtrer cette liste en utilisant la barre de recherche au-dessus de celle-ci. Il est aussi possible d'afficher les détails d'un problème en cliquant sur celui-ci. À tous moment il est possible de créer un problème en utilisant le bouton en bas à gauche.

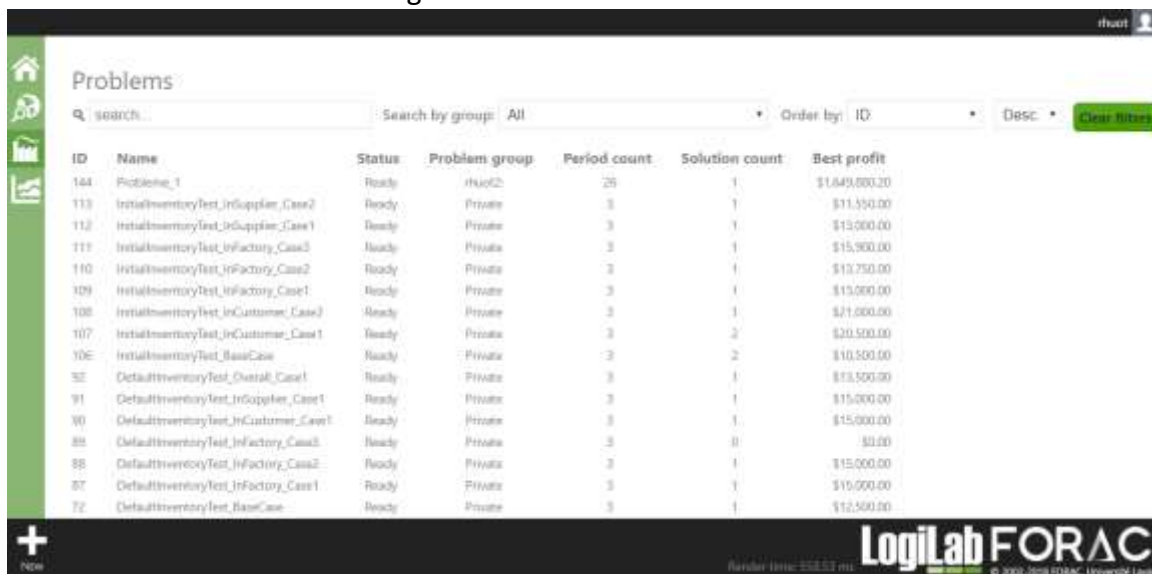


Figure 5 – Section d'optimisation de LogiLab

Lors de la création d'un problème, vous devez fournir le ou les fichiers qui définissent celui-ci et vous devez spécifier à quel groupe vous voulez l'attribuer. Par défaut le problème sera privé. Le groupe dans LogiLab permettent de rendre disponible des problèmes à des utilisateurs appartenant au même groupe. Par défaut vous pouvez choisir de créer un problème privé ou public. Si vous êtes membre d'une équipe et que vous voulez rendre ce problème disponible pour celle-ci, vous pouvez demander à un administrateur de vous créer un groupe.

Lorsque vous affichez les détails d'un problème, trois pages sont disponibles. La première est la page sommaire (Figure 6). Elle affiche un résumé du problème : son nom, le groupe du problème, une description, les fichiers d'entrées, une liste des unités d'affaire et une liste des flux. Un bouton permet de modifier le nom, le groupe et la description du problème. Un autre bouton permet de protéger ce problème. Protéger un problème sert à empêcher tous utilisateurs ayant accès à ce problème de le supprimer. Lorsque vous protégez un problème, vous devez spécifier la raison de cette protection.

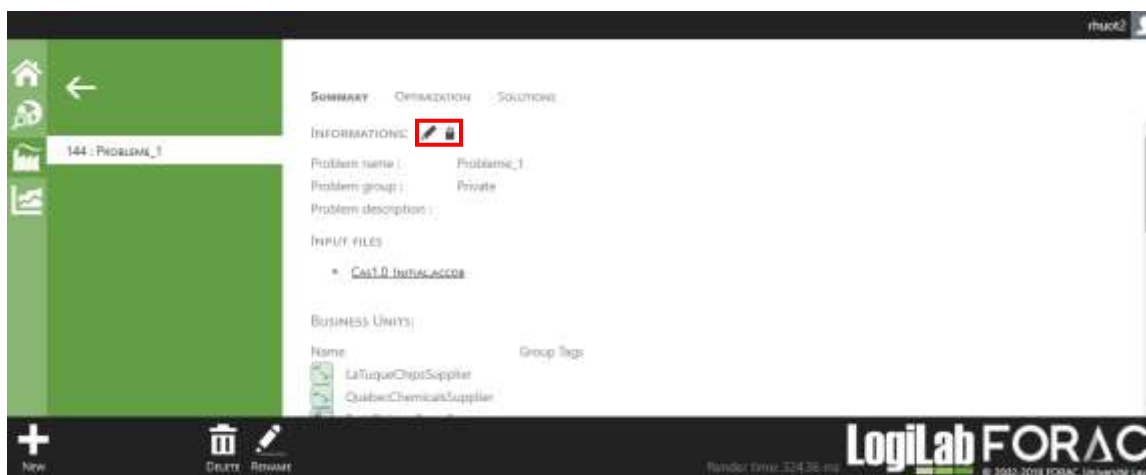


Figure 6 – Sommaire d'un problème

La deuxième page est la page d'optimisation du problème (Figure 7). Elle affiche et permet de modifier plusieurs paramètres avant de lancer une optimisation :

- *SolverName* : Nom du solveur à utiliser. Les solveurs supportés sont GLPK, CBC, Gurobi et CPLEX.
- *IsMip* : Indique au solveur si le modèle est en nombre entiers ou non. En indiquant non, les variables en nombres entiers seront converties en variables linéaires.
- *TimeLimit* : Temps (en secondes) à laisser au solveur pour trouver une solution optimale.
- *MipGap* : Gap minimal (pas en pourcentage) à atteindre pour que le solveur trouve une solution. Par exemple, un gap de 0.01 indiquera au solveur de trouver une solution avec un gap inférieur à 1%
- *RandomizeOrder* : écrit les variables de manière aléatoire dans le modèle. Peut faire varier le temps d'optimisation dans le cas où le problème est un mip.
- *GetLpFile* : Permet de spécifier si on veut rendre le fichier .lp disponible après l'optimisation.
- *GetSolFile* : Permet de spécifier si on veut rendre le fichier .sol disponible après l'optimisation.
- *ExportExcelSolution* : Permet d'exporter automatiquement le fichier de solution Excel après l'optimisation.
- *ExportAccessSolution* : Permet d'exporter automatiquement le fichier de solution Access après l'optimisation.
- *FlowDiscretizationDelayPercentage* : Taux de discrétisation pour les délais de transport. Par exemple, un taux de 0.3 indiquera un *LogiLab* que les délais de transport supérieur à 30% de la période seront considérés comme des délais d'une période complète.
- *ProcessDiscretizationDelayPercentage* : Taux de discrétisation pour les délais des processus. Par exemple, un taux de 0.3 indiquera à *LogiLab* que les processus qui prennent plus de 30% de la capacité d'une période seront considérés comme ayant des délais de production d'une période complète.
- *EnableInteractiveSolution* : Permet d'activer la fonctionnalité d'optimisation interactive.
- *Optimization file* : Fichier python complémentaire et optionnel pour modifier le modèle d'optimisation de base de *LogiLab*.

Le bouton « *Start new optimization* » permet de lancer une optimisation. Le serveur où réside *LogiLab* s'occupera de mettre dans une file d'attente les optimisations afin qu'elles ne puissent pas se nuire. Une liste des optimisations roulées est affichée dans le bas de la page. Il est possible d'afficher le log d'une optimisation en cliquant sur le statut de celui-ci. Si une solution a été générée pour un problème, un bouton « *View Solution ->* » apparaîtra au bout de la ligne en question permettant d'aller directement à la page d'affichage de cette solution.



Figure 7 – Page d'optimisation d'un problème

La troisième page est dédiée aux solutions du problème (Figure 8). Les contrôles dans le rectangle rouge permettent de choisir la solution, renommer la solution, supprimer la solution et voir la solution sur la carte. Les trois premiers onglets en dessous permettent de visualiser certains éléments de la solution sous différentes agrégations. Le dernier onglet permet de télécharger les différents formats de fichier de la solution.

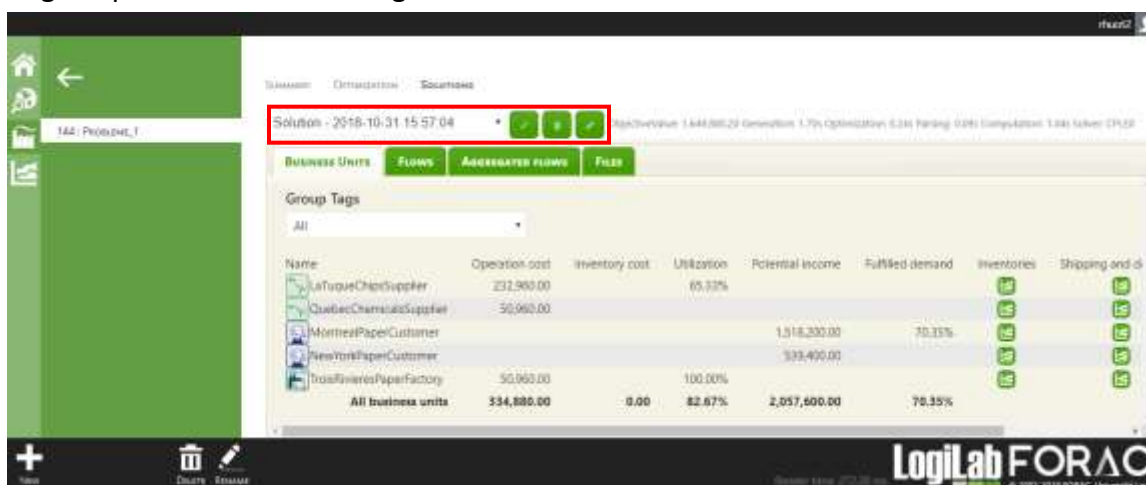


Figure 8 – Page des solutions d'un problème

2.1.2 La section cartographie

Dans la section cartographie, il est possible d'afficher, de différentes manières, les solutions sur la carte. Initialement, seulement la carte est affichée (Figure 9). Le bouton « Dynamic » dans la barre contextuelle en bas de l'écran permet de sélectionner une solution à afficher et de choisir certaines options d'affichage. Parmi les options d'affichages, on peut vouloir afficher ou cacher les unités d'affaires, les barres d'utilisation de la capacité, le non des unités d'affaires. On peut aussi activer ou désactiver le regroupement des unités d'affaires en fonction du niveau de zoom (*Create clusters*).

Sur la carte, les flux de produits sont représentés par des flèches de couleurs dont l'épaisseur varie en fonction de la quantité de produits circulant sur le flux. Chaque type de produit différent se verra assigner une couleur de flèche différente.

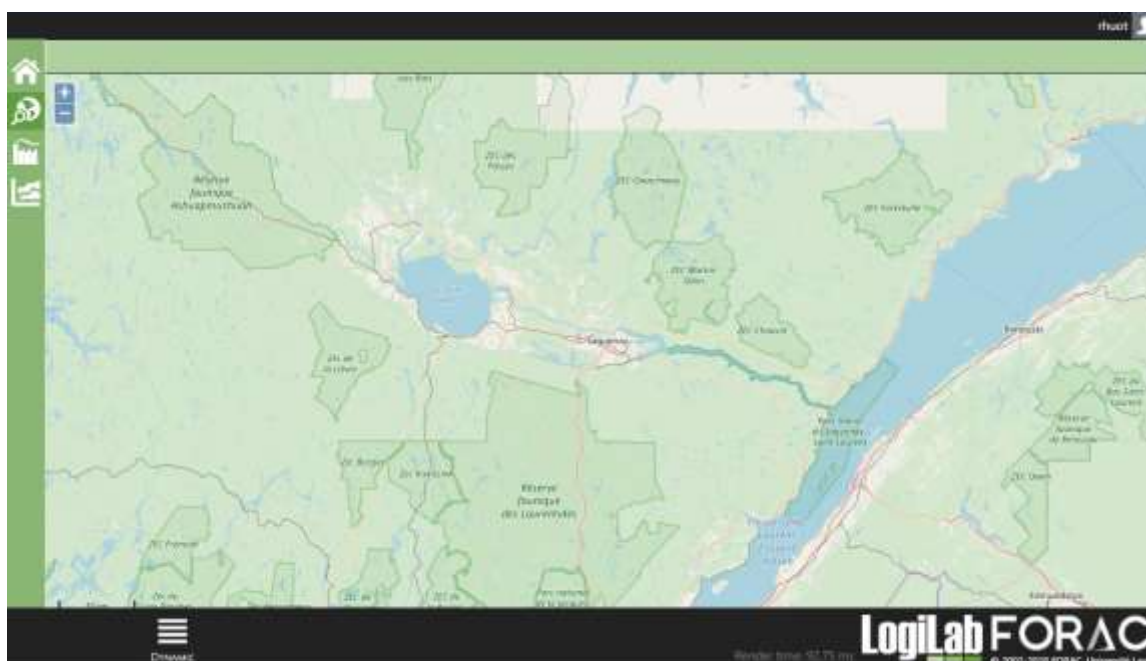


Figure 9 – Section cartographie

Une fois qu'une solution est sélectionnée, elle s'affiche à l'écran et un bouton « Toolbar » devient disponible dans la barre contextuelle (Figure 10). Ce bouton permet de manipuler l'affichage de la solution pour pouvoir la visualiser, par exemple, sous forme de schéma, ou bien de voir chaque période individuellement.

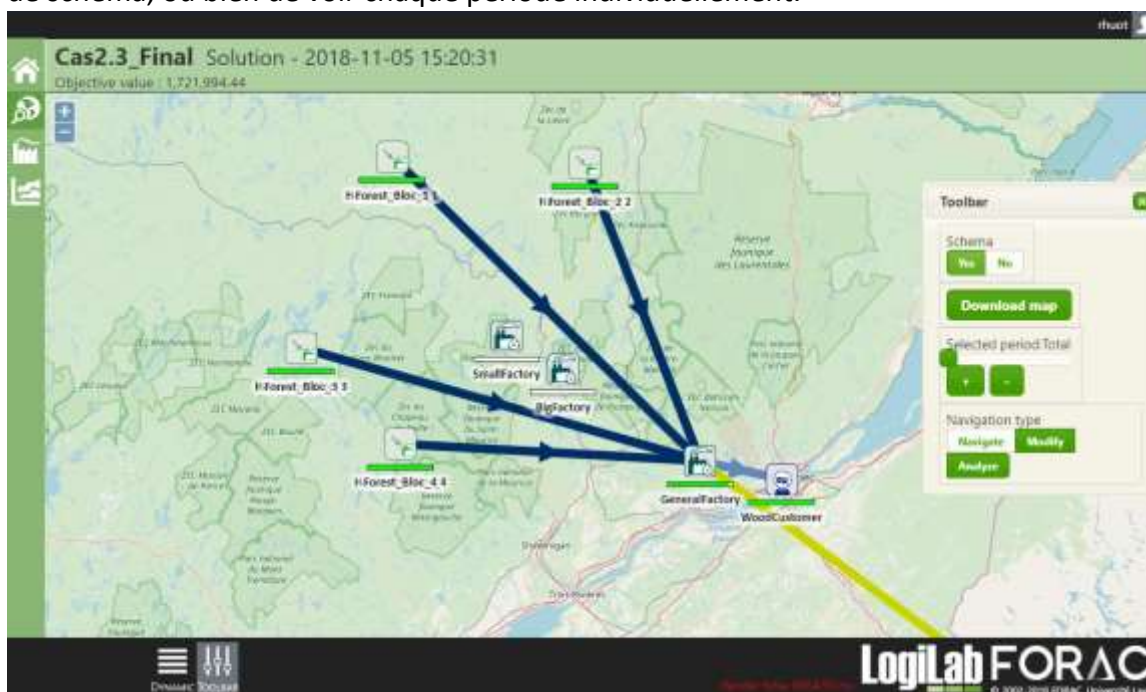


Figure 10 – Affichage d'une solution

2.1.3 La section d'analyse

La section d'analyse permet de visualiser certains graphiques représentant des aspects différents de la solution (Figure 11). Le bouton « Data source » dans la barre contextuelle permet de sélectionner la solution à analyser. La liste dans la section verte à gauche de l'écran permet de choisir quel aspect de la solution on veut analyser. Les contrôles dans l'encadré rouge permettent respectivement de choisir quelle unité d'affaire que l'on veut analyser, voir les données affichées sous forme de tableau et convertir le graphique en image pour pouvoir le copier dans un autre document.



Figure 11 – Analyse d'une solution

3 Créer un modèle de réseau logistique pour LogiLab

Trois méthodes existent pour créer un modèle de réseau logistique pour LogiLab. La première est de remplir un fichier d'entrée Access préconfiguré. La deuxième consiste à remplir un fichier Excel, formaté d'une manière spécifique, des données du réseau, puis d'utiliser une application pour générer le fichier Access précédemment mentionné. La troisième méthode est d'utiliser l'ancien fichier d'entrée Excel, par contre elle ne permet pas de modéliser toutes les fonctionnalités que LogiLab a à offrir et le support n'est plus offert avec cette méthode. Un modèle créé par n'importe quel de ces méthodes peut aussi être modifié avec un fichier python lors de l'optimisation pour utiliser des fonctionnalités avancées. Tous les fichiers nécessaires pour l'exécution de ces méthodes sont disponibles dans la section « Formulaires et exemples » sur la page d'accueil de LogiLab.

3.1 Fichier d'entrée Access préconfiguré

À l'ouverture d'un nouveau fichier Access, un formulaire s'affiche avec certaines informations à remplir pour continuer (Figure 12). Les champs obligatoires sont le nom du problème, le nombre de période du problème et la durée des périodes en jours.

Figure 12 – Nouveau fichier Access

Après avoir rempli ces informations et avoir cliqué sur le bouton *Save*, les champs concernant les périodes seront verrouillés, un sous-formulaire s'affichera en dessous et trois boutons apparaîtront à gauche (Figure 13). Les boutons à gauche permettent de naviguer entre les trois principales sections : Les unités d'affaires, les flux et les produits. Le sous formulaire afficheront les éléments principaux de la sélection courante.

Figure 13 – Navigation fichier Access

3.1.1 Les unités d'affaires

La section des unités d'affaires permet de visualiser, modifier et ajouter des unités d'affaire. On peut en ajouter en remplissant le formulaire qui s'affiche en cliquant sur le bouton *Add Business Unit*. Pour modifier une unité d'affaire existante, il faut double-cliquer sur celle-ci.

Dans le formulaire d'ajout d'une unité d'affaire (Figure 14) il faut d'abord spécifier les informations de base obligatoires, c'est-à-dire le nom et le type d'unité d'affaire. Les autres informations sont facultatives. Ensuite, après avoir cliqué sur le bouton *Confirm*, des éléments supplémentaires s'afficheront dépendamment du type choisit. Si c'est un fournisseur (Figure 15), un bouton permettant de gérer les produits fournis s'affichera, ainsi qu'une section permettant de gérer l'inventaire. Si c'est une usine, la même section d'inventaire s'affichera ainsi qu'un bouton qui permet de gérer les processus. Si c'est un Client, un bouton qui permet de choisir la demande de celui-ci s'affichera.

Business Unit

BusinessUnit Name:

Description:

BusinessUnit Type:

Latitude:

Longitude:

X:

Y:

LogiLab FORAC

Figure 14 – Formulaire d’ajout d’une unité d’affaire

Business Unit

BusinessUnit Name:

Description:

BusinessUnit Type:

Latitude:

Longitude:

X:

Y:

Inventory Cost:

☐ Including flour

Inventory Capacities

	Min	Max	Product
+	0	5	For all products
-			

Group Tags

Tag Name:

LogiLab FORAC

Figure 15 – Affichage des informations d’un fournisseur

Dans tous les cas, une section *Group Tags* s’affichera et permettra de créer des étiquettes de regroupement pour cette unité d’affaire. Cette fonctionnalité sera détaillée un peu plus loin dans ce guide.

3.1.1.1 Fournisseurs / Clients

Malgré que ces types d'unité d'affaire agissent différemment dans le réseau, les informations sont saisies de manière presque identique. Après avoir cliqué sur le bouton *See supplier's supply* ou *See customer's demand*, qui s'affiche à la création d'une unité d'affaire, une liste s'affiche. Initialement vide, cette liste affiche les produits fournis par le fournisseur (Figure 16) ou les produits demandés par le client. Il est possible de modifier certaines informations directement dans la liste, supprimer des lignes en les sélectionnant, puis en appuyant sur la touche *Suppr* du clavier.

Quantity per period	Price	Mandatory	Infinite	Product	Period Start	Period End
15000 m3	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ForestBloc1	1	1

Close

Generate basic supplies Add Supply

LogiLab FORAC

Figure 16 – Liste des produits fournis par un fournisseur

Il y a deux manières d'ajouter des éléments à la liste. La première est d'ajouter les éléments un à un. Si je prends l'exemple du fournisseur, il faut cliquer sur le bouton *Add Supply*. Le formulaire qui s'affiche (Figure 17) demande de choisir le produit, d'entrer la quantité disponible par période, le prix par unités, de spécifier si les produits sont fournis de manière obligatoire, de manière infinie et d'entrer les périodes concernés. Si l'option *Infinite* est cochée, ça veut dire que la quantité disponible de ce produit par période est infinie et la quantité par période n'est donc pas prise en considération. L'option *Mandatory* force le fournisseur à fournir la quantité totale disponible du produit à chaque période. Il est impossible de choisir les options *Infinite* et *Mandatory* en même temps puisqu'il est impossible de fournir de manière obligatoire une infinité de produit au réseau. Pour entrer une demande, la méthode est identique.

Forest_Bloc_1's Supply

Product

Quantity per period

Price

Mandatory ☐

Infinite ☐

☒ All problem's periods

☐ From To

LogiLab FORAC

Figure 17 – Formulaire d'entrée d'un produit à fournir

La deuxième méthode permet de créer plus rapidement plusieurs éléments pour plusieurs périodes à sous-intervalle identique. Si je prends l'exemple du fournisseur par exemple, après avoir cliqué sur le bouton *Generate Basic Supply*, le formulaire qui s'affiche (Figure 18) demande de choisir le produit, un prix à l'unité et une quantité par période par défaut, le nombre de période par sous-intervalle et l'intervalle sur lequel créer les données. Par exemple, si je choisis deux périodes par sous-intervalle, que j'ai 6 périodes dans le problème, et que je choisis l'option *All problem's periods*, 3 éléments seront créés pour les période 1-2, 3-4 et 5-6, tous avec les même informations (produit, pris, quantité, etc.) Il est ensuite possible de changer ces informations directement et plus facilement dans la liste.

Product(s)		
BigLogsPile	m3	1
Chips	1000	
ForestBloc1	m3	
ForestBloc2	m3	
ForestBloc3	m3	

Default price: 0
 Default quantity: 0
 Infinite: ☐
 Mandatory: ☐
 NbPeriodPerDemands: 1
☒ All problem's periods
☐ From To

Cancel Create supplies

LogiLab FORAC

Figure 18 – Formulaire d'entrée de plusieurs produit à fournir

3.1.1.2 Usines

Dans le cas des usines, le bouton qui s'affiche est *See factory's processes*. Ce bouton ouvre un formulaire qui affiche la liste des processus de l'usine, ainsi que la capacité globale de production (Figure 19). Il est possible de changer cette capacité en utilisant les bouton *Change* et *Save*. Par défaut, la capacité globale d'une unité d'affaire est de 0 à la durée d'une période en heure. Il est possible d'ajouter un processus en cliquant sur le bouton *Add Process*. Il est aussi possible de modifier un processus existant en double-cliquant sur celui-ci.

Name	Process usage	Cost	Discrete	Group Tags
LogsBloc1_Processing	1	29.97741	<input type="checkbox"/>	
LogsBloc2_Processing	1	30.11261	<input type="checkbox"/>	
LogsBloc3_Processing	1	29.99769	<input type="checkbox"/>	
LogsBloc4_Processing	1	29.88953	<input type="checkbox"/>	
SmallLogsPile_Processing	1	29.6732	<input type="checkbox"/>	
BigLogsPile_Processing	1	30.34922	<input type="checkbox"/>	

Figure 19 – Liste des processus d’une usine

Pour créer un processus (Figure 20), il faut tout d’abord entrer les informations de base. Le nom, l’utilisation du processus, le coût et indiquer si le processus est discret ou non, puis cliquer sur le bouton **Save**. L’utilisation du processus est la quantité de capacité globale de l’usine consommée quand ce processus roule une fois. Quand un processus est discret, le processus est forcé de rouler un nombre entier de fois. Lorsque le problème contient un ou des processus discrets, il faut activer le paramètre **IsMip** au moment de l’optimisation pour que le problème soit optimisé correctement.

Figure 20 – Ajout d’un processus

Après avoir entré ces informations, les sous-formulaires *Consumptions* et *Productions* s'activeront et le sous-formulaire *Group Tags* s'affichera (Figure 21). Ce dernier sera expliqué plus loin dans le guide. Il reste plus qu'à spécifier la consommation et la production du processus. Si on prend l'exemple de la figure 21, quand le processus roulera une fois, il utilisera 1 m3 de la capacité totale de l'usine (7000 comme illustré à la Figure 19), il consommera 1 m3 de *BigLogsPile* et 1 ticket pour produire 267 pmp de *RegularQualityLumber*, 0.0328 tmv de *Sawdust* et 0.1107 tmv de *Chips*.

Figure 21 – Exemple de processus

3.1.2 Les flux

La section des flux permet de visualiser, ajouter et modifier les flux dans le réseau logistique (Figure 22). Le bouton *Add Flow* permet d'ajouter un flux, il est possible de modifier un flux en double-cliquant sur celui-ci, le bouton *Delete all flows* permet de supprimer tous les flux du réseau et le bouton *Generate basic flows* permet de générer automatiquement tous les flux triviaux.

Figure 22 – Section des flux

Le bouton *Add Flow* affiche le formulaire d'ajout d'un flux (Figure 23). Pour ajouter un flux, il faut d'abord entrer ses informations de base puis cliquer sur *Save* : Les unités d'origine et de destination, le moyen de transport, le coût, l'unité de mesure, la distance en kilomètre et le délai en heure. Si le moyen de transport recherché n'est pas dans la liste, il est possible d'en ajouter en cliquant sur le + à droite du champ. Le coût d'un flux est le coût par unité du produit transporté par kilomètre. Par exemple si un flux transporte 10 m3 de bois sur 300 kilomètres à un coût de 0.05\$, le coût total du transport sera $0.05 * 10 * 300 = 150\$$. Un flux ne peut avoir qu'une unité de mesure. Si on en veut plus qu'un, il faut créer un autre flux. Si la distance n'est pas spécifiée, LogiLab calculera la distance à vol d'oiseau entre l'origine et la destination. Pour ce qui est du délai, s'il dépasse le pourcentage spécifier dans le paramètre d'optimisation *FlowDiscretizationDelayPercentage* dans la période, le flux arrivera à destination à la période suivante, sinon il arrivera à la période courante.

The image shows two parts of a software interface. The top part is a form titled 'Flow' with a green header. It contains several input fields: 'Origin', 'Destination', 'Transportation Mode' (with a '+' button to its right), 'Cost' (with a placeholder '0 per unit/Km'), 'Unit of measure', 'Distance (Km)', and 'Delay (hours)'. A green 'Save' button is at the bottom right of this form. The bottom part is a table titled 'Capacities' with a green header. The table has five columns: 'Min', 'Max', 'Product', 'Period Start', and 'Period End'. The table body is empty. A green 'Close' button is at the bottom left of the table.

Figure 23 – Ajout d'un flux

Après avoir entré ces informations, le sous-formulaire *Capacities* s'activera et le sous-formulaire *Group Tags* s'affichera. Ce dernier sera expliqué plus loin dans le guide. Le sous-formulaire *Capacities* permet de spécifier les produits et la quantité qui peuvent être transportés par ce flux ainsi que les périodes dans lesquels ces capacités sont valides. Il est possible d'ajouter une capacité à l'aide d'un simple formulaire qui s'affiche en cliquant sur le bouton *Add Capacity*. Il est possible d'en supprimer en sélectionnant la ligne concernée et en utilisant la touche du clavier *Suppr*.

3.1.3 Les produits

La section des produits permet de visualiser, ajouter ou modifier les produits dans le réseau logistique (Figure 24). Il est possible d'ajouter un produit directement dans la liste. Il est aussi possible de modifier un produit directement dans la liste ou en double-cliquant dessus.

The screenshot shows the 'Problem' section at the top with a green header. It contains a 'Business units' sidebar with 'Flows' and 'Products' buttons. The 'Problem' form has fields for 'Problem name' (Cat2_8_Probl), 'Description', 'Number of periods' (5), and 'Period length (days)' (7). Below this is the 'Products' section with a green header. It displays a table with columns: Product Code, Product Type, Unit of measure, and Group Tags. The table lists several products like 'GenetTicket', 'SortTicket', 'NoSortTicket', 'ForestBloc1', 'ForestBloc2', 'ForestBloc3', and 'ForestBloc4'. Each row has a 'Delete' button. A 'Close' button is at the bottom left. The LogiLab FORAC logo is at the bottom right.

Figure 24 – Section des produits

Le formulaire de modification (Figure 25) permet non seulement de choisir des étiquettes de regroupement via le sous-formulaire *Group Tags* (fonctionnalité expliquée plus loin dans le guide), mais il affiche aussi plus d'information à propos du produit. Deux listes s'affiche. La première liste les unités d'affaire qui produisent ce produit, l'autre affiche les unités d'affaire qui le consomme. Ces listes permettent de « Débugger » le réseau logistique plus facilement en cas d'anomalie.

The screenshot shows the 'Product' modification form with a green header. It includes fields for 'Product Code' (ima_LogsP), 'Unit of Measure' (m3), and 'Product Type' (Piles). There is a 'Delete' button. Below these are two lists: 'Produced by' and 'Consumed by', both with 'BusinessUnitName' headers. The 'Produced by' list includes 'Harvester_Bloc_1', 'Harvester_Bloc_2', 'Harvester_Bloc_3', and 'Harvester_Bloc_4'. The 'Consumed by' list includes 'BigFactory' and 'SmallFactory'. To the right is the 'Group Tags' section with a 'Tag name' field. A 'Close' button is at the bottom left. The LogiLab FORAC logo is at the bottom right.

Figure 25 – Formulaire de modification d'un produit

3.1.4 Les étiquettes de regroupement

Les étiquettes de regroupement permettent d'agréger certaines données de la solution sous un certain terme. Ils peuvent être défini pour les unités d'affaire, les processus, les flux et les produits. Par exemple, si on veut comparer les coûts d'inventaires pour toutes les unités d'affaire étant dans la région X, pour celles-ci, il faut spécifier dans leurs sous-formulaires *Group Tags* une étiquette commune, exemple « Région x ». À l'affichage de la solution on peut ensuite choisir l'étiquette « Région x » pour agréger et afficher les données souhaitées dans la solution.

3.2 Génération d'un fichier Access à partir d'un fichier Excel

Bien que le fichier d'entrée Access, avec ses formulaires, soit la meilleure façon de parcourir, visualiser et modifier un cas LogiLab, il n'est pas particulièrement efficace pour importer de grandes quantités de données.

C'est spécifiquement pour faciliter et accélérer l'importation de grandes quantités de données que le AccessFileGenerator a été développé. Il suffit de copier-coller les données à importer dans un fichier Excel de saisi contenant une structure spécifique et l'application l'importera automatiquement dans un fichier d'entrée Access fonctionnel, prêt à être importé dans LogiLab.

Le fichier AccessFileGenerator.zip peut être téléchargé à partir de la page d'accueil de LogiLab, dans la section « Formulaires et exemples » ou « Forms and Examples ».

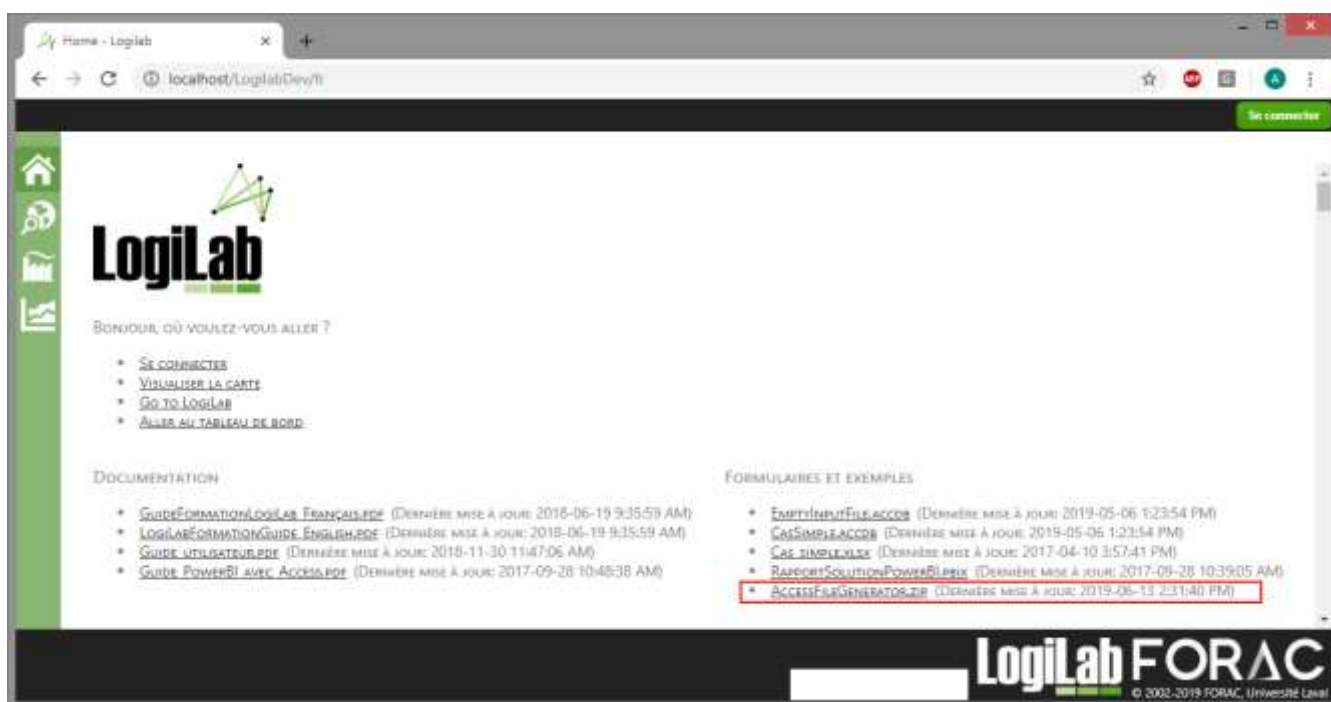


Figure 26 – Téléchargement du fichier AccessFileGenerator.zip

Cette archive compressée contient la dernière version de l'application AccessFileGenerator « Forac.LogiLab.AccessFileGenerator.exe » ainsi que son guide d'utilisation spécifique « GuideUsager_AccessFileGenerator.pdf ».

3.3 Ancien fichier d'entré Excel

Attention, cette approche de création de problème LogiLab est obsolète et n'est plus recommandée.

Pour ajouter un nouveau problème dans la base de données de *LogiLab*, un gabarit Excel a été développé. Celui-ci permet de représenter les données de façon simple tout en permettant de spécialiser certains éléments. Les sections subséquentes décrivent les différentes feuilles de ce gabarit. Dans chaque table de cette section, les cellules grises sont celles qui peuvent être modifiées par l'utilisateur.

3.3.1 Help

Dans la Table 1, il est possible de changer le nombre de périodes à la case *B2* ainsi que le nombre de jours par période à la case *B3*. La colonne *E* liste tous les types d'UA qui sont disponibles dans *LogiLab* pour la feuille *BusinessUnits* (voir Table 3). Le numéro de version à la case *B28* doit correspondre à la version de *LogiLab* utilisée (actuellement 1.1.12). Si le numéro de version est incorrect, *LogiLab* retournera un message d'erreur indiquant qu'il lui est impossible d'importer le fichier.

	A	B	C	D	E
1	Parameters				Business Unit Types
2	Number of period	52			BiomassExternalSupplier
3	Number of days per period	7			ChipExternalSupplier
4		FORAC			LogExternalSupplier
5					MixedSupplier
6					SoftwoodSupplier
7					HardwoodSupplier
8					SawmillProduction
9					PapermillProduction
10					WoodPelletProduction
11					EnergyProduction
12					SecondTransformationProduction
13					RecyclingPlantProduction
14					OSBProduction
15					Storage
16					TransshipmentArea
17					LumberCustomer
18					PaperCustomer
19					EnergyCustomer
20					SecondTransformationCustomer
21					OSBCustomer
22					
23					
24	Notes :				
25	ExternalSupplier :	You must use two rows for the available quantity per period. The first one indicate the quantity and the second one is the price per unit. In bold, indicate a mandatory supply.			
26	Customer :	You must use two rows for the available quantity per period. The first one indicate the demanded quantity and the second one is the price per unit. In bold, indicate a mandatory supply.			
27					
28	Version :	1.1.13.757			

Table 1 – Gabarit Excel - Help

3.3.2 Products

C'est dans la feuille *Products* que tous les produits qui seront utilisés dans le réseau doivent être répertoriés (voir Table 2). Il n'y a pas de produits prédéfinis dans *LogiLab*. Il est à noter que les espaces et accents sont à éviter. La colonne *A* doit contenir un code unique qui sert à représenter le produit. La colonne *B* indique le type de produit. Un type de produit est un regroupement, une famille de produits. La colonne *C* permet d'associer une unité de mesure (UM) au produit.

	A	B	C
1	Product Code	Product Type	Unit of measure
2	BillesPete	Billes	m3
3	BillesSciageP	Billes	m3
4	BillesSciageM	Billes	m3
5	BillesSciageG	Billes	m3
6	Copeaux	Copeaux	tv
7	Planche2x3	Planche	pmp
8	Planche2x4	Planche	pmp
9	Planche2x6	Planche	pmp
10	Planche2x8	Planche	pmp
11	Sciures	Sciures	tv
12	Papier	Papier	tma
13	Granules	Granules	tma
14	Energie	Energie	MWh

Table 2 – Gabarit Excel - Products

3.3.3 BusinessUnits

La feuille *BusinessUnits* contient toutes les informations nécessaires pour définir les UA du réseau. Pour fin de représentation seulement, elle a été divisée en trois Tables (3, 4 et 5). Il est important de noter que les UA de type fournisseurs externes (*External Suppliers*) ou clients (*Customers*) sont toujours paramétrées sur 2 lignes alors que les autres sont sur une ligne ou plus.

Voici une explication de chaque colonne pour la Table 3 :

- *A* : Nom de l'UA en prenant soin de ne pas inclure d'espace ou d'accents.
- *B* : Nom de processus unique par UA. Il est possible qu'une UA possède aucun processus. Dans ce cas, il faut laisser l'espace vide.
 - Lorsque le nom de processus "InitialInventories" est inscrit, *LogiLab* considère les quantités inscrites dans les colonnes *S* et suivantes comme étant des stocks initiaux. Au lieu de partir de 0, l'UA en question aura déjà des stocks de ces produits à la période 1 qui pourront être transformés ou transportés.

- Il est également possible de mettre en gras le nom du processus. Cela aura comme effet de mettre ce processus en nombre entier. Ainsi, le modèle d'optimisation ne pourra pas réaliser une fraction du processus mais devra toujours faire $n \in \mathbb{N}_0$ (0, 1, 2, 3, ...) fois ce processus.
- *C* : Le type d'UA doit être choisi dans la liste disponible de la feuille *Help* (voir Table 1).
- *D* : Capacité minimale (en heures) que l'UA doit respecter pour l'ensemble de ses processus. Valeur par défaut si aucune valeur présente : 0.
- *E* : Capacité maximale (en heures) que l'UA doit respecter pour l'ensemble de ses processus. Valeur par défaut si aucune valeur présente : ∞ .
- *F* : Position horizontale de l'UA dans la représentation schématique.
- *G* : Position verticale de l'UA dans la représentation schématique.
- *H* : Latitude de l'UA sur une carte géographique.
- *I* : Longitude de l'UA sur une carte géographique.
- *J* : Pourcentage annuel pour le coût d'inventaire de l'UA. Avant l'optimisation, *LogiLab* évalue chaque produit pour déterminer la valeur (coûts d'achat, de transport et de transformation en amont de la chaîne afin d'obtenir le produit courant). Cette valeur est ensuite multipliée par la proportion de la durée d'une période (voir Table 1) par rapport à une année. Le résultat correspondra au coût d'inventaire utilisé pour l'optimisation. Par exemple, un produit dont la valeur est estimée à 100\$ avec un pourcentage annuel de 12.5% aura un coût de $100\$ \times (7 \text{ jours} / 365 \text{ jours}) \times 12.5\% = 0.2397\$$ par semaine par unité stockée.
- *K* : Quantité minimale de stocks à garder à cette UA (somme de tous les produits en faisant abstraction des UM)
- *L* : Quantité maximale de stocks à garder à cette UA (somme de tous les produits en faisant abstraction des UM).
- *M* : (Obsolète mais doit contenir une valeur) UM de la capacité de l'UA.
- *N* : Coût fixe du processus en cours¹.
- *O* : Coût variable du processus en cours¹.
- *P* : Durée du processus en heures. À chaque fois que ce processus sera utilisé dans la solution, cette valeur sera déduite de la capacité de l'UA (voir Table 3 colonne *D* et *E*).
- *Q* : Coût à déboursier pour faire la mise en course (*setup*) du processus.

¹ Dans la version actuelle de *LogiLab*, il n'y a pas de distinction entre coût fixe et variable. La somme des deux colonnes est utilisée comme coût variable.

- *R* : Temps de production perdu (voir Table 3 colonne *D* et *E*) pour faire la mise en course (*setup*) du processus.
- *S* et suivantes : Ces colonnes servent pour configurer les produits dans les UA :
 - *Ligne 1* : Code du produit
 - *Ligne 2* : UM du produit
 - Pour les UA qui sont de types fournisseurs externes (*External Suppliers*) ou clients (*Customers*), le chiffre sur la ligne du nom de l'UA correspond au volume qu'il est possible de vendre (ou acheter) à chaque période. Le chiffre sur la ligne suivante indique le prix pour chaque unité du produit. Si la quantité du produit est en gras, cela indique à *LogiLab* que c'est une obligation d'acheter (ou vendre) la quantité totale du produit. Par exemple, à la ligne 8, il est possible de voir que le client *Bois* (Table 3, ligne 8) peut acheter jusqu'à 310000 pmp de Planche2x3 par période à un prix de 0.31\$ le pmp.
 - Pour les autres types d'UA, un chiffre négatif indique que ce produit est une consommation pour le processus en cours alors qu'un chiffre positif indique une production. Par exemple, à partir de la ligne 5, on peut voir que l'UA *Scierie1* (voir 3) possède 3 processus (*SciageBillesP*, *SciageBillesM* et *SciageBillesG*) et chacun a un volume de production de *Planche2x3* différent. Aussi, il est possible de voir que le processus *SciageBillesP* consomme 0.04m3 du produit *BillesSciageP*.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Business Unit Name	Process Name	Business Unit Type	Minimal Capacity (Hours)	Maximal Capacity (Hours)	X	Y
2							
3	Foret	RecoltePate	SoftwoodSupplier	0	168	70	240
4		RecolteResineux					
5	Scierie1	SciageBillesP	SawmillProduction	0	100	330	180
6		SciageBillesM					
7		SciageBillesG					
8	Bois		LumberCustomer			940	210
9							

Table 3 – Gabarit Excel - BusinessUnits (partie I)

	H	I	J	K	L	M
1	Latitude	Longitude	Inventory Cost (yearly %)	Minimal total inventory	Maximal total inventory	Capacity unit of measure
2						
3	49.40203736	-71.95770264	12.50%	0	999999999	m3
4						
5	48.77791276	-71.77642822	12.50%	0	0	pmp
6						
7						
8	40.34654412	-77.25585938	12.50%	0	999999999	pmp
9						

Table 4 – Gabarit Excel - BusinessUnits (partie II)

	<i>N</i>	<i>O</i>	<i>P</i>	<i>Q</i>	<i>R</i>	<i>S</i>	<i>T</i>	<i>U</i>
1	Fixed Cost (\$)	Variable Cost	Process Duration	Process Setup Cost	Process Setup Duration (hours)	BillesPate m3	BillesSciageP m3	Planche2x3 pmp
2								
3	15835.2	0	1			480		
4	13793	0	1				10	
5	0.738	0	0.000851389				-0.04	4.66
6	2.726	0	0.002638889					5.48
7	12.354	0	0.008104444					5.51
8								310000
9								0.31

Table 5 – Gabarit Excel - BusinessUnits (partie III)

3.3.4 Flows

La feuille *Flows* contient toutes les données concernant les relations de transport entre les UA qui sont modélisées dans le réseau. Les éléments de cette feuille sont représentés dans les Tables 6 et 7. Chaque ligne est indépendante et doit être contiguë à la précédente. Une ligne vide signifie à *LogiLab* qu'il n'y a plus de flux. Voici la signification pour chaque colonne :

- *A* : Nom de l'UA d'origine tel qu'il apparaît à la colonne A de la Table 3.
- *B* : Nom de l'UA de destination tel qu'il apparaît à la colonne A de la Table 3.
- *C* : Distance en kilomètres entre l'origine et la destination. Si aucun chiffre est inscrit, *LogiLab* calculera la distance en vol d'oiseau selon les latitudes et longitudes des UA.
- *D* : Délai en jours pour transporter les produits.
- *E* : Coût pour transporter une unité sur 1 kilomètre.
- *F* : Capacité totale minimale par période qui doit être respectée (somme de toutes les quantités des produits en faisant abstraction des UM). Peut être utilisé pour représenter un volume minimal d'un contrat par exemple.
- *G* : Capacité totale maximale par période qui doit être respectée (somme de toutes les quantités des produits en faisant abstraction des UM)
- *H* : Indique à *LogiLab* de faire des chargements complets qui correspondent au chiffre indiqué. Attention, le problème d'optimisation se complexifie rapidement avec cette option puisque le modèle n'est plus linéaire. Autrement, un champ vide indique que toute valeur peut être choisie.
- *I* : UM pour la quantité transportée. Ce paramètre sert principalement pour les traits dans l'affichage d'une solution. Seuls les produits qui ont cette même UM seront comptabilisés.
- *J et les suivantes* : Les codes de produit qui peuvent être transportés sur ce flux. *LogiLab* commence à la colonne *J* et ajoute tous les produits jusqu'à ce qu'il arrive à une cellule vide.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Origin	Destination	Distance (km)	Delay (days)	Cost (\$/unit/km)	Minimal Capacity	Maximal Capacity
2	Foret	Scierie1		3	0.122		
3	Foret	Papetiere		3	0.122		
4	Foret	Scierie2		2	0.122		
5	Cogeneration	HydroQuebec	0	1	0.1		
6	Cogeneration	Vapeur	0	1	0.1		

Table 6 – Gabarit Excel - Flows (partie I)

	H	I	J	K	L
1	Load Size	Transportation UOM	Transported Product		
2		m3	BillesSciageP	BillesSciageM	BillesSciageG
3		m3	BillesPate		
4		m3	BillesSciageP	BillesSciageM	BillesSciageG
5		MWh	Energie		
6		MWh	Energie		

Table 7 – Gabarit Excel - Flows (partie II)

3.3.5 InventoryCapacities

Dans la feuille *InventoryCapacities*, il est possible d'indiquer à *LogiLab* des contraintes supplémentaires sur les stocks pour certains produits (tel qu'illustré à la Table 8). *LogiLab* lit les lignes jusqu'à ce qu'il rencontre une ligne vide.

Voici les explications des colonnes :

- A : Nom de l'UA tel qu'il apparaît à la colonne A de la Table 3.
- B : Code du produit pour lequel une contrainte supplémentaire est ajouté.
- C : Limite inférieure pour la quantité en stock du produit. Valeur par défaut si aucune valeur présente : 0.
- D : Limite supérieure pour la quantité en stock du produit. Valeur par défaut si aucune valeur présente : ∞ .

	A	B	C	D
1	BusinessUnit	Product	Minimum value	Maximum value
2	Papetiere	BillesPate		100
3	Granules	Copeaux	100	2000

Table 8 – Gabarit Excel - InventoryCapacities

3.3.6 SuppliesAndDemands

Dans cette feuille (voir Table 9), il est possible de remplacer les quantités vendues (ou achetées) à chaque période. À partir de la colonne *B*, le gabarit fonctionne en groupe de 2 colonnes. *LogiLab* lit les informations jusqu'à ce qu'une cellule d'UA soit vide. À la case *C2*, le nom de l'UA doit être indiqué. L'UA doit obligatoirement être de type fournisseur externe (*External Supplier*) ou client (*Customer*). Quant à la cellule *C3*, elle contient le code du produit pour lequel les approvisionnements (ou les demandes) seront modifiés. Par la suite, il est nécessaire d'inscrire une valeur dans la colonne *Quantity* ainsi que dans la colonne *PricePerUnit* pour chacune des périodes définies dans le problème.

	A	B	C	D	E
1		BusinessUnit :	HydroQuebec	BusinessUnit :	Papier
2		Product :	Energie	Product :	Papier
3	Period	Quantity	PricePerUnit	Quantity	PricePerUnit
4	1	2849	103	3817	833
5	2	2789	98	3824	820
6	3	2787	107	3787	836
.
.
54	51	2793	91	3794	839
55	52	2817	102	3797	835

Table 9 – Gabarit Excel - SuppliesAndDemands

3.3.7 FlowCapacities

Dans la feuille *FlowCapacities* (voir Table 10), il est possible de remplacer les limites sur les quantités des produits transportés. À partir de la colonne *B*, le gabarit fonctionne en groupe de 2 colonnes. *LogiLab* lit les informations jusqu'à ce qu'une cellule d'UA soit vide. À la case *C2*, le nom de l'UA d'origine doit être indiqué et à *C3* celui de la destination. Quant à la cellule *C4*, elle contient le code du produit pour lequel les limites sont modifiées. S'il n'y a pas de code de produit, les limites s'appliquent alors sur la somme totale de tous les produits. Par la suite, *LogiLab* lit les valeurs des limites pour chaque période. S'il n'y pas de valeur présente pour une période donnée, la valeur 0 est considérée pour le minimum et ∞ pour le maximum.

	A	B	C	D	E
1	Period	Origin :	Foret	Origin :	Foret
2		Destination	Scierie2	Destination	Scierie2
3		Product :		Product :	BillesSciageG
4		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
5	1	0	500	0	0
6	2	0		0	0
7	3	0		0	0
.
55	51	0		0	0
56	52	0	500	0	0

Table 10 – Gabarit Excel - FlowCapacities

3.3.8 ProductValues

Dans la feuille *ProductValues*, il est possible de forcer la valeur de certains produits dans le réseau au lieu de laisser à *LogiLab* le soin de les calculer. Cette valeur est utilisée pour calculer le coût de stockage de ce produit (voir Table 4, colonne J). Si ce produit est utilisé en amont de la chaîne, cette valeur sera également utilisée dans l'algorithme d'évaluation de la valeur des produits en aval. Pour modifier une valeur de produit, il suffit de mettre le nom de l'UA, le code de produit ainsi que la nouvelle valeur tels qu'illustré à la Table 11.

	A	B	C
1	BusinessUnit	Product	PricePerUnit
2	Papetiere	BillesPate	150
3	Scierie1	Planche2x3	0.25

Table 11 – Gabarit Excel - ProductValues

3.4 Modification du modèle à l'aide d'un fichier Python

Une fois le problème LogiLab transformé en modèle mathématique, il est possible de le modifier afin d'y ajouter des variables et des contraintes spécifiques avant qu'il soit résolu par le solveur mathématique. Pour faire cela, LogiLab permet d'ajouter un script Python au problème. Cette section explique comment ajouter, utiliser et effacer un fichier Python dans LogiLab.

Tel qu'affiché à la figure 27, l'utilisation d'un fichier Python se configure à la page « *Optimization* », à la ligne « *PythonScriptFile* ». Premièrement, une boîte de sélection permet de sélectionner un fichier de script Python parmi les scripts associés au problème. Si un fichier Python est sélectionné, il sera exécuté après la construction du modèle mathématique quand l'utilisateur aura appuyé sur le bouton « *Start a new optimization* ». Pour associer un fichier Python au problème, il suffit d'appuyer sur le bouton « + » et de sélectionner, sur le dialogue de sélection de fichier qui s'ouvrira, le fichier à associer au problème. Le bouton « - » quant à lui, permet d'effacer le fichier actuellement sélectionné du problème LogiLab.



Figure 27 – Optimiser avec un fichier Python

Pour vérifier que le script Python a bien été exécuté lors de la résolution du problème, on peut vérifier le log de celui-ci. Tel qu'illustré à la figure 28, on peut voir apparaître la ligne « Adding custom variables and constraints from file ... » au début de l'exécution du script.

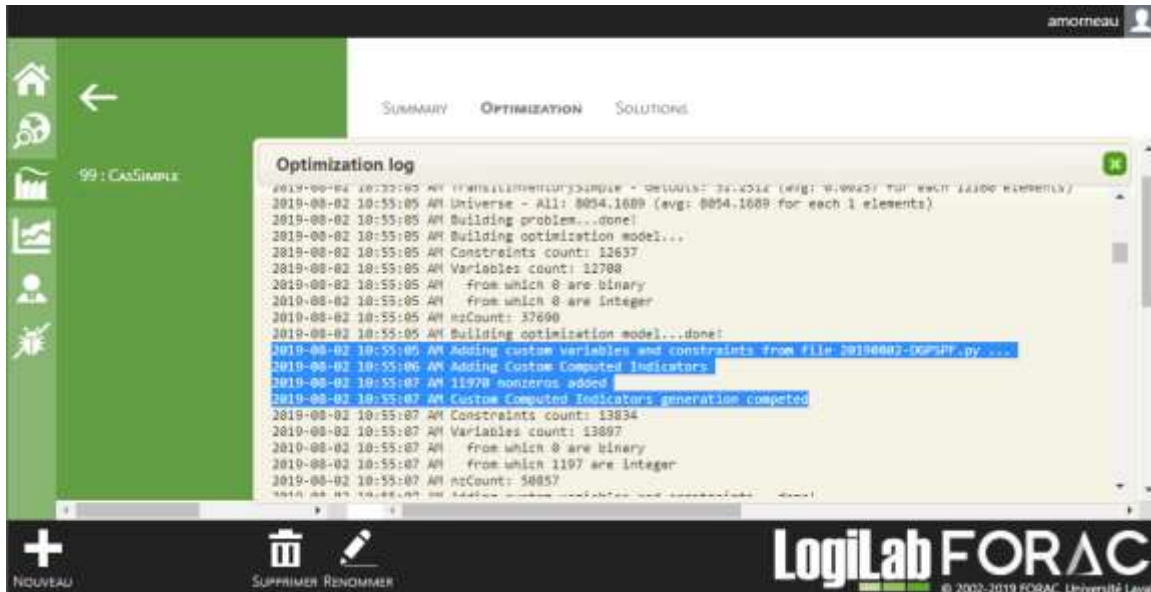


Figure 28 – Optimization log avec un fichier Python

3.5 Utilisation de l'optimisation interactive

Section à venir...

Annexe-A : Modèle de maximisation du profit

T	l'ensemble des périodes de temps
U	l'ensemble des unités d'affaires
K	l'ensemble des types de capacité (capacité machine, limite des stocks)
W	l'ensemble des procédés (machines, inventaires)
$W_{tu} \subset W$	l'ensemble des procédés pouvant être effectué à l'unité u à la période t
P	l'ensemble des produits
E	l'ensemble des liens existant entre les unités
$\delta_u^+ \subset E$	l'ensemble des liens arrivant à u
$\delta_u^- \subset E$	l'ensemble des liens partant de u

Table 12 – Ensembles

q_{ktu}	capacité de type $k \in K$ de l'unité u au temps t disponible
f_{etp}^l	flux minimal du produit p passant sur l'arc e à la période t
f_{etp}^u	flux maximal du produit p passant sur l'arc e à la période t
f_{et}^l	flux minimal de tous les produits passant sur l'arc e à la période t
f_{et}^u	flux maximal de tous les produits passant sur l'arc e à la période t
c_w	coût du procédé w
c_{etp}^f	coût de transport du produit p sur l'arc e si le transport commence à la période t
l_{etp}	délai de transport du produit p sur l'arc e si le transport commence à la période t
s_w	délai de production du produit p avec le procédé w
α_{pw}	quantité de produit p requis par le procédé w
γ_{pw}	quantité de produit p produit par le procédé w
λ_{kuw}	quantité d'unité de capacité de type $k \in K$ de l'usine u consommer par le procédé w
d_{tup}	demande de produit p à l'unité u à la période t
ρ_{tup}	valeur de vente du produit p à l'unité u à la période t

Table 13 – Constantes

Y_{tuw}	La quantité du procédé w effectué à l'unité u et se terminant à la période t
D_{tup}	La quantité de produit p vendue à l'unité u à la période t
F_{ept}	Le flux de produit p sur l'arc e partant de i à la période t et allant à j

Table 14 – Variables

$$\max \sum_{t \in T} \left(\sum_{u \in U} \left(\sum_{p \in P | d_{tup} > 0} \rho_{tup} D_{tup} - \sum_{w \in W_{tu}} c_w Y_{tuw} \right) - \sum_{e \in E} \left(\sum_{p \in P} c_{etp}^f F_{etp} \right) \right)$$

Sujet à :

$$\begin{aligned} & \sum_{t_1 \in T} \left(\sum_{w \in W_{t_1 u} | t_1 + s_w = t} \gamma_{pw} Y_{t_1 u w} \right) + \\ & \sum_{e \in \delta_u^+} \left(\sum_{t_2 \in T | t_2 + l_{et_2 p} = t} F_{et_2 p} \right) - \\ & \sum_{w \in W_{tu}} \alpha_{pw} Y_{tuw} - \sum_{e \in \delta_u^-} F_{etp} - D_{tup} = 0 \quad \forall t \in T, u \in U, p \in P \quad (1) \end{aligned}$$

$$D_{tup} \leq d_{tup} \quad \forall t \in T, u \in U, p \in P \quad (2)$$

$$\sum_{w \in W_{tu}} \lambda_{kuw} Y_{tuw} \leq q_{ktu} \quad t \in T, u \in U, k \in K \quad (3)$$

$$f_{et}^l \leq \sum_{p \in P} F_{etp} \leq f_{et}^u \quad t \in T, e \in E \quad (4)$$

$$f_{etp}^l \leq F_{etp} \leq f_{etp}^u \quad e \in E, t \in T, p \in P \quad (5)$$

$$Y, D \geq 0 \quad (6)$$