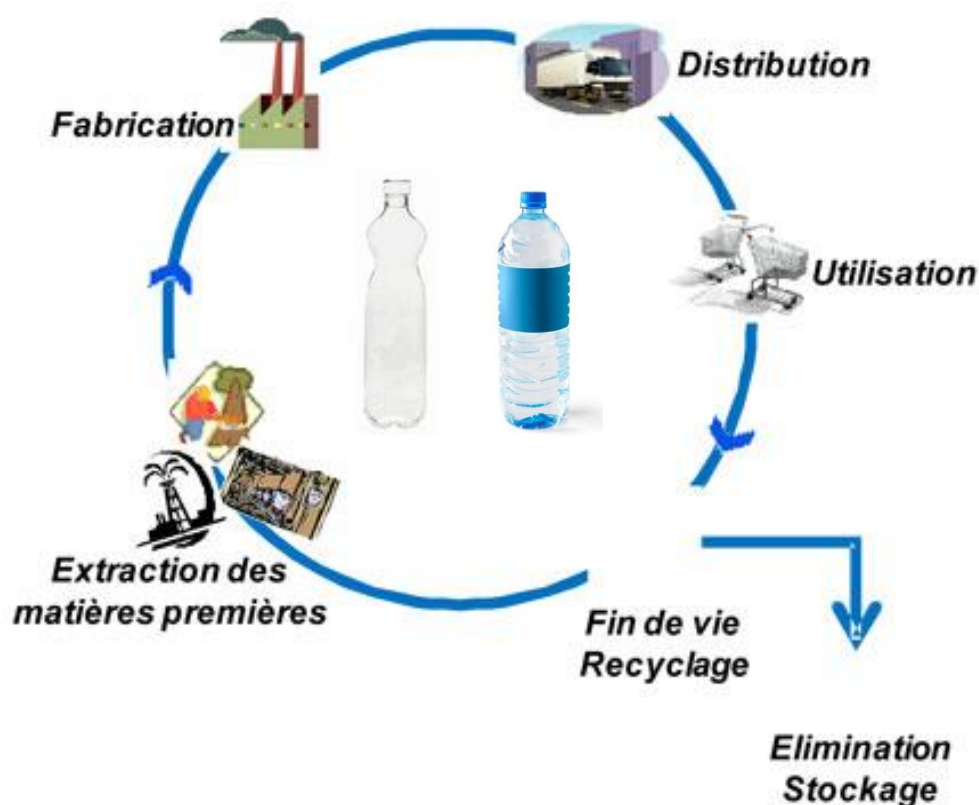


# Eco-Conception

## TP n°1 – Partie 2

Etude comparative de la fabrication d'une bouteille en plastique et d'une bouteille en verre par Analyse de Cycle de Vie (ACV) avec le logiciel GABI6



## Table des matières

|  |    |
|--|----|
| I - Présentation du logiciel GABI6.....              | 2  |
| II - Présentation du TP .....                        | 2  |
| III - Caractéristiques des produits .....            | 3  |
| IV - Travail à réaliser avant d'utiliser GABI6 ..... | 3  |
| Fonction du système.....                             | 3  |
| Unité fonctionnelle .....                            | 4  |
| Frontières du système .....                          | 4  |
| Analyse de l'inventaire .....                        | 4  |
| V - Modélisation avec le logiciel GABI6 .....        | 5  |
| Connecter une database.....                          | 5  |
| Barre d'outil GABI6 .....                            | 6  |
| Créer un nouveau projet .....                        | 6  |
| Création d'un plan .....                             | 6  |
| Création de flux .....                               | 7  |
| Création d'un processus (procédés).....              | 7  |
| Modéliser un plan complet.....                       | 11 |
| Paramètre d'échelle .....                            | 14 |

## I - Présentation du logiciel GABI6

Le logiciel et les bases de données ont été développées par l'institut « Polymer testing and polymer sciences » (IKP) de l'institut de Stuttgart, en collaboration avec PE Europe GmbH, Leinfelder-Echterdingen. Les bases de données, fournies dans le logiciel, proviennent de recherches faites par IKP et PE Europe GmbH. GABI6 regroupe aussi des bases de données connues comme Ecoinvent. Au total, cinq bases de données sont incluses dans le logiciel :

- PE
- ELCD
- PlasticsEurope
- BUWAL
- Ecoinvent

Leader au niveau mondial des logiciels d'analyse de cycle de vie (ACV), l'outil « tout en un » GABI6 est utilisé pour modéliser des produits et des systèmes en vue d'une étude d'ACV. Il apporte un soutien pour la gestion d'une grande quantité de données et aide à la modélisation du cycle de vie d'un produit. Le logiciel calcule différents types d'équilibre et aide à analyser et interpréter les résultats. Le logiciel permet de simuler des étapes du cycle de vie d'un produit ou d'un système par l'intermédiaire de plans, de processus et de flux entrants et sortants. GABI6 chiffre l'impact d'un produit ou d'un système sur l'environnement, en calculant un certain nombre d'indicateurs et de flux environnementaux. Par exemple, en donnée de sortie du logiciel, on peut trouver : la consommation en pétrole brut, la consommation en eau, l'effet de serre à 20, 50 ou 100 ans, l'émission dans l'air de dioxyde de carbone etc.... Le logiciel se veut pratique et facile d'utilisation. Des représentations graphiques de tous les résultats des analyses sont également accessibles.

Un module propre au logiciel permet d'effectuer des analyses : variation de la valeur d'un ou plusieurs paramètres, étude de sensibilité et analyse de Monte Carlo.

Le logiciel GABI6 est utilisé par plusieurs entreprises dans le monde dont : Renault, Toyota, Bosch, Nokia, Siemens, Continental.

## II - Présentation du TP

Ce TP a pour but de mettre en application la théorie de l'ACV, vue en cours, sur un exemple concret et simple : la **production** d'une bouteille en plastique et celle d'une bouteille en verre. L'objectif est de comparer l'impact sur l'environnement de leurs productions par une Analyse de Cycle de Vie. L'ACV de chaque bouteille est calculée par le logiciel GABI6.

On s'intéressera dans ce travail uniquement à la phase de production des deux bouteilles. En effet, la phase d'utilisation des bouteilles étant différente, il serait nécessaire de définir une unité fonctionnelle prenant ce critère en compte. Dans un but de simplification, seule la définition de l'unité fonctionnelle de la phase de production sera étudiée.

***Suivre toutes les étapes de ce document et répondre aux questions, repérées par une flèche et grisées dans le texte.***

### III - Caractéristiques des produits

Dans le tableau ci-dessous sont regroupées toutes les informations nécessaires à la modélisation des processus de fabrication : la composition des deux bouteilles et de leur bouchon, le poids de chaque élément, ainsi que le procédé de fabrication associé.

| Produit               | Bouteille en verre 0,5L      | Bouteille en plastique 0,5L                     |
|-----------------------|------------------------------|---|
| <b>Bouteille</b>      |                              |   |
| Matériau              | verre d'emballage            | PET (matériau non recyclable)                   |
| Poids (kg)            | 1,1                          | 0,23  |
| Procédé de production | Formage du verre             | moulage par soufflage                           |
| <b>Bouchon</b>        |                              |   |
| Matériau              | Aluminium<br>(Alu.secondary) | PP (matériau non recyclable)<br>(Polypropylene) |
| Poids (kg)            | 0,004                        | 0,005   |
| Procédé de production | Estampage                    | Injection                                       |

#### Détails concernant les phases de transport

Le paramètre distance de toutes les phases de transport doit être fixé à **250km**.

### IV - Travail à réaliser avant d'utiliser GABI6

Avant de commencer à modéliser avec GABI6, il faut d'abord connaître la base de comparaison entre la production des deux bouteilles et les conditions aux limites des systèmes étudiés. Il faut donc tout d'abord :

- dégager la fonction des systèmes
- trouver et formuler l'unité fonctionnelle associée
- énumérer les flux élémentaires et les frontières du système

Vous êtes alors en mesure :

- d'établir le cycle de vie de chacun des systèmes
- et d'effectuer une analyse de l'inventaire

Après avoir réalisé toutes ces étapes vous pourrez :

- modéliser la phase de production de chaque bouteille avec GABI6

En dernière étape, un calcul d'analyse sera réalisé avec le logiciel pour connaître et interpréter les résultats en termes de flux et d'indicateurs.

Les systèmes seront ensuite paramétrés afin de réaliser une étude de sensibilité.

#### Fonction du système

Lorsqu'on réalise une ACV, on doit définir de manière claire la fonction du produit ou système. Dans le cas d'une analyse comparative, comme c'est le cas dans ce TP, il faut que les deux produits ou systèmes aient la même fonction.

➔ **Dégagez la fonction de ces deux produits**

### Unité fonctionnelle

L'unité fonctionnelle permet de quantifier la fonction identifiée. Elle doit être cohérente avec l'objectif de l'étude et sert de référence à partir de laquelle sont normalisées les données d'entrée et de sortie. L'unité fonctionnelle doit être clairement définie et mesurable.

⇒ **Quelle est l'unité fonctionnelle associée à ces deux produits ?**

### Frontières du système

Chaque étape du processus de la vie du produit qui fournit « un entrant » devrait être prise en compte. Les frontières du système déterminent les processus élémentaires qui doivent être inclus dans l'ACV. Dans l'idéal, il convient de modéliser le système de telle sorte que les entrants et les sortants à ses frontières soient des flux élémentaires.

La définition des frontières du système permet donc de modéliser le système de produits en choisissant les étapes du cycle de vie qui vont être prises en compte.

Dans notre exemple, seule la phase de fabrication des bouteilles est considérée. Il s'agit donc d'énumérer les processus qui vont être pris en compte, en essayant de faire en sorte que les flux entrants et sortants soient élémentaires, donc que les processus soient en quelques sortes élémentaires.

⇒ **Enumérez les frontières du système de produits, en s'aidant du tableau regroupant les caractéristiques du système de produits**  
**Enumérez les entrants et les sortants**

### Analyse de l'inventaire

L'analyse de l'inventaire consiste à inventorier l'ensemble des flux à l'intérieur et à l'extérieur du système considéré.

Il y a deux types de flux :

- les flux économiques qui sont les flux de matière, d'énergie, de services échangés entre les processus élémentaires et avec des systèmes extérieurs
- les flux élémentaires qui sont des flux échangés avec l'environnement (matières premières, déchets, émissions)

⇒ **Enumérez les flux économiques et élémentaires.**  
**(Penser à l' « alimentation » des phases de transport et d'usinage)**

## V - Modélisation avec le logiciel GABI6

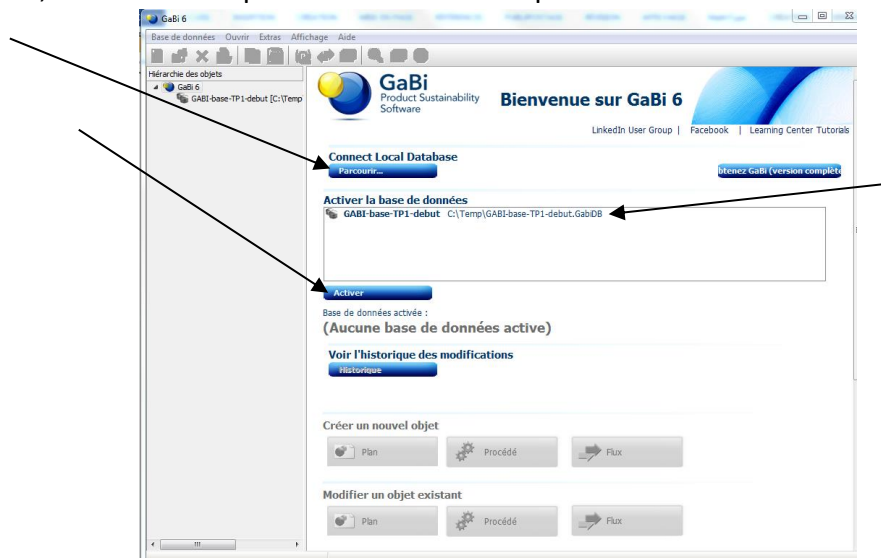
Commencer par copier la base « GABI-base-TP1-debut.GabiDB » se trouvant dans **Moodle2** dans C:\temp.

Décocher éventuellement la « lecture seule » dans les propriétés du fichier

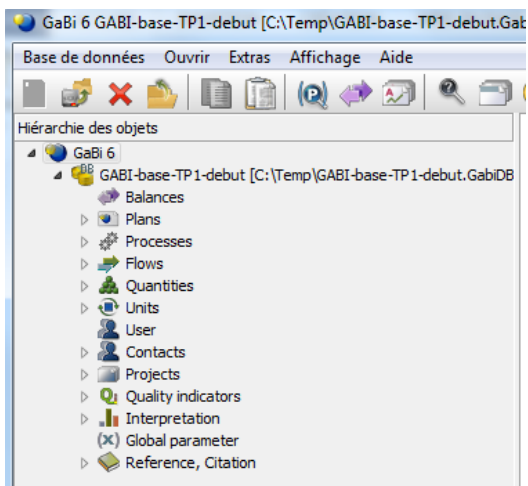
### Connecter une database

Lancer le logiciel **GaBi6**. Dans le menu "connecter une base de données", cliquer sur Parcourir, aller chercher la base copiée sous C:\temp

Ensuite, se positionner sur le nom de cette base (clic) apparaissant dans la liste des bases disponibles, et « Activer » pour avoir toutes les options et commencer à modéliser.



Une fenêtre de login apparaît avec le login « system », il n'y a pas de mot de passe.



Vous obtenez alors l'écran ci-contre, où tous les menus apparaissent.

**Balances** : calcul

**Plans** : création de plan abritant des processus

**Processus** : tous les processus disponibles dans le logiciel

**Flows** : tous les flux disponibles

**Quantities** : permet de gérer les quantités des flux

**Units** : gère les unités

**User** : permet de changer d'utilisateur

**Projects** : permet de gérer les projets et regroupe tous les plans et calculs associés au projet

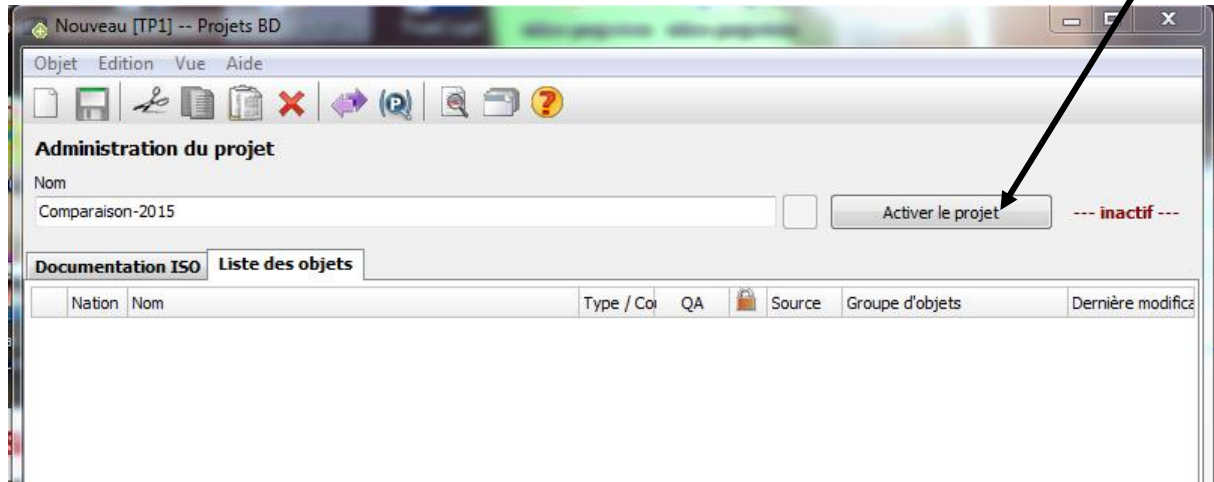
Barre d'outil GABI6

Aller dans le répertoire "Project: / TP1"

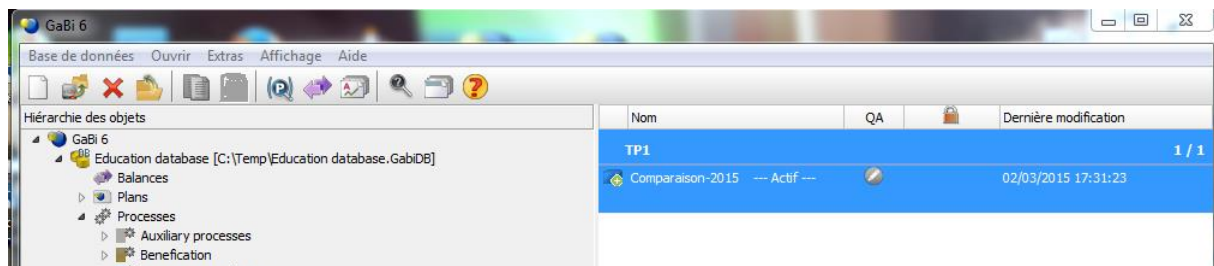
Créer un nouveau projet

Créer un nouveau projet spécifique au TP. Sélectionner « project » dans le menu de gauche et « new » dans la barre d'outils.

Renseigner le nom du projet (par exemple « Comparaison-Bouteilles ») et activer le avec le bouton « Activer le projet ». Donc tout ce qui sera créé aura un lien avec ce projet.



Fermer la fenêtre.

Création d'un plan

Après avoir créé le projet, il faut ensuite créer des plans. Un plan permet de mettre en place des chaînes de processus. Les processus sont connectés entre eux grâce aux flux. Il est possible de connecter des plans entre eux par l'intermédiaire de flux également.

Il faut créer 3 plans par bouteille pour cet exercice, pour la bouteille en verre :

- Assemblage bouteille en verre
- Production corps bouteille en verre
- Production bouchon en aluminium

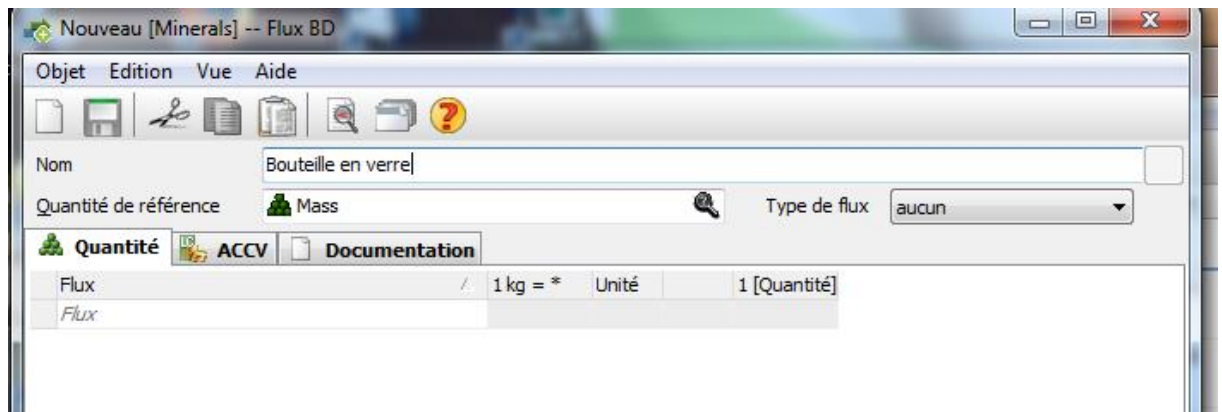
Dans le menu "plans", sélectionner le sous menu correspondant « Manufacturing ». Clic « new » de la barre d'outil. Renommer le plan «Assemblage bouteille en verre » et le sauvegarder (avec la disquette), fermer la fenêtre. Créer de même les deux autres plans. Le plan «Assemblage bouteille en verre » contiendra les plans : « Production bouteille en verre » et « Production bouchon en aluminium ».

### Création de flux

Certains flux n'existent pas dans le logiciel. Par conséquent il faut les créer.

Vous avez besoin de 3 flux (leur groupe est indiqué après le signe « = ») :

- Bouteille en verre = (Valuable substances+Material)+Mineral
- Verre d'emballage = (Valuable substances+Material)+Mineral
- Nouvelle bouteille en verre = (valuable substance)+Systems



Dans le menu « flows », sélectionner le sous-groupe auquel appartient le nouveau flux à définir. Par exemple pour le flux « Bouteille en verre » on choisira la sous rubrique « Minerals » (Flows → Valuable substances → Materials → Minerals. Cliquer « New ». Entrer alors les informations concernant le nouveau flux. Faire de même pour les 3 autres flux. Attention à placer chaque flux dans la bonne sous-catégorie.

### Création d'un processus (procédés)

Tout comme les flux, certains processus n'existent pas dans le logiciel. Il faut donc les créer.

- Verre d'emballage
- Production corps de bouteille en verre
- Assemblage bouteille en verre

**Remarque** : le procédé pour le bouchon en aluminium existe déjà dans la base pour l'estampage de l'aluminium, on n'a donc pas besoin de le créer.

Dans le menu « processes », sélectionner « new ». Renseigner le champ « nation » (DE) et sélectionner « u-so-procede unitaire » pour le champ « type » (à droite). Cela signifie que le processus est élémentaire.

Renseigner ensuite les « Entrées » et « Sorties ». Pour cela, un double click sur « flows » en grisé. Ecrire le nom (ou début du nom) de chaque flux et appuyer sur la touche « entrer » du clavier. GaBi6 lance alors une recherche et propose tous les éléments qui correspondent à la saisie. Choisir alors le flux correspondant en double cliquant dessus.



Renseigner ensuite la quantité de chaque flux (en utilisant le tableau des caractéristiques des bouteilles au début du TP, page 3) ainsi que le champ « Tracked flow ». Ce dernier est très important car il permet de classer les flux en 3 catégories et surtout de permettre de lier des processus et plans entre eux :

- **Valuable material flows (X)**: flux pour matière valorisable. Matériau ou énergie qui sera utilisé dans un autre processus, marqué d'un X dans la colonne correspondante.
- **Elementary flows**: flux pris directement de l'environnement ou rejeté directement dans l'environnement. Il n'est pas marqué par un symbole mais par un vide/blanc.
- **Waste flows**: déchets traités par un autre processus additionnel, et décomposé en flux élémentaires. Repéré par une \* dans la colonne correspondante.

Ne pas oublier de sauvegarder. Faire de même pour les autres processus (Attention pour le processus d'assemblage au flux sortant. Explications plus loin). Ci-après les impressions écran à obtenir pour chaque processus.

The screenshot shows a software interface for process management. The window title is "DE: Verre d'emballage <u-so> [Processus] -- Procédé BD". The interface includes a menu bar (Objet, Edition, Vue, Aide), a toolbar with various icons, and a main workspace. The workspace is divided into several sections:

- Paramètre**: A table with columns for Paramètre, Formule, Valeur, Minimum, Maximum, Ecart-ty, and Commer.
- ACV**: A section with buttons for ACCV: 0 EUR and ASCV, and a Documentation button.
- Entrées**: A table with columns for Flux, Quantité, Valeur, Unité, Flux, Ecart-ty, Origine, and Commentaire.
- Sorties totales**: A table with columns for Flux, Quantité, Valeur, Unité, Flux, Ecart-ty, Origine, and Commentaire. It shows one entry: "Verre d'emballage [Minerals]" with a quantity of 1,2 kg, marked as "X 0 %".

DE: Production corps de bouteille en verre <u-so> [Processus] -- Procédé BD

Objet Edition Vue Aide

Nom DE Production corps de bouteille en verre Source u-so - Procédé unitaire, unique of

Paramètre

Paramètre Formule Valeur Minimum Maximum Ecart-ty Commer

Paramètre

ACV ACCV: 0 EUR ASCV Documentation

Complétude Pas d'indications

Entrées

| Flux                           | Quantité          | Valeur | Unité | F <sub>v</sub> | Ecart-ty | Origine | Commentaire        |
|--------------------------------|-------------------|--------|-------|----------------|----------|---------|--------------------|
| Electricity [Electric power]   | Energy (net ca 2) |        | MJ    | X              | 0 %      |         | (Pas d'indication: |
| Thermal energy (MJ) [Thermal € | Energy (net ca 5) |        | MJ    | X              | 0 %      |         | (Pas d'indication: |
| Verre d'emballage [Minerals]   | Mass              | 1,2    | kg    | X              | 0 %      |         | (Pas d'indication: |

Flux

Sorties totales

| Flux                                  | Quantité | Valeur | Unité | F <sub>v</sub> | Ecart-ty | Origine | Commentaire         |
|---------------------------------------|----------|--------|-------|----------------|----------|---------|---------------------|
| Bouteille en verre [Minerals]         | Mass     | 1,1    | kg    | X              | 0 %      |         | (Pas d'indication:  |
| Glass for recovery (shards) [Waste fo | Mass     | 0,1    | kg    | *              | 0 %      |         | (Pas d'indications) |

DE: Assemblage bouteille en verre <u-so> [Processus] -- Procédé BD

Objet Edition Vue Aide

Nom DE Assemblage bouteille en verre Source u-so - Procédé unitaire, u

Paramètre

Paramètre Formule Valeur Minimum Maximum Ecart-ty Commer

Paramètre

ACV ACCV: 0 EUR ASCV Documentation

Complétude Pas d'indications

Entrées

| Flux                          | Quantité | Valeur | Unité | F <sub>v</sub> | Ecart-ty | Origine | Commentaire        |
|-------------------------------|----------|--------|-------|----------------|----------|---------|--------------------|
| Aluminium part [Metal parts]  | Mass     | 0,004  | kg    | X              | 0 %      |         | (Pas d'indication: |
| Bouteille en verre [Minerals] | Mass     | 1,1    | kg    | X              | 0 %      |         | (Pas d'indication: |

Flux

Sorties totales

| Flux                              | Quantité | Valeur | Unité | F <sub>v</sub> | Ecart-ty | Origine | Commentaire        |
|-----------------------------------|----------|--------|-------|----------------|----------|---------|--------------------|
| Nouvelle bouteille en verre [Syst | Mass     | 1,104  | kg    | X              | 0 %      |         | (Pas d'indication: |

Flux

Dans votre projet TP1/comparaison-2015, vous devez avoir les objets suivants :

**Administration du projet**

Nom  
Comparaison 2015  --- actif ---

**Documentation ISO** Liste des objets

| Nation             | Nom                                    | Type / Co | QA | Source | Groupe d'objets | Dernière modif |
|--------------------|--|-----------|----|--------|-----------------|----------------|
| <b>Flows</b> 3     |  |           |    |        |                 |                |
|                    | Bouteille en verre                     |           | ☑  |        | Minerals        | 03/03/2015 1   |
|                    | Verre d'emballage                      |           | ☑  |        | Minerals        | 03/03/2015 1   |
|                    | Nouvelle bouteille en verre            |           | ☑  |        | Systems         | 03/03/2015 1   |
| <b>Processes</b> 3 |  |           |    |        |                 |                |
| DE                 | Verre d'emballage                      | u-so      | ☑  |        | Processes       | 03/03/2015 1   |
| DE                 | Production corps de bouteille en verre | u-so      | ☑  |        | Processes       | 03/03/2015 1   |
| DE                 | Assemblage bouteille en verre          | u-so      | ☑  |        | Processes       | 09/03/2015 1   |
| <b>Plans</b> 3     |  |           |    |        |                 |                |
|                    | Assemblage bouteille en verre          |           | ☑  |        | Manufacturing   | 09/03/2015 1   |
|                    | Production corps bouteille en verre    |           | ☑  |        | Manufacturing   | 03/03/2015 1   |
|                    | Production bouchon en aluminium        |           | ☑  |        | Manufacturing   | 09/03/2015 1   |

### Modéliser un plan complet

Cette étape permet d'importer des processus dans un plan et de les lier entre eux grâce aux flux et de modéliser un sous-système élémentaire d'une étape du cycle de vie du produit.

Commencer par la production de la bouteille en verre (sans le bouchon).

Ouvrir le plan « Production corps de bouteille en verre » précédemment créé et insérer les processus nécessaires à la modélisation.

Pour cela il existe deux façons de faire :

- trouver le processus souhaité dans la hiérarchie et faire un glisser-déplacer dans la fenêtre du plan
- ou alors directement dans le plan, faire une recherche du processus en cliquant sur

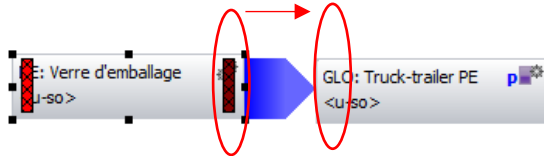


l'icône de la barre d'outils GABI6. Une fois le processus trouvé faire un glisser-déplacer dans la fenêtre du plan.

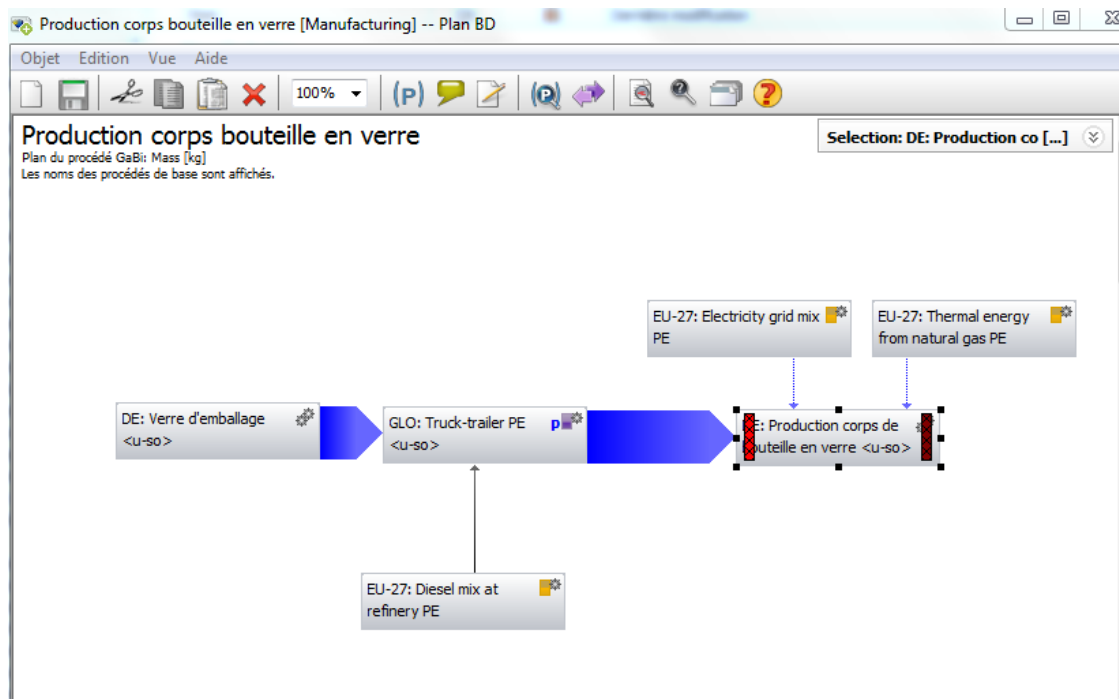
Une fois tous les processus ainsi insérés, le plan obtenu ressemble à l'image suivante par exemple pour le plan « Production corps de bouteille en verre » :



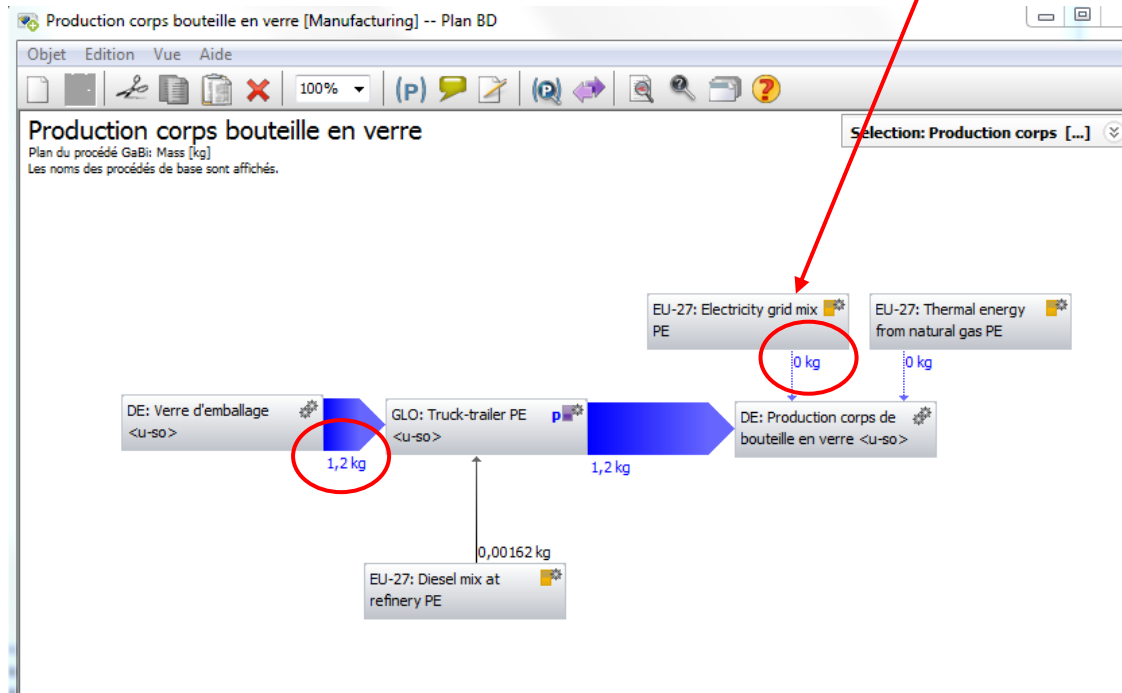
Il faut maintenant relier les processus entre eux : sélectionner un processus. Deux barres de couleurs apparaissent : en rouge pour les entrées et en marron pour les sorties. Cliquer sur une croix de la barre des sorties et relier le flux au processus souhaité sans lâcher le bouton de la souris, une flèche apparaît.



Une fois tous les processus reliés entre eux, on obtient l'image qui suit :



On peut visualiser les quantités de flux entre chaque processus cliquer sur « Vue » dans la barre de menu et sélectionner « Montrer la valeur des flux ». Vous obtenez alors l'image qui suit :



Modification de la distance de transport dans le processus « GLO : Truck-trailer ». Pour modifier la distance parcourue, double cliquer sur le processus transport et changer la distance de 100km pour 250km dans le champ « Distance » des « paramètres libres » (Déployer éventuellement pour voir les paramètres).

The screenshot shows the configuration window for 'GLO: Truck-trailer PE <u-so>'. The 'Paramètres libres' table is expanded, showing the 'distance' parameter set to 250. The 'Entrées' table shows 'Container Glass (transparent) [Mass]' with a quantity of 1,1.

| Paramètre  | Formule | Valeur | Minimum | Maximum | Ecart-ty | Commer    |
|------------|---------|--------|---------|---------|----------|-----------|
| distance   |         | 250    |         |         | 0 %      | [km] dist |
| payload    |         | 27     |         |         | 0 %      | [t] defai |
| ppm_sulfur |         | 10     |         |         | 0 %      | [ppm] su  |
| share_CO2_ |         | 0,05   |         |         | 0 %      | [-] share |
| share_E0   |         | 0,007  |         |         | 0 %      | [-] share |
| share_E1   |         | 0,004  |         |         | 0 %      | [-] share |
| share_E2   |         | 0,046  |         |         | 0 %      | [-] share |

| ParamètFlux                          | Quantité | Valeur  | Unité | Flu |
|--------------------------------------|----------|---------|-------|-----|
| spec_dieDiesel [Refinery products]   | Mass     | 0,00146 | kg    | X   |
| Container Glass (transparent) [Mass] | 1,1      | kg      | X     |     |

## Paramètre d'échelle

Il faut maintenant que les valeurs des différents flux coïncident. Pour cela on fixe le paramètre d'échelle du processus « Production corps de bouteille en verre » à 1. Cela signifie que tous les flux seront recalculés pour une seule unité du flux sortant : c'est-à-dire « Bouteille en verre ». Dans le plan « Production corps de bouteille », double cliquer sur le processus Production Corps de bouteille et cocher le cas « fixé ». *Chaque plan doit avoir un processus dont le facteur d'échelle est fixé pour pouvoir réaliser les calculs.*

DE: Production corps de bouteille en verre <u-so> -- Cas de procédé

Nom local DE: Production corps de bouteille en verre <u-sc> Pas d'image

Configuration locale ACCV

Facteur d'échelle: 1  Fixé Allocation:

Paramètres libres

| Paramètre | Formule | Valeur | Minimum | Maximum | Ecart-ty | Commer |
|-----------|---------|--------|---------|---------|----------|--------|
|           |         |        |         |         |          |        |

Paramètres fixes

Entrées

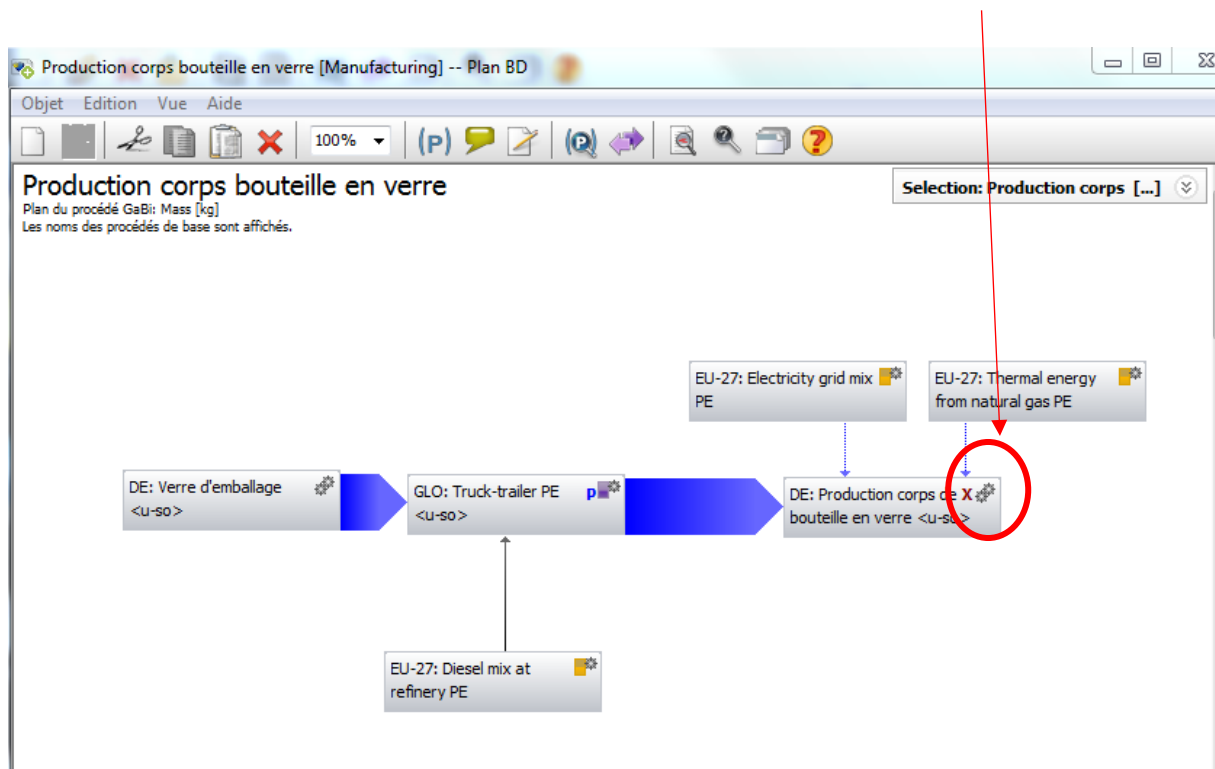
| ParamètFlux                               | Quantité     | Valeur | Unité | Flu |
|---|--------------|--------|-------|-----|
| Electricity [Electric power]              | Energy (nr0) | MJ     | X     |     |
| Thermal energy (MJ) [Thermal Energy (nr0) |              | MJ     | X     |     |
| Verre d'emballage [Minerals]              | Mass         | 1,2    | kg    | X   |

Sorties

| ParamètFlux                   | Quantité | Valeur | Unité | Flu |
|-------------------------------|----------|--------|-------|-----|
| Bouteille en verre [Minerals] | Mass     | 1,1    | kg    | X   |

Sauvegarder

**Remarque** : le processus, dont le facteur d'échelle est fixé, a une croix rouge dans son cadre.



Faire de même pour les autres plans et processus. N'oubliez pas de fixer le paramètre d'échelle pour un processus de chaque plan. Ci-dessous les copies d'écran à obtenir :

