

Guide utilisateur

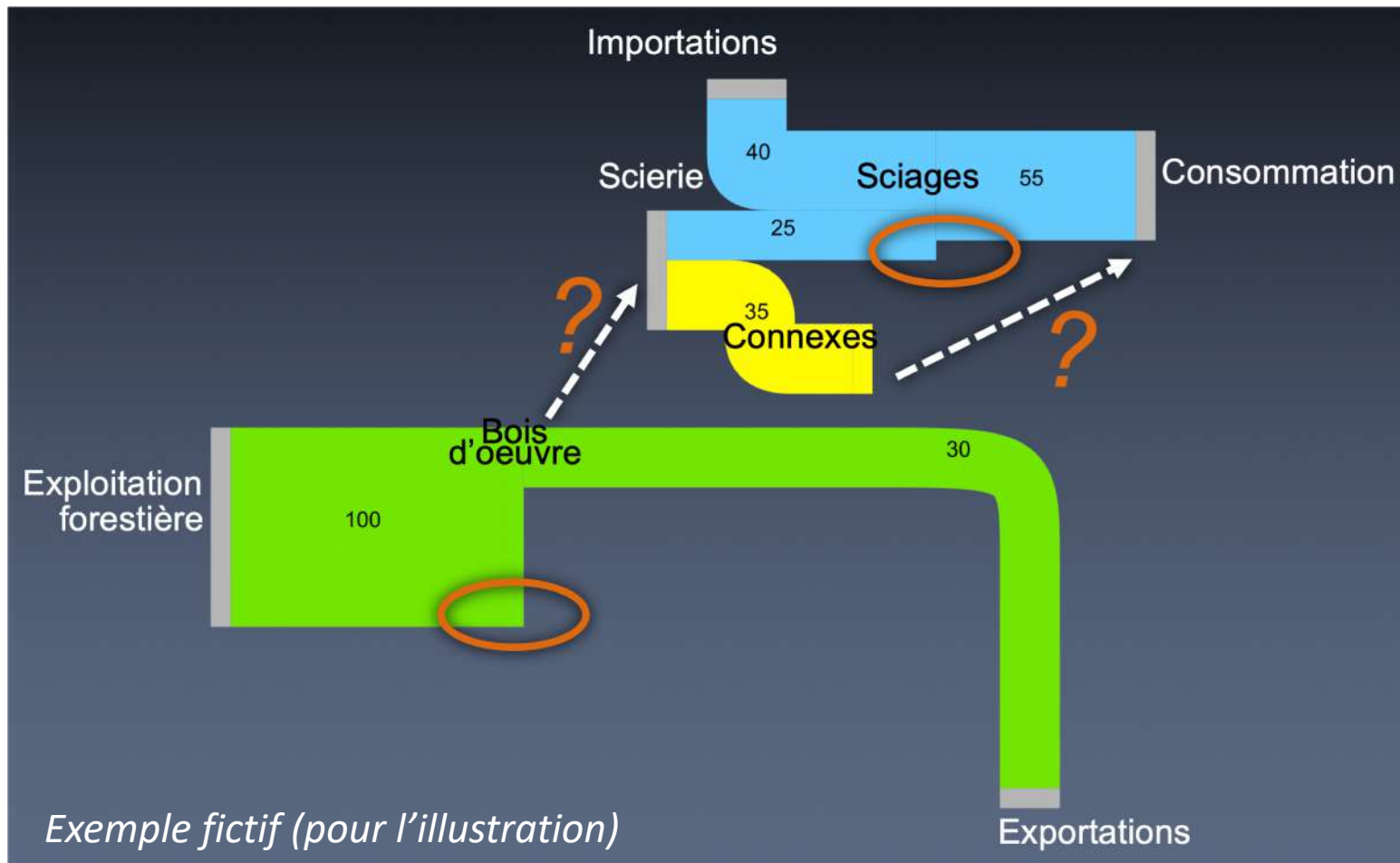
Modèle de flux de matières forêt-bois en région Grand-Est



**PRÉFET
DE LA RÉGION
GRAND EST**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

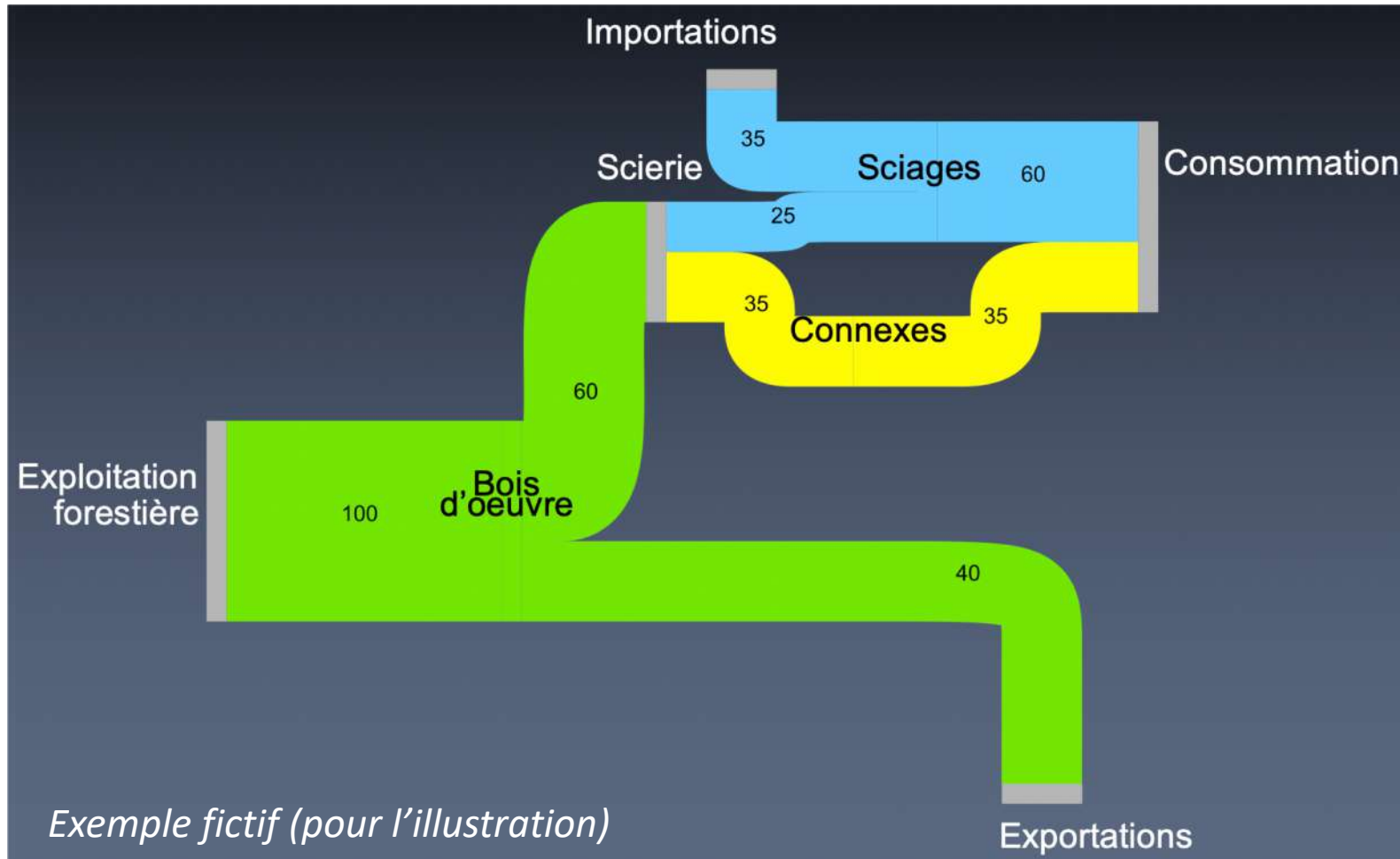
Tout utilisateur de données sur la filière forêt-bois comprend rapidement que si celles-ci sont nombreuses et généralement facilement disponibles (IFN, Agreste, douanes, observatoires des interprofessions...), elles apparaissent souvent **incomplètes** voire **incohérentes** entre elles, nécessitent des interrogations multiples, des conversions d'unités...



*m3 de produit
ou
m3 bois rond
ou
tonnes
ou
tonnes sèches
ou
GWh
...*

L'utilisateur rêve donc d'un système unique qui lui fournirait une information cohérente pour chaque étape de la filière et dans l'unité qu'il veut. C'est précisément l'objet de l'outil **AFM Filières** développé de 2017 à 2019 par l'INRIA, outil aujourd'hui opérationnel et qui ne demande plus qu'à être validé et adopté par les acteurs de la filière forêt-bois.

Avant propos



*m3 de produit
et
m3 éq. bois fibre
et
tonnes
et
tonnes sèches
et
GWh
...*

Sommaire

- Contexte et objectif – p.5
- Principes et atouts du modèle/outil – p.6
- Plusieurs possibilités pour contribuer (A, B, C, D) – p.9
- A : Comment lire le diagramme de Sankey en ligne ? – p.10
- B : Comment lire l'onglet « Résultats » du fichier excel ? - p.12
- C/D : Comment lire les autres onglets du fichier excel ? – p.13

Annexes :

- Tables emplois/ressources et diagramme de Sankey – p.28
- Les unités de compte (et le m3 équivalent bois fibre) – p.31
- Précisions sur la réconciliation de données – p.37

Contexte et objectif

Une méthodologie et un logiciel d'AFM (Analyse de Flux de Matières) de filières ont été produits dans le cadre du projet Ademe **AF Filières** (2017-2019).



Auvergne
Rhône-Alpes
Énergie Environnement



Les résultats du projet pour le bois aux niveaux national et régional peuvent être consultés ici :

https://flux-biomasse.fr/resultats/sankey_bois/France

Un travail est actuellement coordonné par la DRAAF Grand-Est pour mettre le modèle à jour et surtout le soumettre à une validation métier.

Principes et atouts du modèle (1/3)

Entrées du modèle :

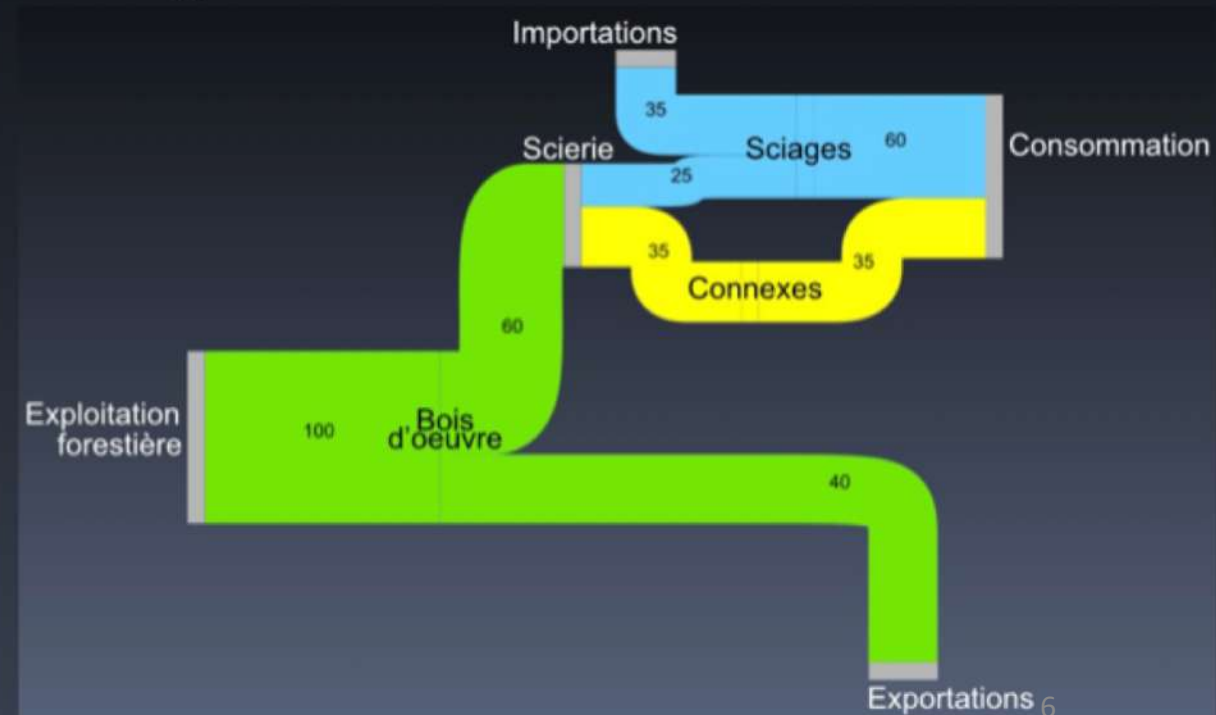
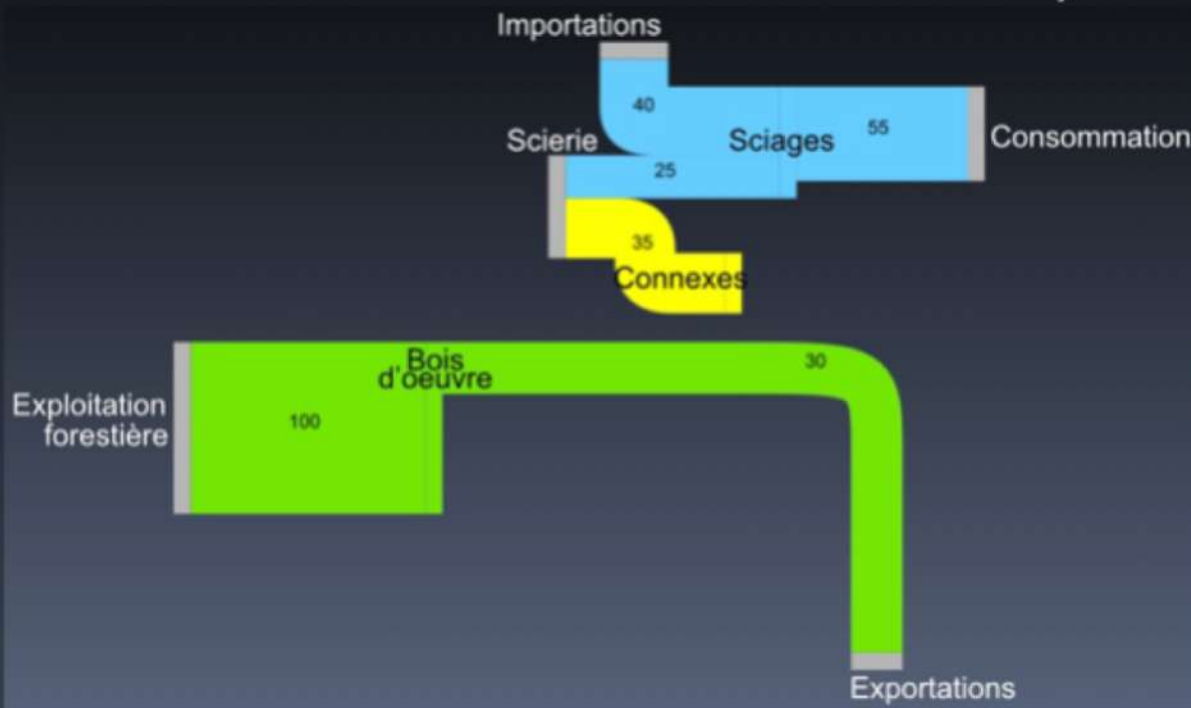
Données lacunaires et incohérentes entre elles

« Réconciliation de données »

Sorties du modèle :

Bilan cohérent tout le long de la filière

Exemple fictif (pour l'illustration)



Principes et atouts du modèle (2/3)

4 ETAPES :

1. Définition de la structure de la filière :

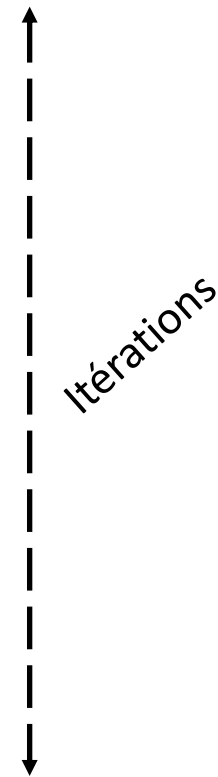
- a) Quels produits ?
- b) Quels secteurs ?
- c) Quels bilans matières doivent être respectés ?
- d) Quels flux peuvent exister entre les produits et les secteurs ?

2. Données d'entrée :

- a) Valeur d'un flux et incertitude associée (estimée «au mieux»)
- b) Borne minimum et/ou maximum pour un flux
- c) Relations linéaires entre des flux (ex : rendement de transformation)

3. Réconciliation des données (logiciel)

4. Analyse des résultats et représentations graphiques



Principes et atouts du modèle (3/3)

- Structure de la filière entièrement paramétrable (ajout de nouveaux secteurs ou produits, scission ou fusions de secteurs ou produits existants, nouveaux flux...)
- Gestion de différentes unités
- Visualisation des principaux résultats sous forme de diagramme de Sankey
- Information sur la correction appliquée à chacune des données pour la mettre en cohérence avec les autres ; Visualisation des différences avant / après sur le diagramme de Sankey.
- Prise en compte de l'incertitude de chaque donnée en entrée et affichage des nouvelles incertitudes en sortie
- Algorithme de réconciliation des données obéissant à des règles mathématiques transparentes (pas d'effet "boîte noire")
- Interface simple tant en entrée qu'en sortie (fichier Excel unique)
- Mise à jour facilitée une fois que le modèle initial est défini
- Résultats comparables entre territoires et cohérence entre échelles (somme régions = France)

Comment contribuer ?

- A - Commenter les résultats (diagramme de Sankey en ligne)

et/ou

- B - Commenter les résultats (fichier excel)

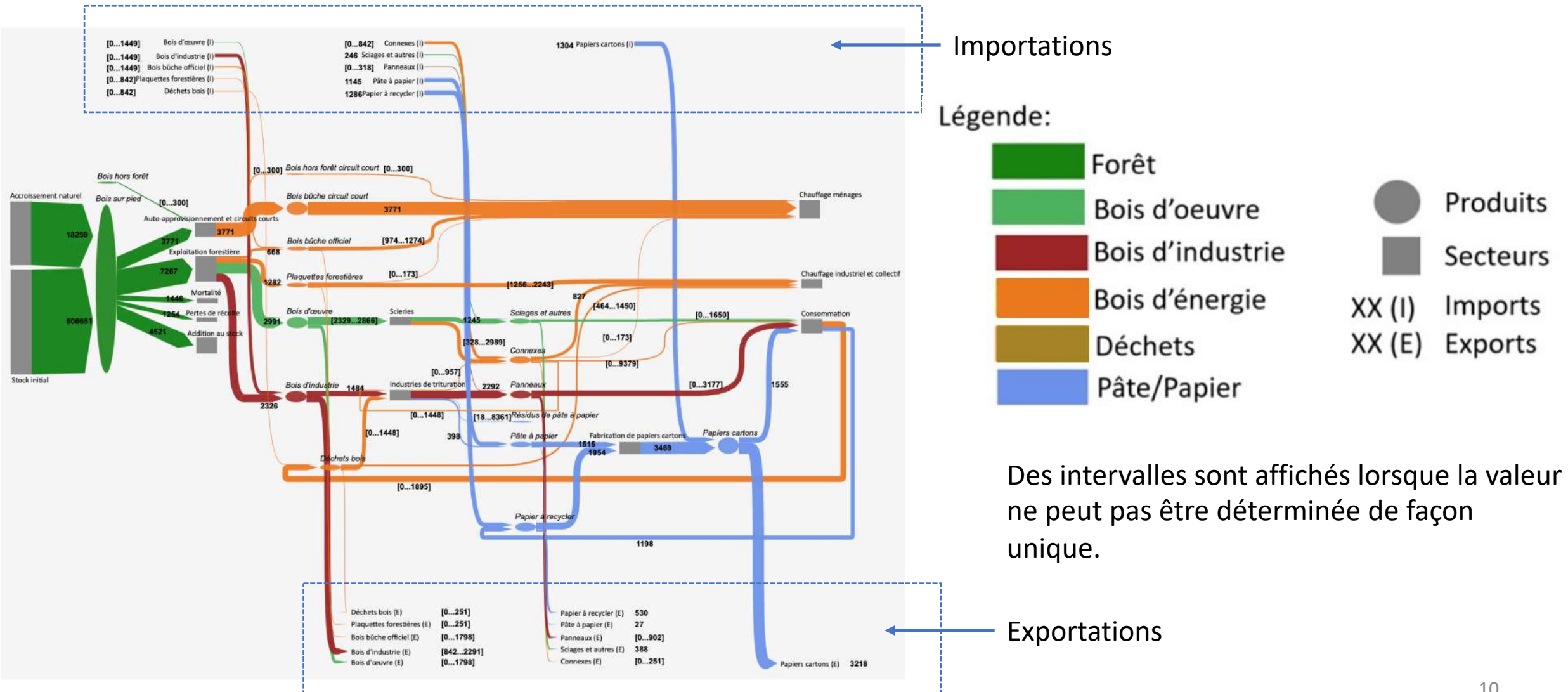
et/ou

- C – Commenter les données d'entrée et les hypothèses utilisées (excel)

et/ou

- D - Commenter la structure de la filière (produits, secteurs, flux pouvant exister)

Comment lire le diagramme de Sankey ?



Secteurs d'activités

Filière Bois Complète

Unités

k m3 fibre

Valeurs visualisées

Moyennes

Export

Excel

PDF

Visualisation Avancée

■

Aide

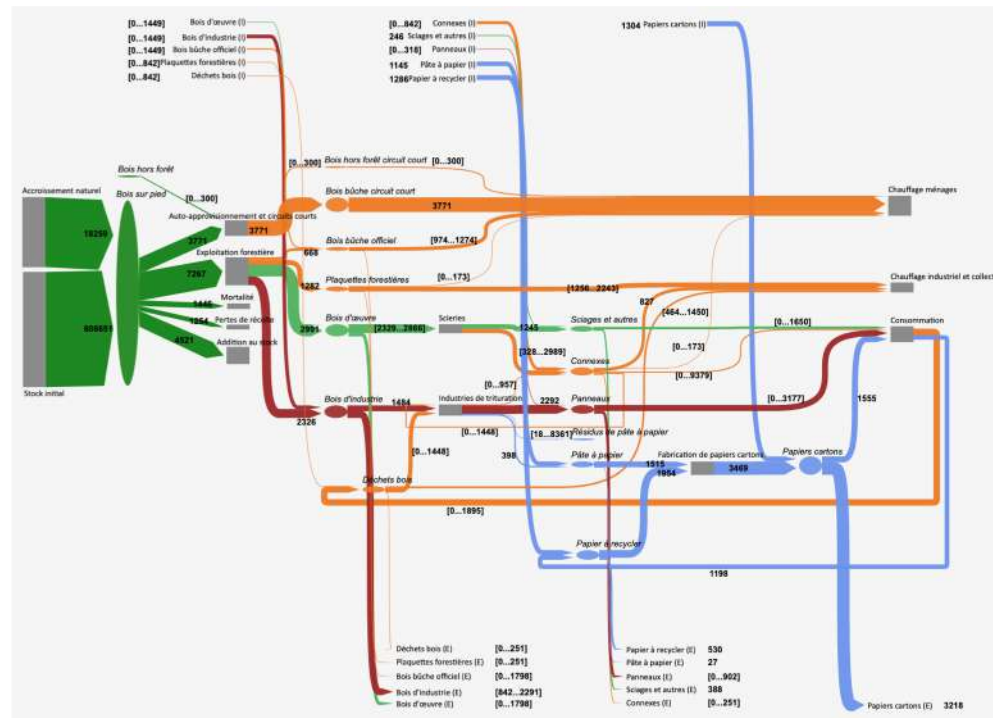
Visualiser la filière complète ou un zoom sur un sous-ensemble

Valeurs ou incertitudes

Téléchargements

Aide

Le changement d'unités sera opérationnel d'ici fin avril



✓

Visualisation Avancée

Données de flux initiales

Données de flux réconciliées

Flux calculés

Flux non déterminables

Permet de comparer rapidement données initiales et sorties du modèle, de regarder uniquement les flux calculés etc.

Les tooltips seront enrichis d'ici fin avril

Comment lire l'onglet « Résultats » du fichier excel ?

Il contient les colonnes :

- Table (Emploi ou Ressource, voir explication en annexe), Produit, Secteur, Origine, Destination (redondant pour faciliter le filtrage),
- La valeur du flux renseignée en entrée et son incertitude estimée initialement (si existant),
- Les bornes min/max pour le flux renseignées par l'utilisateur (si existant),
- La valeur de sortie du flux (calculée par le modèle),
- La borne min et la borne max du flux (intervalle de confiance calculé par le modèle),
- L'écart relatif et absolu entre la donnée d'entrée et la donnée de sortie du modèle.

Les définitions des produits et secteurs sont données dans les onglets du même nom.

Toutes les données de cet onglet sont fournies dans l'unité **m3 équiv. bois fibre**. Se référer à l'onglet « **Conversions** » et à l'annexe pour plus d'explications et convertir dans une autre unité.

Organisation du fichier Excel (1/13)

Le tableur suit les étapes présentées dans « Principes du modèle » :

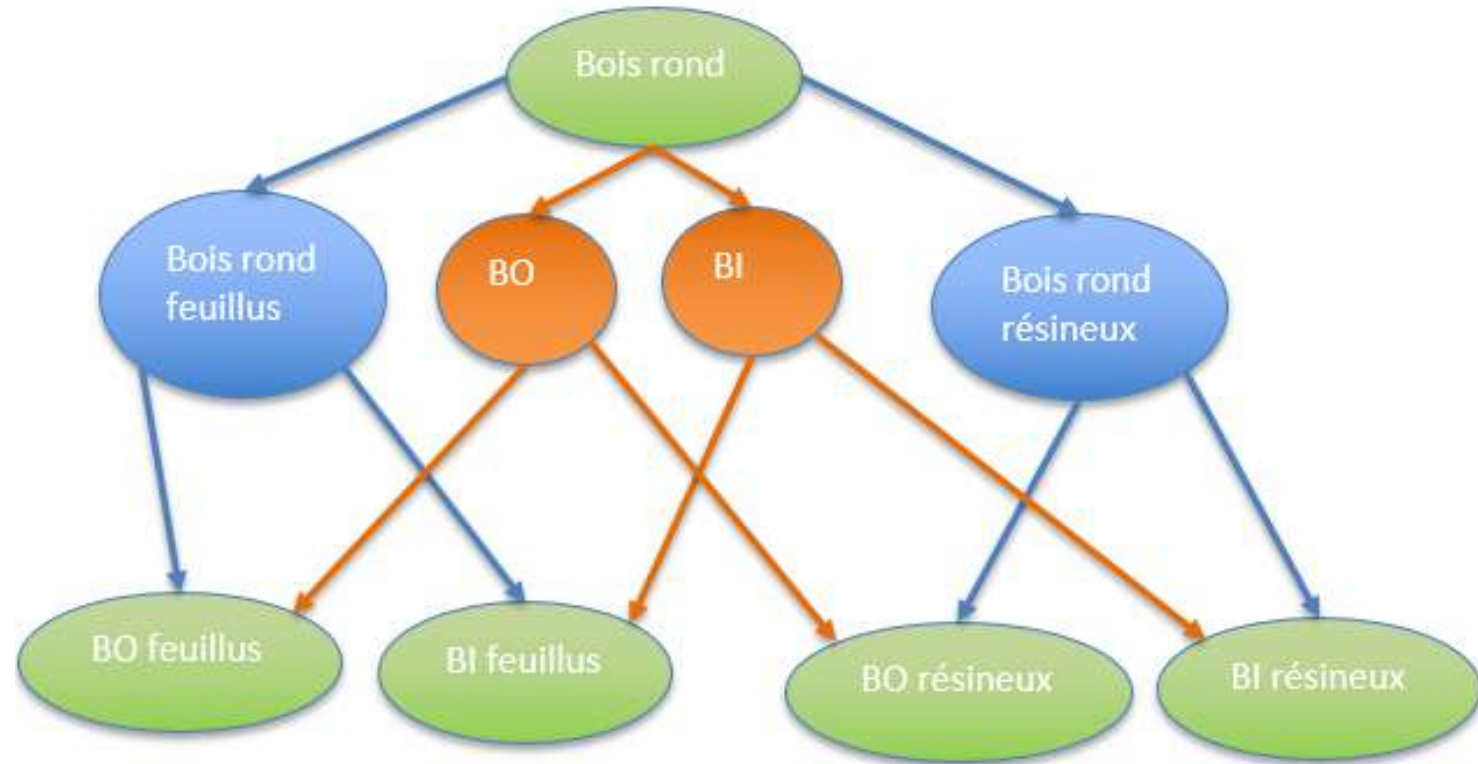
- Définition de la structure de la filière,
- Données d'entrée,
- Résultats



Gestion des agrégations de produits et secteurs

Il est possible d'entrer les données selon des regroupements de produits ou secteurs différents de ceux présentés sur le Sankey et selon des arborescences variées.

Dans l'exemple ci contre, seuls les produits de la dernière ligne sont représentés sur le Sankey, mais un choix différent aurait pu être fait. L'arborescence bleue permet d'entrer les données disponibles par type d'essence uniquement et celle orange par usage uniquement.



Source : J-L Matte, DRAAF Grand-Est

Organisation du fichier Excel (2/13)

Onglets « Produits » et « Secteurs » (exemple fictif)

Produits

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Niveau	Elément	Bilan matière ?				Sankey ?	Couleur
2	1	P1	1				1	orange
3	1	P2+P3	1					
4	2	P2	1				1	#C12869
5	2	P3	1				1	#FFDB58
6	1	P4	1				1	#A9A9F5
7	1	P5	1				1	purple
8								

Secteurs

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Niveau	Elément	Bilan matière ?				Sankey ?	Couleur
2	1	S1					1	grey
3	1	S2	1				1	grey
4	1	S3+S4	1					
5	2	S3	1				1	grey
6	2	S4	1				1	grey
7	1	S5+S6						
8	2	S5	1				1	grey
9	2	S6					1	grey
10	1	International					1	grey
11	1	Importations nettes						
12	2	International			1 R			
13	2	International			-1 E			
14	1	Exportations nettes						
15	2	International			-1 R			
16	2	International			1 E			
17								

Organisation du fichier Excel (3/13)

Onglets « Produits » et « Secteurs » (exemple fictif)

- La première colonne **Niveau** décrit le nouveau d'agrégation. Pour une ligne avec niveau d'agrégation donné n , les lignes dessous avec le niveau $n+1$ correspondent aux produits désagrégés. Par exemple la ligne 3 avec le produit P2+P3 contient les produits P2 et P3 des lignes 4 et 5.
- La seconde colonne **Elément** contient les noms des produits ou secteurs.
- La troisième colonne **Bilan matière ?** détermine s'il faut ou non appliquer une contrainte de conservation de matière. Pour un produit, cela suppose que tous les usages/pertes et toutes les sources d'approvisionnement soient pris en compte (*si l'on consomme des sciages c'est qu'ils ont été produits ou importés*). Pour un secteur, cela suppose que le secteur transforme un/des produits en un/plusieurs autres (*une scierie consomme du bois d'œuvre et produit des sciages et des connexes*). Généralement la conservation de la masse n'est pas appliquée aux secteurs extractifs, aux secteurs de consommation ni aux secteurs d'import/export.
- Les colonnes **Sankey ?** et **Couleur** spécifient si les produits ou secteurs doivent être représenté dans le diagramme de sankey (typiquement pour différents niveaux d'aggrégation on ne veut pas les représenter en même temps). et avec quelles couleurs ils doivent être dessinés.

Organisation du fichier Excel (4/13)

Onglets « Produits » et « Secteurs » (exemple fictif)

- Les colonnes **E** et **F** en conjonction avec la colonne **Niveau** servent à recombinaison avec des poids dans la colonne E (poids 1 et -1 dans l'exemple) des produits (ou secteurs) provenant des deux tables emplois (E dans la colonne F) ou ressources (R dans la colonne F). Dans l'exemple :

$$\text{Importations nettes} = \text{International (Table Ressource)} - \text{International (Table Emploi)}$$

En effet, International (Table Ressource) correspond au secteur des Imports et International (Table Emploi) correspond au secteur des Exports.

Organisation du fichier Excel (5/13)

Onglet « Flux pouvant exister »

		Secteurs										
Table Resource		S1	S2	S3+S4	S3	S4	S5+S6	S5	S6	International	Importations nettes	Exportations nettes
Produits	P1	1										
	P2+P3		1	1	1					1	1	
	P2		1							1	1	
	P3			1	1					1	1	
	P4			1		1	1	1		1	1	
	P5						1	1		1	1	
Table Emploi		S1	S2	S3+S4	S3	S4	S5+S6	S5	S6	International	Importations nettes	Exportations nettes
Produits	P1		1	1	1							
	P2+P3			1	1	1	1	1		1		1
	P2			1	1	1				1		1
	P3			1		1	1	1		1		1
	P4						1		1	1		1
	P5						1		1	1		1

- Cet Onglet (qui contient une table ressource, en haut, et une table emploi, en bas) représente les flux pouvant exister au sein de la filière. Rappelons que **dans la table ressource les secteurs sont fournisseurs des produits et dans la table emploi les secteurs sont consommateurs des produits.**
- Les cases grises sont des flux qui ne peuvent pas exister. Les flux avec **1** sont ceux qui peuvent exister. NB : Certains flux peuvent exister mais avoir *in fine* une valeur nulle dans la région considéré (par exemple, les usines de pâtes peuvent produire de la pâte, mais sur certains territoire il n'y a pas d'usines de pâte et donc pas de production de pâte).

Organisation du fichier Excel (6/13)

Onglet « Données »

A	B	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
Période	Région	Origine	Destination	Valeur (m3f)	Incertitude	Contrainte min-max symétrique	Qauntité	Unité d'origine	Facteur de conversion	Source	Commentaire
moy. 2014-2018	Grand Est	Exploitation forestière	Bois d'industrie R	569	15%		569 1000 m3 bois rond		1.00	DRAAF EAB	L'EAB donne 1 321 000 m3 de plaquettes. Puisque 161 000 m3), on fait est immédiatement 580 000)
moy. 2014-2018	Grand Est	Exploitation forestière	Bois bûche officiel	1332	20%		1321 1000 m3 bois rond		1.00	DRAAF EAB	
moy. 2014-2018	Grand Est	Exploitation forestière	Bois d'œuvre F	1336	15%		1336 1000 m3 bois rond		1.00	DRAAF EAB	

Organisation du fichier Excel (7/13)

Onglet « Données »

- La colonne **A Période** est pour l'instant uniquement informative, elle peut être vide comme ici ou contenir quelque chose comme « moy. 2009-2015 ».
- La colonne **B Région** contient l'information sur la région. Dans l'exemple montré elle ne contient qu'une seule valeur « France ».
- La colonne **C table** spécifie la table pour laquelle on spécifie la donnée : Ressource (R ou S pour « supply » en anglais) ou Emploi (E ou U pour « use » en anglais).
- Les colonnes **D origine** et **D destination** spécifient l'origine et destination du flux pris dans la liste des produits et secteurs spécifiés dans les deux premiers onglets. Pour être cohérent si **Table** est « R » l'origine est un secteur et la destination un produit et vice-versa si **Table** est « E ».
- La colonne **F Valeur** contient la valeur de la donnée dans l'unité de référence de l'étude.
- La colonne **G Incertitude (%)** contient l'incertitude sur la donnée en pourcentage.
- La colonne **H Contrainte symétrique** sert à spécifier les bornes min et max en pourcentage de la valeur (voir également à ce sujet l'onglet « **min max** » qui renseigne ces bornes en valeur absolue)

Organisation du fichier Excel (8/13)

Onglet « Données »

- La colonne **I Quantité** est la valeur de la donnée dans son **unité d'origine**. Elle doit être convertie (en utilisant **K facteur**) dans l'unité de l'étude pour remplir la colonne **F Valeur** qui sera la valeur numérique utilisée dans la réconciliation.
- La colonne **J unité** est l'unité d'origine des données.
- La colonne **K facteur** est utilisée pour convertir **I quantité** en **F Valeur**.
- La colonne **L source** est informative et permet de tracer l'origine de la donnée utilisée.

Organisation du fichier Excel (9/13)

Onglet « Min-Max »

- Identique à l'onglet « Données », mais au lieu de renseigner une valeur et son incertitude en %, l'utilisateur peut renseigner des limites minimum et maximum pour les flux concernés.
- NB : Si on définit un flux dans « Données », par exemple $f = 10$, avec une incertitude de 50%, ces deux options reviennent au même :
 - mettre 50% dans « contraintes symétriques » dans l'onglet « Données » ,
 - mettre une borne min et une borne max à f , valant 5 et 15 respectivement, dans l'onglet « Min-Max ».
- Sans min-max spécifié sur un flux, le modèle a toujours « le droit » de s'écarter « beaucoup » de la valeur initiale. Dans ce cas, il est simplement « beaucoup » pénalisé, c'est-à-dire qu'il ne le fait que s'il n'y a pas de meilleure solution.

Organisation du fichier Excel (10/13)

Onglet « Contraintes »

	A	E	F	G	H	I
1	id	Origine	Destination	eq = 0	eq <= 0	eq >= 0
4	2	Scieries R	Sciages R		1	1
5	2	Bois d'œuvre R	Scieries R		-0.55	-0.45
11	5	Scieries R	Connexes hors écorces R	-0.67		
12	5	Scieries R	Plaquettes de scierie R	1.00		

Organisation du fichier Excel (11/13)

Onglet « Contraintes »

Cet onglet permet à l'utilisateur de renseigner des relations linéaires contraignant les flux. Il s'agit souvent de coefficients de transformation mais d'autres relations peuvent être imaginées.

- La colonne **A id** est le numero de la contrainte.
- La colonnes **D Table**, **E origine** et **F Destination** spécifient la variable sur laquelle porte la contrainte.
- Les trois colonnes suivantes spécifient le type de contrainte: égalité, inférieur ou égal, supérieur ou égal. Pour le même **id** plusieurs contraintes peuvent être spécifiées (en général inférieur ou égal avec supérieur ou égal.)
- Ainsi pour la contrainte avec **id=2** si on appelle:
 - Flux1 le flux de production de Sciages R par les Scieries R (résineux)
 - Flux2 le flux de consommation Bois d'œuvre R les Scieries R

On a les deux contraintes :

$$1*\text{Flux1} - 0.55*\text{Flux2} \leq 0. \Leftrightarrow \text{Flux1} \leq 0.55*\text{Flux2}$$

et

$$1*\text{Flux1} - 0.45*\text{Flux2} \geq 0. \Leftrightarrow \text{Flux1} \geq 0.45*\text{Flux2}$$

donc

$$\mathbf{0.45*Flux2 \leq Flux1 \leq 0.55*Flux2}$$

En d'autres termes, on impose ici que le rendement des Scieries R est compris entre 45 et 55%.

Autre exemple (contrainte **id=5**) : les plaquettes représentent 67% des connexes hors écorces (plaquettes + sciures) produits par les scieries R, (et on peut donc en déduire que les sciures représentent 33%).

Organisation du fichier Excel (12/13)

Onglet « Résultats »

Il reprend l'onglet « Données » et le complète. Il contient donc les colonnes :

- Table (Emploi ou Ressource), Produit, Secteur, Origine, Destination (redondant pour faciliter le filtrage),
- La valeur du flux renseignée en entrée et son incertitude estimée initialement (si existant),
- Les bornes min/max pour le flux renseignées par l'utilisateur (si existant),
- La valeur de sortie du flux (calculée par le modèle),
- La borne min et la borne max du flux (intervalle de confiance calculé par le modèle),
- La classification de la variable correspondant au flux (redondante, juste mesurée, déterminable, non déterminable mais bornée, non déterminable et non bornée).

Organisation du fichier Excel (13/13)

Onglet « Résultats TER »

- Cet Onglet est identique à « flux pouvant exister » à l'exception du fait que les « 1 » sont remplacés par les valeurs déterminées par le modèle.
- Lorsque les flux ne sont pas déterminables (quand ce sont des variables libres), un intervalle est affiché plutôt qu'une valeur unique

Onglet « Résultats TER min-max »

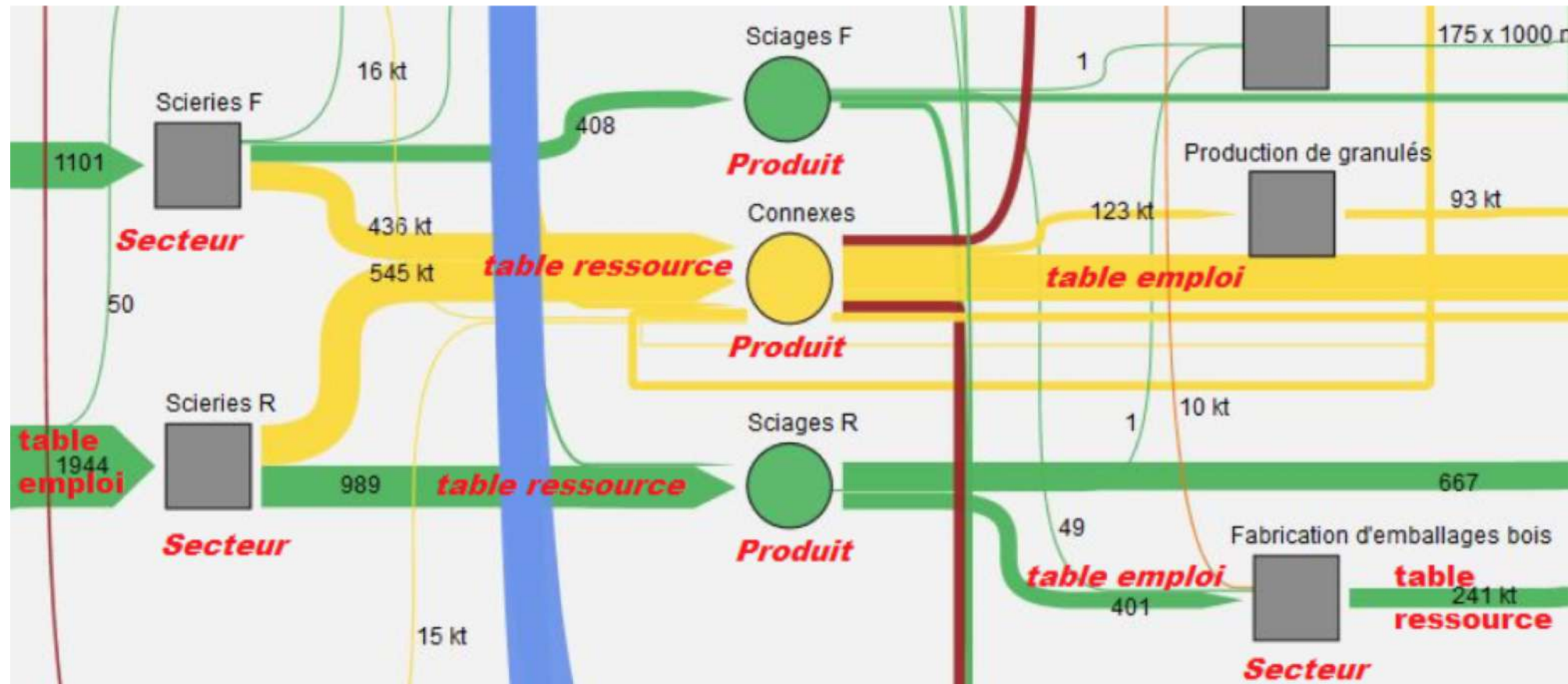
- Les cases du TER (tableau emploi-ressource) contiennent des intervalles correspondant aux intervalles de confiance calculés par le modèle. C'est ce qui permet de savoir si une estimation est fiable ou non.

Annexes

Diagramme de Sankey et tables emplois-ressources (1/3)

Table ressource :
D'où vient le produit ?

Table emploi :
Où va le produit ?



Source : J-L Matte, DRAAF Grand-Est

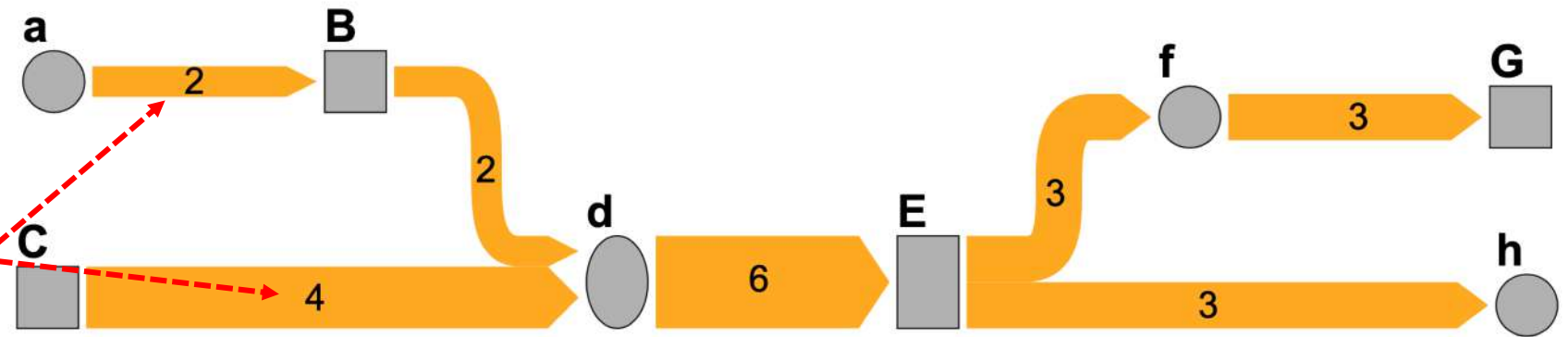
Diagramme de Sankey et tables emploi-ressource (2/3)

	Secteurs			
	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>E</i>	<i>G</i>
<i>a</i>				
<i>d</i>	2	4		
<i>f</i>			3	
<i>h</i>			3	

(a) Table Ressource

	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>E</i>	<i>G</i>
<i>a</i>	2			
<i>d</i>			6	
<i>f</i>				3
<i>h</i>				

(b) Table Emploi



- Dans les deux tables, les produits sont en ligne et les secteurs en colonne.
- La table ressource indique d'où viennent les produits (de quels secteurs).
- La table emploi indique où vont les produits (vers quels secteurs).
- Les secteurs sont composés des activités de production/transformation mais aussi des imports/exports et des consommations finales.

Diagramme de Sankey et tables emplois-ressources (3/3)

- Un flux est défini par son origine et sa destination.
- **Si l'origine est un produit alors la destination est nécessairement un secteur.**
- **Si l'origine est un secteur alors la destination est nécessairement un produit.**

On dispose de deux moyens équivalents pour désigner les flux :

1. Table (emploi ou ressource) / Produit / Secteur,

2. Origine / Destination.

C'est cette 2^e option qui est privilégiée car elle est plus intuitive.

		Origine	Destination
Table ressource	Produit		Flux 1
	Secteur	Flux 1	
Table emploi	Produit	Flux 2	
	Secteur		Flux 2

Les unités de compte (1/6)

Nous fournissons les valeurs des flux en plusieurs unités (ex : m³, tonnes, tonnes sèches, MWh...).

Cependant, **il faut choisir une unité principale pour mener l'étude.**

Le choix de cette unité repose sur trois critères :

1. Pouvoir appliquer les lois de conservation de la masse,
2. Ne pas faire apparaître les flux d'eau dans l'étude,
3. Avoir une unité qui parle aux acteurs.

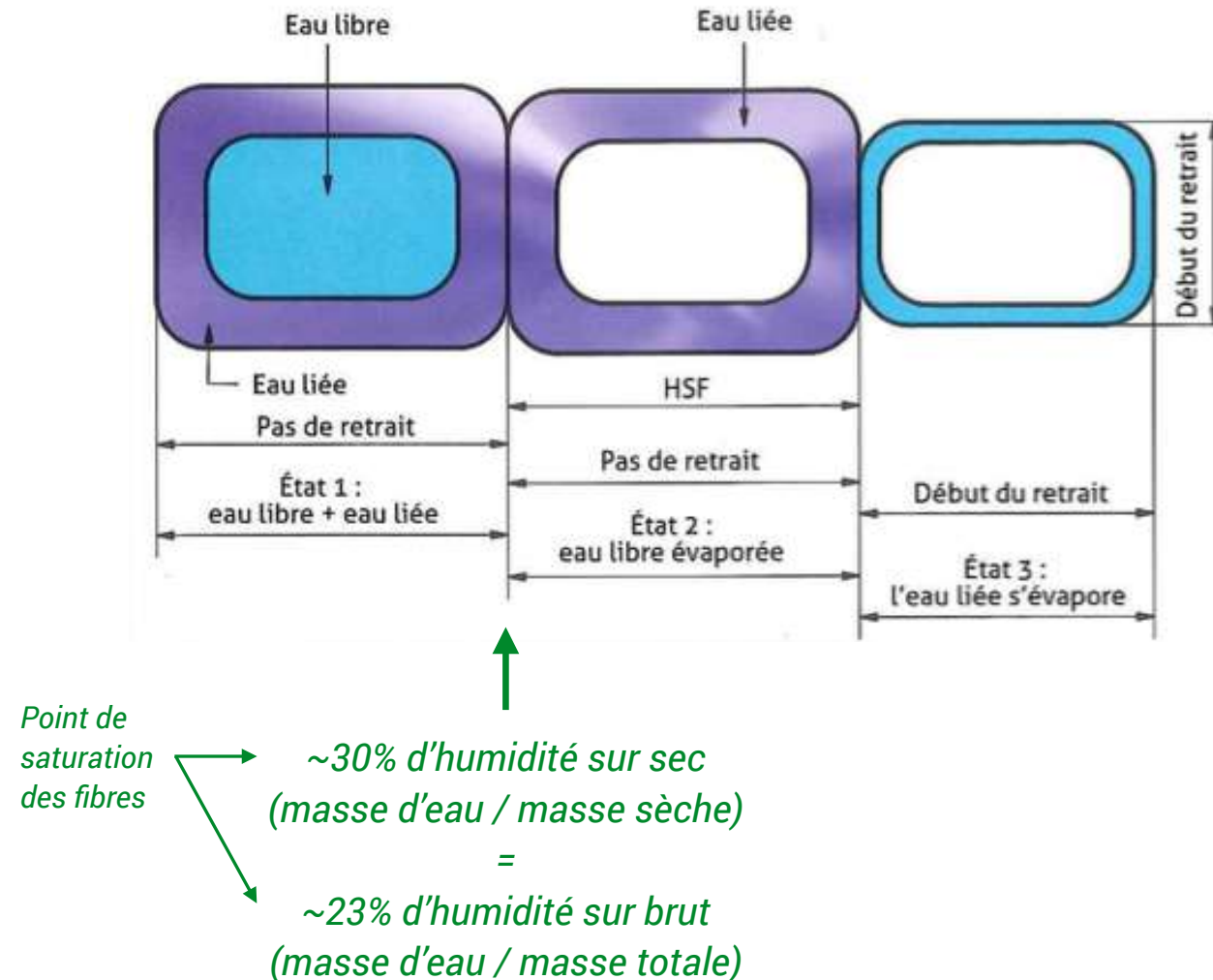
Il aurait été possible de travailler en masse sèche (MS). Cependant, à l'amont de la filière il est beaucoup plus naturel d'exprimer les flux en volume.

Comme d'autres* (choisissons de travailler en m³ équivalent bois fibre qui représente le volume équivalent de bois rond au point de saturation des fibres (environ 30% d'humidité sur sec, 23% humidité sur brut).

** voir slide le m³ fibre dans la littérature*

Les unités de compte (2/6)

Rappel des propriétés du bois (1/2)



Les unités de compte (3/6)

Rappel des propriétés du bois (2/2)

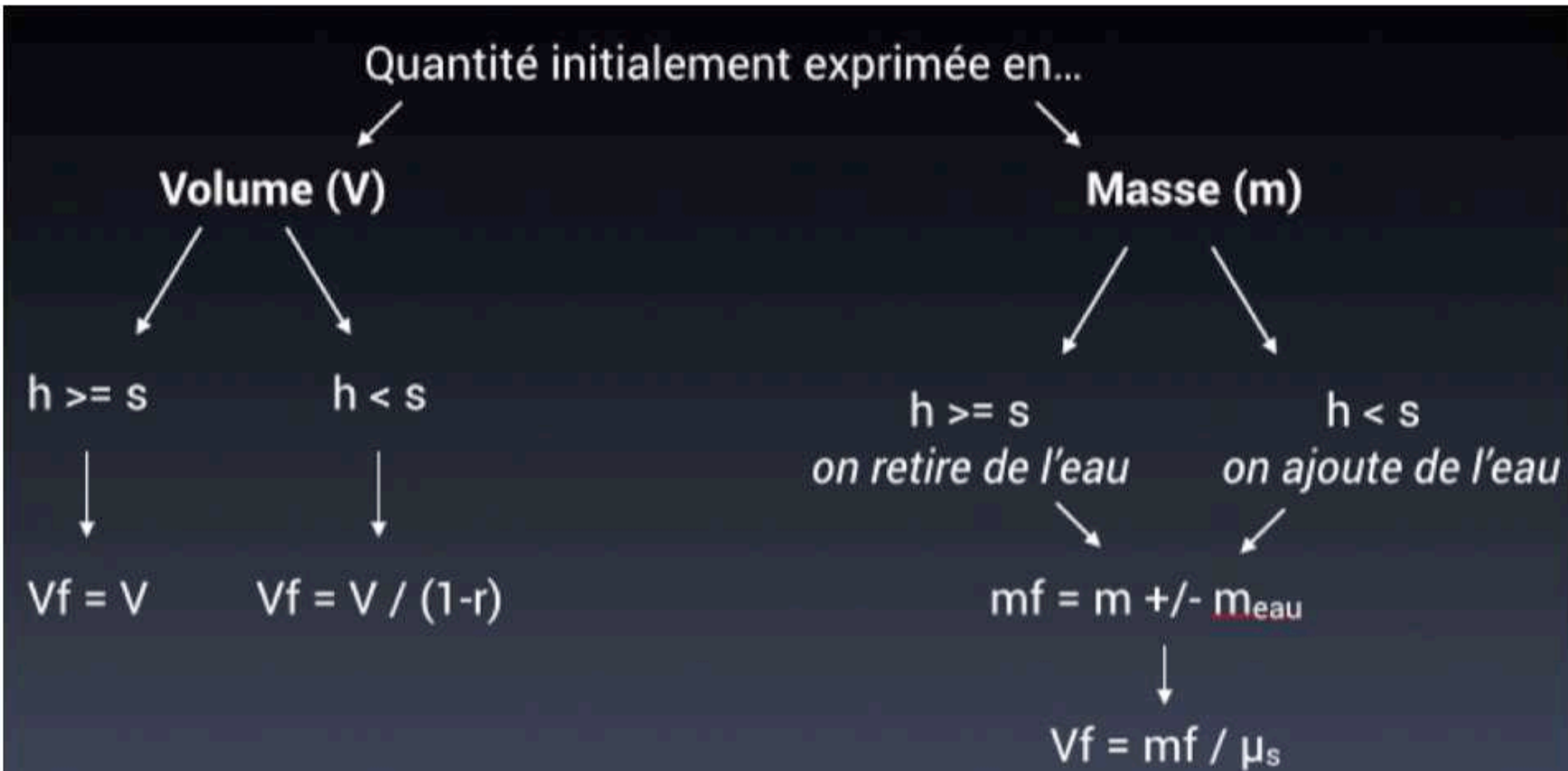
	Humidité	Volume	Masse	Masse sèche	Masse d'eau
Etat initial	$H_0 = s$ (point de saturation)	V_0	M_0 ($M_0 = m_{s0} + m_{e0}$)	m_{s0}	m_{e0}
On augmente l'humidité	$H_1 > s$	$V_1 = V_0$	$M_1 > M_0$ ($M_1 = m_{s1} + m_{e1}$)	$m_{s1} = m_{s0}$	$m_{e1} > m_{e0}$
On réduit l'humidité	$H_2 < s$	$V_2 < V_0$	$M_2 < M_0$ ($M_2 = m_{s2} + m_{e2}$)	$m_{s1} = m_{s0}$	$m_{e2} < m_{e0}$

Les unités de compte (4/6)

Définition et calcul du m3 eq. bois fibre, noté m3 (f) :

- 1 m3 eq bois fibre représente 1 m3 de bois au point de saturation des fibres.
- D'après les propriétés vues précédemment, on déduit que pour tout produit composé uniquement de bois dont l'humidité est supérieure ou égale au point de saturation, le volume "plein" du produit (c'est-à-dire après avoir retiré du volume apparent les vides éventuels, comme dans le cas de plaquettes) est égal au volume équivalent bois fibre. Par exemple :
 - Pour tout l'amont de la filière (bois non séché donc $h \geq s$),
1 m3 bois rond = 1 m3 (f) ce qui est pratique pour communiquer avec les acteurs de la filière,
 - Pour des sciages vérifiant $h \geq s$, 1 m3 sciages = 1 m3 (f).
- Dans le cas où le produit a un taux d'humidité $h < s$, on applique la formule suivante :
$$V_{\text{produit, en m3 (f)}} = V_{\text{produit, humidité } h < s, \text{ en m3 plein}} / (1 - r(h))$$
où $r(h)$ est le coefficient de retrait volumique dépendant de l'humidité h .
 $r(h)$ est inférieur à 1 et est défini par :
$$V_{\text{essence, humidité } h < s} = (1 - r(h)) \cdot V_{\text{essence, humidité } h = s}$$
- Dans le cas où d'autres composants interviennent dans la fabrication du produit (ex: colle pour les panneaux), il faut préalablement soustraire la masse de ces composants.

Les unités de compte (5/6)



Les coefficients de conversion utilisés pour chaque produit sont disponibles dans le fichier Excel.

Subtilités :

- si le produit ne contient pas que du bois
- si la quantité initiale est exprimée en volume apparent
- si une catégorie de produits comprend plusieurs essences

Les unités de compte (6/6)

Le m3 fibre dans la littérature :

- Le m3 équivalent bois fibre (*wood fiber equivalent*) a été initialement proposé par Weimar (2009) et réutilisé par Bösch (2015). Manteau et al. (2010) et le département forêt de la FAO/UNECE utilisent le même concept sous le nom de d'équivalent bois solide (*solid wood equivalent*).

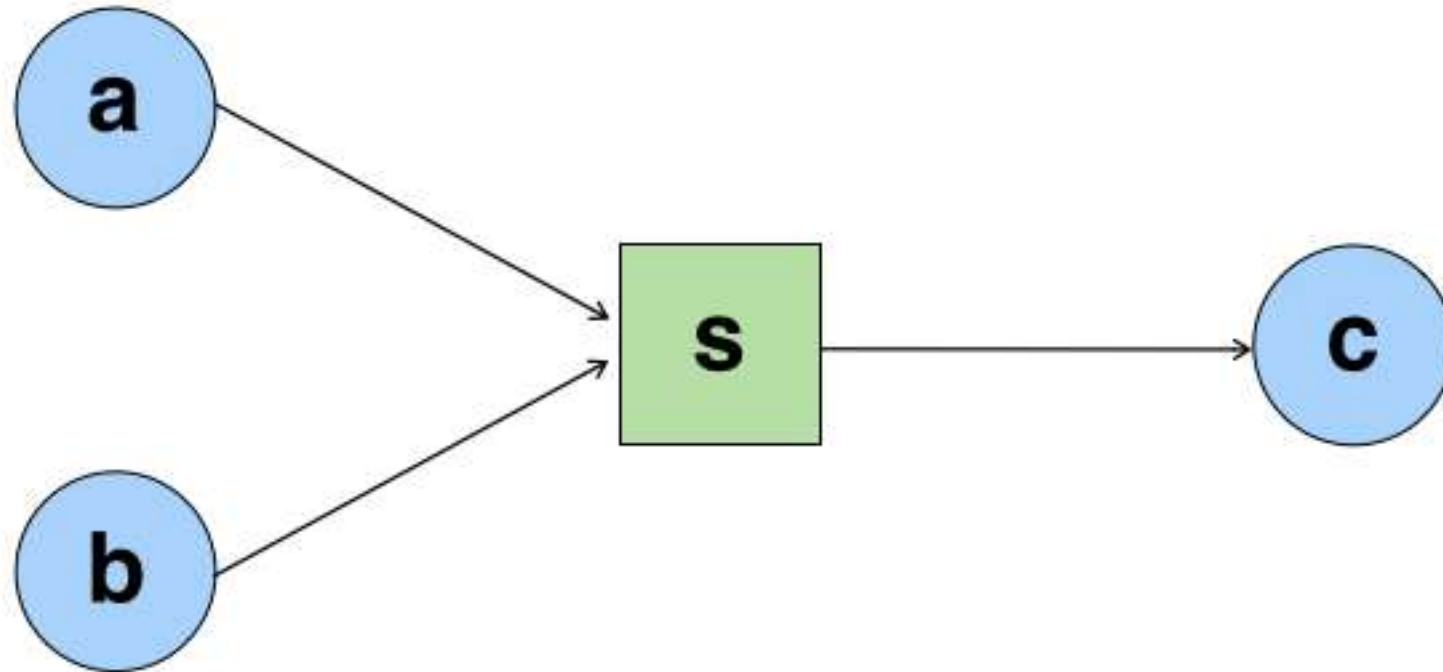
Bösch, M., Jochem, D., Weimar, H., Dieter, M., 2015. Physical input-output accounting of the wood and paper flow in Germany. Resources. Conservat. Recycl. 64, 99e109.

Lenglet, J, Courtonne, J-Y, Cauria, S. 2017. Material flow analysis of the forest-wood supply chain: a consequential approach for log export policies in France. Journal of Cleaner Production. 165.

UNECE, FAO, 2010. Forest product Conversion Factors for the Unece Region. Tech. rep., Geneva timber and forest discussion paper 49.

Weimar, H., 2009. Der holzfluss in der bundesrepublik deutschland 2009. Tech. rep., Methode und Ergebnis der Modellierung des Stoffflusses von Holz. Johan Heinrich von Thunen e Institut für Forst- und Holzwirtschaft. Arbeitsbericht.

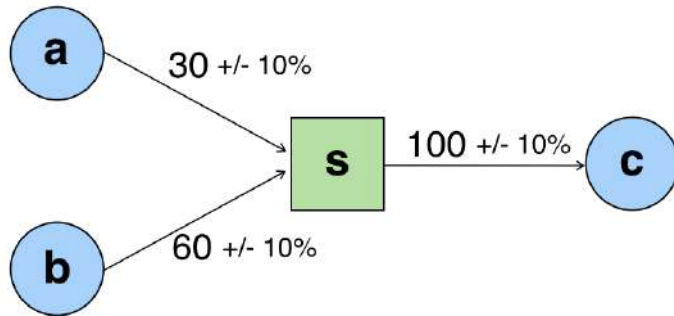
Précisions sur la réconciliation (1/5)



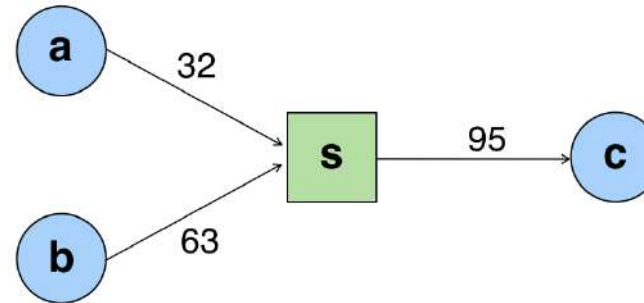
$$a + b = c$$

Précisions sur la réconciliation (2/5)

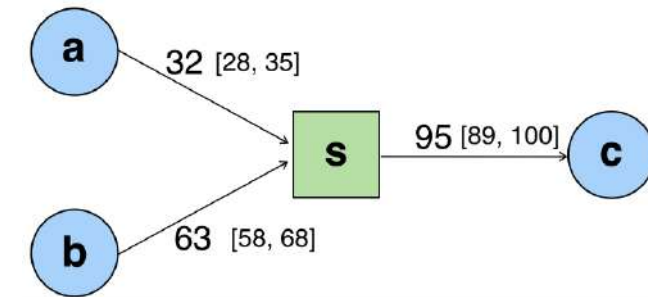
Cas 1 : données redondantes



Données collectées
(entrées du modèle)



Données réconciliées
(sorties du modèle)

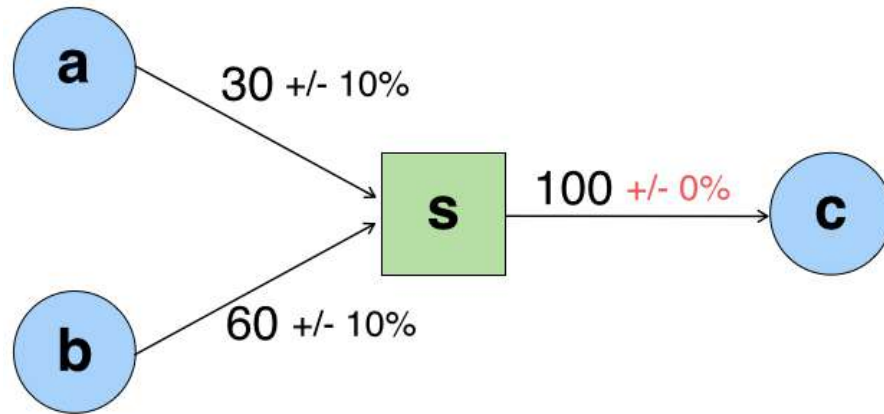


+ Incertitudes en sortie

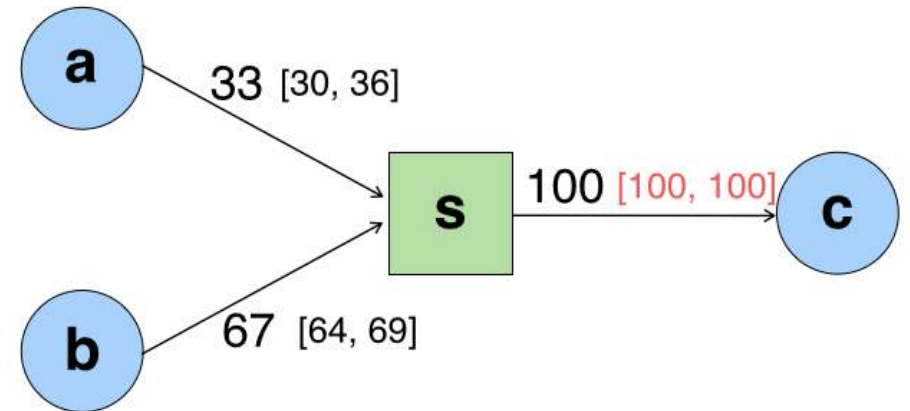
NB : bilan matière respecté : $32 + 63 = 95$

Précisions sur la réconciliation (3/5)

Cas 1 **bis** : données redondantes



Données collectées
(entrées du modèle)

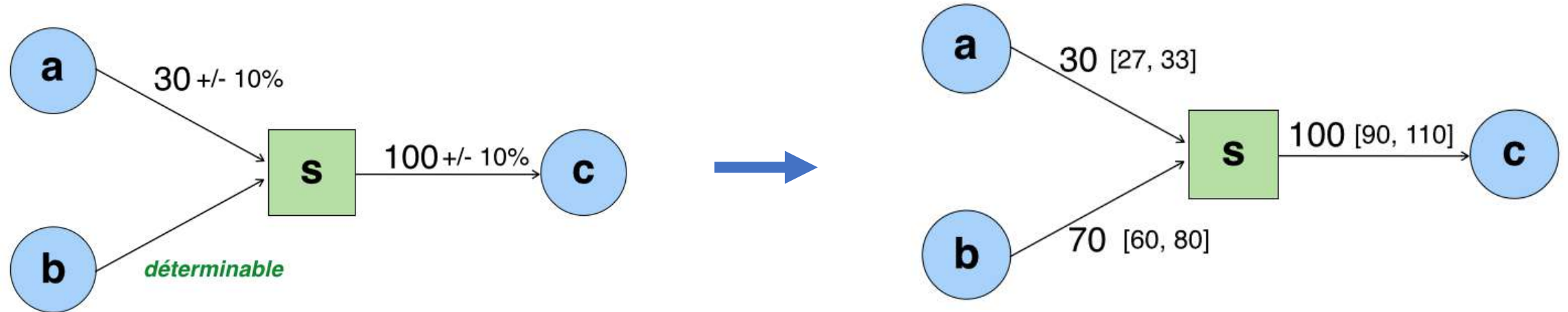


Données réconciliées et incertitudes
(sorties du modèle)

*NB : le modèle minimise l'écart entre données d'entrée et de sortie **en tenant compte de la fiabilité des sources**. Ici, le flux « c » est connu exactement donc il est le même en entrée et en sortie.*

Précisions sur la réconciliation (4/5)

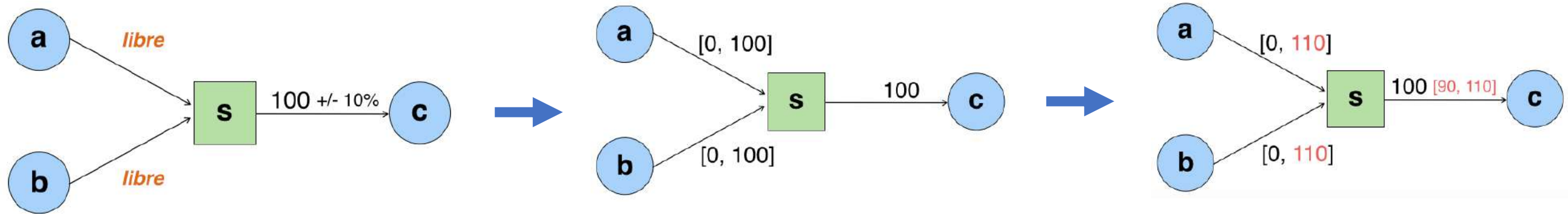
Cas 2 : inconnues déterminables



Un flux est **déterminable** s'il peut être déduit des autres données et contraintes (ici contrainte de conservation).

Précisions sur la réconciliation (5/5)

Cas 3 : inconnues non déterminables (libres)



Un flux est **non déterminable (libre)** quand le système d'équations est sous-déterminé.
Dans ce cas, on peut uniquement fournir un intervalle en sortie.

NB : les intervalles ne sont pas indépendants, par exemple, si on fixe « a », alors « b » devient déterminable.