

2. Notions fondamentales

2.2 – Énergie

2.2.4 – Combustibles et produits énergétiques

Daniel R. Rousse, ing., Ph.D.

Département de génie mécanique

Victor Aveline, M.ing.

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Combustibles et produits énergétiques
- Flux de produit
- Bilan par produit
- Conclusion

Question

- Combien de combustibles sont répertoriés par l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE)?
 - Entre 5 et 15
 - Entre 16 et 26
 - Entre 26 et 35
 - Entre 36 et 45
 - Plus de 46



ENR2020

Question

- Dans son "Manuel sur les statistiques de l'énergie" (2005, Annexe 3), l'AIE liste 23 types de carburants.

Plan de la présentation

- ***Introduction et objectifs de la capsule***
- Combustibles et produits énergétiques
- Flux de produit
- Bilan par produit
- Conclusion

Introduction et objectifs

- Cette présentation est un résumé de ce que l'on retrouve dans le manuel sur les statistiques de l'énergie publié par l'IEA, particulièrement la première section qui concerne les principes fondamentaux.



Introduction et objectifs

- Cette présentation concerne les éléments qui font souvent défaut aux analystes confinés aux seuls domaines du génie et de la technique.
- Pour comprendre le monde, le domaine de l'énergie et les ramifications de celui-ci, il faut davantage que de pouvoir calculer des watts ou des joules, faire construire un appareil ou un procédé, établir un bilan énergétique ou faire des prédictions à partir de modèles mathématiques physiques ou de modélisation numérique.

Introduction et objectifs

- Objectifs de cette présentation
 - Acquérir une partie des notions et du vocabulaire requis pour comprendre les implications politiques, économiques et sociales de l'énergie.

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- ***Combustibles et produits énergétiques***
- Flux de produit
- Bilan par produit
- Conclusion

Combustibles et produits énergétiques

- Qu'est ce qu'un combustible?
 - substance brûlée (le carbone et l'hydrogène contenus dans la substance combustible réagissent avec l'oxygène) pour produire de la chaleur, qui peut être utilisée pour produire du mouvement ou de l'électricité.

- Pourquoi brûler des combustibles?
 - Pour produire de la chaleur **et/ou** de l'électricité.

Combustibles et produits énergétiques

- Combien croyez-vous qu'il existe de combustibles possédant des appellations différentes?
 - Selon l'AIE, plus de 23.

Combustibles et produits énergétiques

- Qu'est ce qu'un produit énergétique?
 - Combustible
 - Électricité
 - Chaleur

Aussi appelé vecteurs d'énergie

Combustibles et produits énergétiques

- Qu'est ce qu'un produit énergétique primaire ou secondaire?
 - Primaire: produits extraits, convertis ou tirés directement des ressources naturelles (fossiles) ou de conversion mécanique (sources non comptabilisables, ex: vents, courants)
 - Secondaire: fabriqués à partir de produits primaires (issue d'une transformation)

L'électricité est-elle un produit primaire ou secondaire?

Les deux !

Combustibles et produits énergétiques

Produit énergétique primaire et secondaire

- Une question de convention.
- Exemple, l'énergie obtenue à partir d'un dispositif quelconque entraîné mécaniquement par l'air ou l'eau (énergie éolienne, hydraulique, houlomotrice, marémotrice, etc.). Dans la quasi-totalité des cas, la force mécanique présente dans les parties mobiles de l'appareil est utilisée pour générer de l'électricité (il existe bien entendu des exceptions, comme le pompage de l'eau au moyen d'éoliennes).
- Puisqu'il n'existe pas d'autre débouché pour la puissance mécanique avant qu'elle ne soit utilisée pour produire de l'électricité, la forme énergétique utilisée pour représenter l'énergie hydraulique, éolienne ou marémotrice est l'électricité qu'elles génèrent.

Combustibles et produits énergétiques

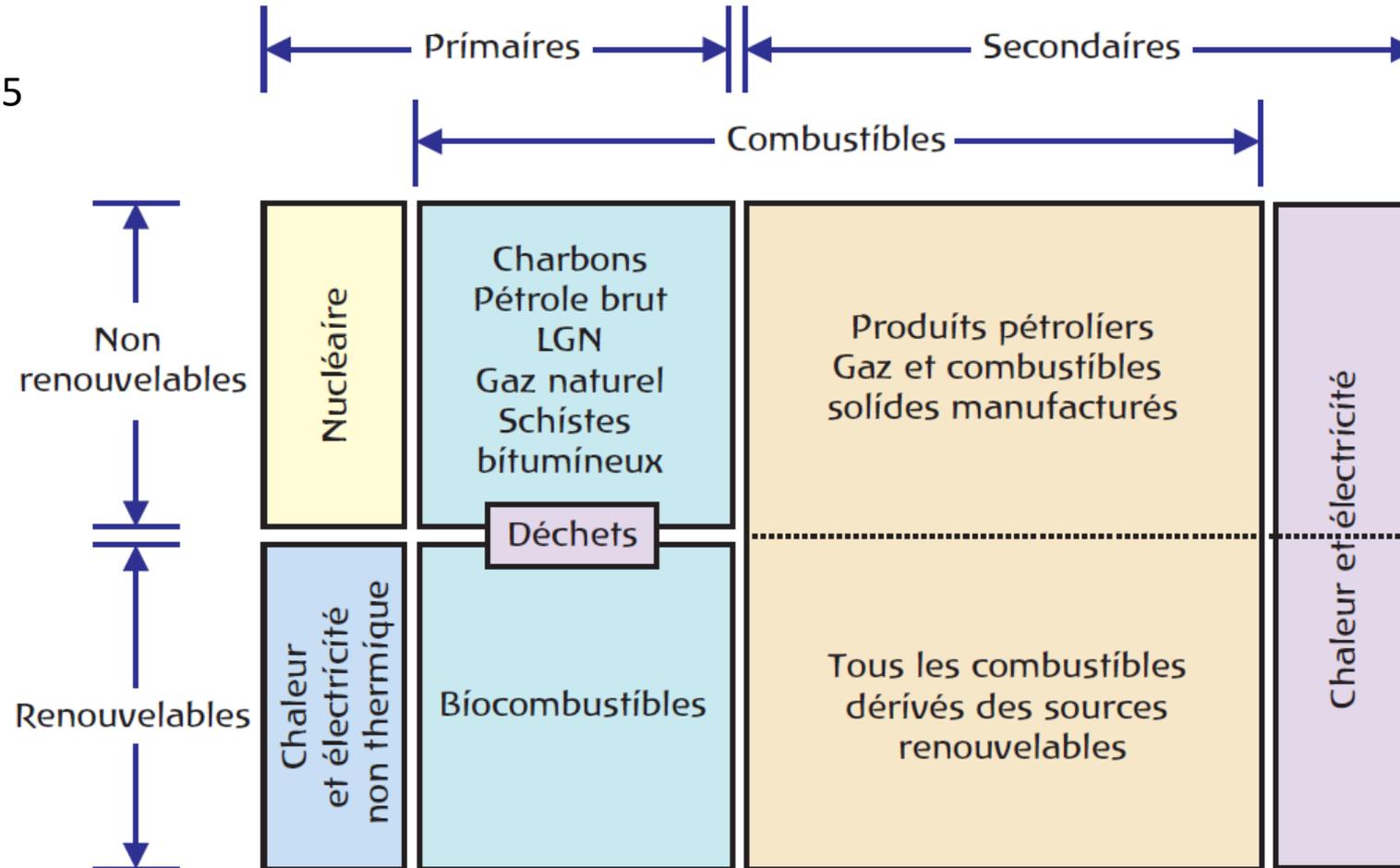
Produit énergétique primaire et secondaire

- Il ne sert à rien d'adopter la puissance mécanique comme forme d'énergie primaire, car elle ne serait d'aucune utilité pour les statistiques sur l'énergie. L'électricité primaire produite au moyen de ces dispositifs est parfois appelée « électricité non thermique », étant donné qu'aucune chaleur n'est nécessaire à sa production.
- L'énergie issue de cellules photovoltaïques (PV) qui convertissent directement la lumière du soleil en électricité est considérée comme électricité primaire et est incluse dans les sources d'électricité non thermique.

Combustibles et produits énergétiques

- Produits énergétiques primaire et secondaire

Source:
IEA, Manuel, 2005



Combustibles et produits énergétiques

- Produits énergétiques primaire et secondaire
 - En fait, cette distinction peut-être défiée.
 - Le pétrole est primaire. Cependant, ce n'est rien d'autre que la conversion de l'énergie solaire en quelques millions d'années. Il s'agit donc d'une CONVERSION d'énergie et non, strictement parlant, d'une source d'énergie.
 - À la rigueur, l'énergie solaire n'est pas primaire non plus car ce n'est QUE la CONVERSION de l'énergie de fusion des atomes d'hydrogène.
 - Dans ce cours, nous nous en tiendrons à la convention adoptée par l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE/IEA).

Combustibles et produits énergétiques

- Quelles sont les unités de mesure des flux de combustible?
 - Les unités de masse (kg ou tonnes)
 - Les unités de volume (litres, m³, et barils)

Combustibles et produits énergétiques

- Les unités de masse

	<i>En:</i>	kg	t	lt	st	lb
<i>De :</i>		<i>multiplier par :</i>				
<i>Kilogramme (kg)</i>		1	0,001	$9,84 \times 10^{-4}$	$1,102 \times 10^{-3}$	2,2046
<i>Tonne (t)</i>		1000	1	0,984	1,1023	2204,6
<i>Tonne longue (lt)</i>		1016	1,016	1	1,120	2240,0
<i>Tonne courte (st)</i>		907,2	0,9072	0,893	1	2000,0
<i>Livre (lb)</i>		0,454	$4,54 \times 10^{-4}$	$4,46 \times 10^{-4}$	$5,0 \times 10^{-4}$	1

Source:
IEA, Manuel, 2005

Combustibles et produits énergétiques

- Les unités de volume

	En:	gal US	gal UK	bbbl	ft ³	l	m ³
De :	multiplier par :						
Gallon américain (gal)		1	0,8327	0,02381	0,1337	3,785	0,0038
Gallon impérial (gal)		1,201	1	0,02859	0,1605	4,546	0,0045
Baril (bbbl)		42,0	34,97	1	5,615	159,0	0,159
Pied cube (ft ³)		7,48	6,229	0,1781	1	28,3	0,0283
Litre (l)		0,2642	0,220	0,0063	0,0353	1	0,001
Mètre cube (m ³)		264,2	220,0	6,289	35,3147	1 000,0	1

Combustibles et produits énergétiques

- Quelles sont les unités utilisées pour exprimer l'électricité et la chaleur ?
- Électricité :
- Chaleur :
- Combustibles :

Combustibles et produits énergétiques

- Questions
 - Quelles sont les unités d'énergie?
 - Richard Feynman on Energy units
<https://www.youtube.com/watch?v=roX2NXDUTsM>

Combustibles et produits énergétiques

- Les unités d'énergie

<i>En:</i>	TJ	Gcal	Mtoe	MBtu	GWh
<i>De :</i>	<i>multiplier par :</i>				
<i>Térajoule (TJ)</i>	1	238,8	$2,388 \times 10^{-5}$	947.8	0,2778
<i>Gigacalorie</i>	$4,1868 \times 10^{-3}$	1	10^{-7}	3,968	$1,163 \times 10^{-3}$
<i>Mtep*</i>	$4,1868 \times 10^4$	10^7	1	$3,968 \times 10^7$	11630
<i>Million Btu</i>	$1,0551 \times 10^{-3}$	0,252	$2,52 \times 10^{-8}$	1	$2,931 \times 10^{-4}$
<i>Gigawattheure</i>	3.6	860	$8,6 \times 10^{-5}$	3412	1

*Million de tonnes équivalent pétrole.

Combustibles et produits énergétiques

Approximate conversion factors

Crude oil*

From	To				
	tonnes (metric)	kilolitres	barrels	US gallons	tonnes per year
			Multiply by		
Tonnes (metric)	1	1.165	7.33	307.86	-
Kilolitres	0.8581	1	6.2898	264.17	-
Barrels	0.1364	0.159	1	42	-
US gallons	0.00325	0.0038	0.0238	1	-
Barrels per day	-	-	-	-	49.8

*Based on worldwide average gravity.

Products

	To convert			
	barrels to tonnes	tonnes to barrels	kilolitres to tonnes	tonnes to kilolitres
			Multiply by	
Liquefied petroleum gas (LPG)	0.086	11.6	0.542	1.844
Gasoline	0.118	8.5	0.740	1.351
Kerosene	0.128	7.8	0.806	1.240
Gas oil/diesel	0.133	7.5	0.839	1.192
Fuel oil	0.149	6.7	0.939	1.065

Natural gas (NG) and liquefied natural gas (LNG)

From	To					
	billion cubic metres NG	billion cubic feet NG	million tonnes oil equivalent	million tonnes LNG	trillion British thermal units	million barrels oil equivalent
			Multiply by			
1 billion cubic metres NG	1	35.3	0.90	0.74	35.7	6.60
1 billion cubic feet NG	0.028	1	0.025	0.021	1.01	0.19
1 million tonnes oil equivalent	1.11	39.2	1	0.82	39.7	7.33
1 million tonnes LNG	1.36	48.0	1.22	1	48.6	8.97
1 trillion British thermal units	0.028	0.99	0.025	0.021	1	0.18
1 million barrels oil equivalent	0.15	5.35	0.14	0.11	5.41	1

7,33 barils / tonne

Units

1 metric tonne	= 2204.62lb
	= 1.1023 short tons
1 kilolitre	= 6.2898 barrels
	= 1 cubic metre
1 kilocalorie (kcal)	= 4.187kJ
	= 3.968Btu
1 kilojoule (kJ)	= 0.239kcal
	= 0.948Btu
1 British thermal unit (Btu)	= 0.252kcal
	= 1.055kJ
1 kilowatt-hour (kWh)	= 860kcal
	= 3600kJ
	= 3412Btu

Calorific equivalents

One tonne of oil equivalent equals approximately:

Heat units	10 million kilocalories
	42 gigajoules
	40 million British thermal units
Solid fuels	1.5 tonnes of hard coal
	3 tonnes of lignite
Gaseous fuels	See Natural gas and liquefied natural gas table
Electricity	12 megawatt-hours

One million tonnes of oil or oil equivalent produces about 4400 gigawatt-hours (= 4.4 terawatt-hours) of electricity in a modern power station.

1 barrel of ethanol = 0.57 barrel of oil
1 barrel of biodiesel = 0.88 barrel of oil

Combustibles et produits énergétiques

- Les unités d'énergie

Vous trouverez des tables de conversion plus complètes et précises à :

OnlineConversion.com

SImetric.co.uk

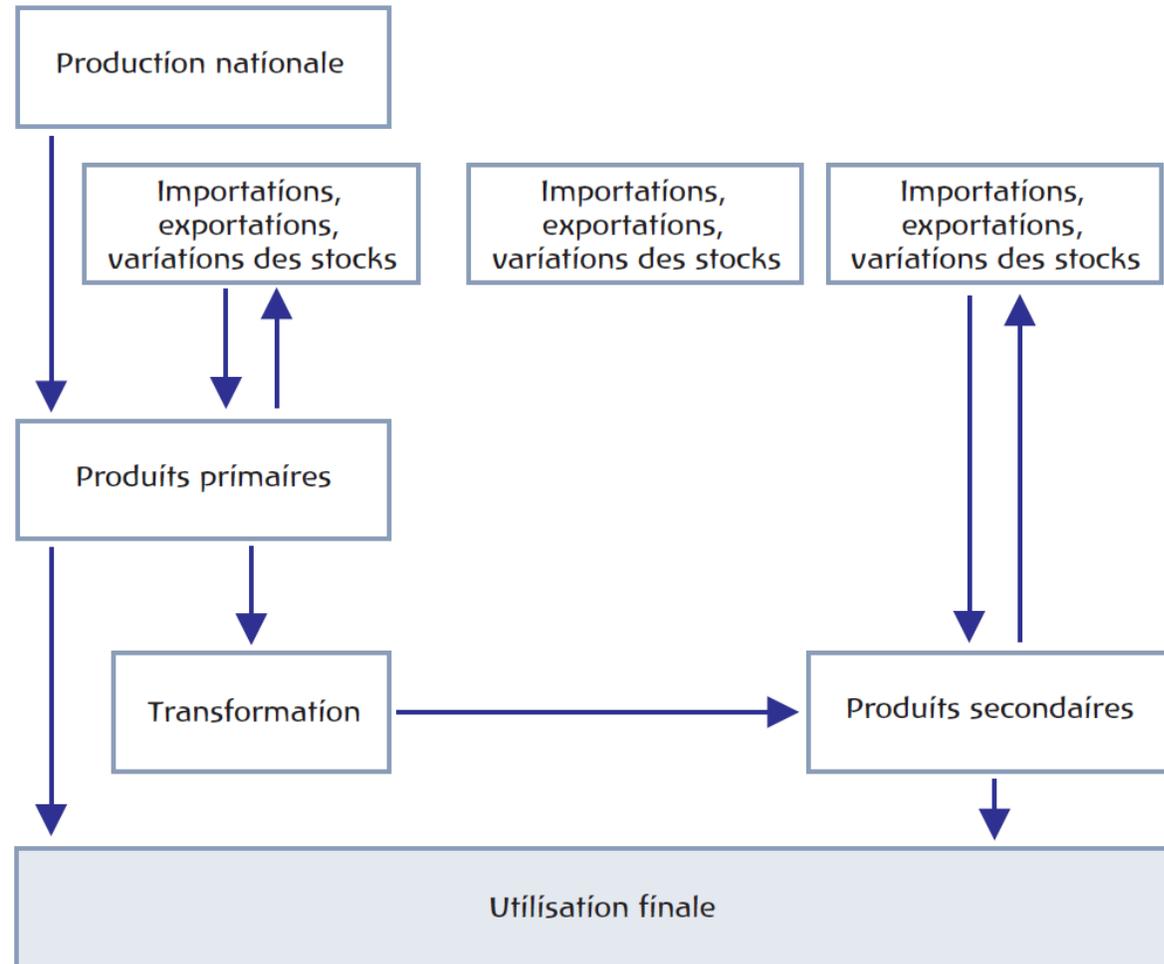
**Combien y a-t-il de baril de pétrole dans une tonne de pétrole?
Combien de m³ dans un baril?**

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Combustibles et produits énergétiques
- ***Flux de produit***
- Bilan par produit
- Conclusion

Flux de produits

- Qu'est-ce qu'un « flux de produit »?



Flux de produits

- Quels sont les principaux flux considérés dans les statistiques énergétiques?
 - Production :
 - combustibles, électricité et chaleur primaires
 - Commerce extérieur :
 - importations, exportations
 - Soutages maritimes internationaux :
 - les quantités de pétrole livrées aux navires pour leur consommation lors de trajets internationaux (combustibles de soute) représentent un cas spécial de flux de pétrole à partir d'un pays .

Flux de produits

- Quels sont les principaux flux considérés dans les statistiques énergétiques?
 - Stocks :
 - Les stocks de combustibles servent à préserver le fonctionnement de l'économie lorsque l'offre ou la demande varient de telle sorte qu'elles ne correspondent plus.
 - Les stocks sont maintenus par les fournisseurs de combustibles pour couvrir les fluctuations de la production et/ou des importations de combustibles ainsi que des commandes de combustibles.

Flux de produits

- Quels sont les principaux flux considérés dans les statistiques énergétiques?
 - Transformation des combustibles :
 - La transformation ou la conversion d'un combustible consiste à modifier un combustible primaire, par des moyens physiques et/ou chimiques, en un produit énergétique secondaire mieux adapté aux usages auxquels le produit secondaire est destiné.

Flux de produits

- Quels sont les principaux flux considérés dans les statistiques énergétiques?
 - Consommation finale :
 - La consommation finale de combustibles englobe leur utilisation à des fins de **chauffage** et à des fins **non énergétiques**.
 - Les combustibles utilisés pour produire de l'électricité et de la chaleur à des fins commerciales, ainsi que les quantités d'énergie produites, sont exclues de la consommation finale et prises en considération dans le secteur de la transformation (page précédente).

Flux de produits

- Quels sont les principaux flux considérés dans les statistiques énergétiques?
 - Consommation finale :
 - La consommation finale de combustibles englobe :
 - Industrie, transport, agriculture, résidentiel, commercial, institutionnel.
 - Usages non énergétiques des combustibles :
 - en tant que matières premières pour la fabrication de produits (solvants, graisses, médicaments, pharmacie, alimentation)

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Combustibles et produits énergétiques
- Flux de produits
- ***Bilan par produit***
- Conclusion

Bilan par produit

- Comment les données sur l'énergie sont-elles présentées?
 - Le format le plus fréquemment utilisé pour présenter des données relatives à un produit énergétique est le **bilan** dans lequel les **sources d'approvisionnement** pour chaque produit et les usages qui en sont faits sont mentionnés dans une même colonne.

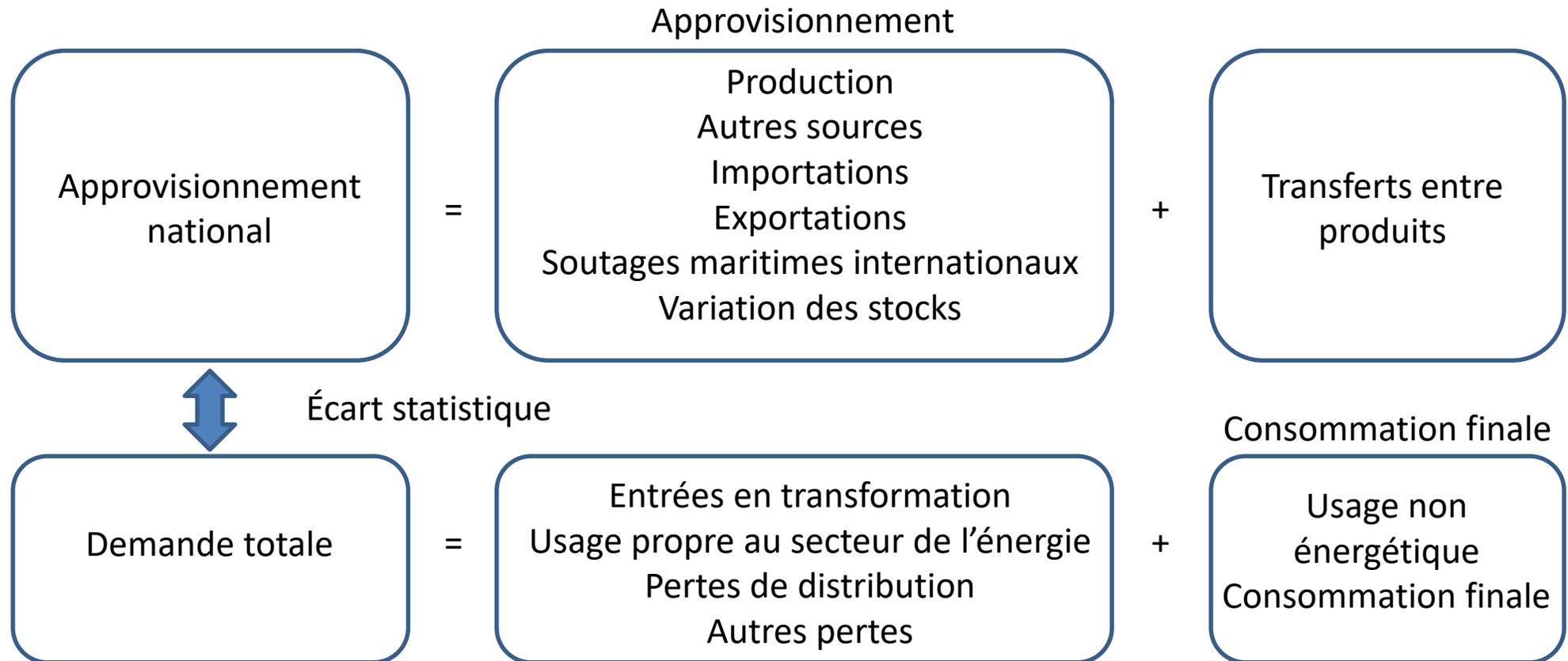
Bilan par produit

- Comment les données sur l'énergie sont-elles présentées?
 - Sur le plan du concept, le format du bilan est identique à un compte de caisse, où les sources de revenus doivent, une fois additionnées, correspondre au total des dépenses après avoir pris en considération les variations dans les dépôts en espèces.
 - Le format du bilan convient aux produits énergétiques pour autant qu'ils soient homogènes partout dans ce bilan.

AIE, Manuel sur les statistiques énergétiques

Bilan par produit

- Structure du bilan national par produit



Bilan par produit

- Structure du bilan par produit
 - Production :
 - Combustibles
 - Les combustibles peuvent être produits de bien des façons : mine souterraine pour le charbon, plateformes off-shore pour le pétrole, forêt pour le bois de chauffage, etc.
 - La production de combustibles fossiles primaires est généralement calculée près du point d'extraction dans les réserves.
 - Les quantités produites doivent être mesurées lorsque les combustibles sont à l'état commercialisable.
 - Toute quantité qui n'est pas conservée pour être utilisée ou vendue doit être exclue du chiffre de production.

Bilan par produit

- Structure du bilan par produit
 - Production :
 - Électricité et chaleur primaires
 - La quantification de la production d'électricité et de chaleur primaire est étroitement liée à la définition de ces deux formes d'énergie dans les différentes conditions de leur exploitation.
 - En général, le point de production statistique choisi est le plus approprié possible pour mesurer la production et le plus possible en aval à partir du captage du flux énergétique avant qu'il ne soit utilisé.
 - Par exemple, pour l'hydroélectricité, ce sera l'électricité générée aux alternateurs actionnés par les turbines hydrauliques.

Bilan par produit

- Structure du bilan par produit
 - Un exemple

CONSUMMATION FINALE 1 513 901		FRANCE 1999		GAZOLE/DIESEL		kilotonnes	
		Format d'Eurostat		Format de l'AIE			
SECTEUR INDUSTRIE	661 262	Production primaire	-	Production	32 621		
Sidérurgie	39 614	Récupération	-	Autres sources	-		
Chimie et pétrochimie	199 241	Importations	11 668	Importations	11 668		
<i>dont : matières premières</i>	<i>103 146</i>	Variation des stocks	1 213	Exportations	-2 230		
Métaux non ferreux	17 180	Exportations	-2 230	Soutages maritimes internationaux	-419		
Produits minéraux non métalliques	78 163	Soutes	-419	Variation des stocks	1 213		
Matériel de transport	-	Consommation intérieure brute	10 232	APPROVISIONNEMENT NATIONAL	42 853		
Machines	74 125	Entrées en transformation	48	Transferts	-529		
Industries extractives	6 449	Centrales thermiques publiques	18	Écart statistique	2 265		
Produits alimentaires, boissons et tabac	106 468	Centrales thermiques des autoproducteurs	23	TRANSFORMATION	384		
Imprimerie, pâtes et papiers	66 401	Centrales nucléaires	-	Centrales électriques	41		
Bois et ouvrages en bois	-	Fabriques d'agglomérés et de briquettes	-	Centrales de cogénération	-		
Construction	2 371	Cokeries	-	Centrales calogènes	-		
Textiles et cuir	19 183	Hauts fourneaux	-	Hauts fourneaux/usines à gaz	-		
Non spécifié	52 067	Usines à gaz	-	Cokeries/Fabriques d'agglomérés et briquettes	-		
TRANSPORTS	28	Raffineries	-	Raffineries de pétrole	-		
Aviation civile internationale	-	Centrales de chauffage	-	Industrie pétrochimique	336		
Transports aériens nationaux	-	Sorties de transformation	32 621	Unités de liquéfaction du gaz	-		
Transport routier	14	Centrales thermiques publiques	-	Autre secteur de la transformation	7		
Transport ferroviaire	-	Centrales thermiques des autoproducteurs	-	SECTEUR ENERGIE	4		
Transport par conduites	-	Centrales nucléaires	-	Mines de charbon	-		
Navigation Intérieure	-	Fabriques d'agglomérés et de briquettes	-	Extraction de pétrole et de gaz	-		
Non spécifié	14	Cokeries	-	Raffineries de pétrole	4		
AUTRES SECTEURS	852 611	Hauts fourneaux	-	Centrales électriques et calogènes	-		
Agriculture	11 729	Usines à gaz	-	Pompage	-		
Commerce et services publics	399 324	Raffineries	32 621	Autre secteur de l'énergie	-		
Secteur résidentiel	441 558	Centrales de chauffage	-	Pertes de distribution	-		
Non spécifié	-	Echanges, transferts, restitutions	-865	CONSUMMATION FINALE	44 201		
USAGE NON ÉNERGÉTIQUE	-	Échanges entre produits	0	SECTEUR INDUSTRIE	2 475		
Industrie/transformation/énergie	-	Produits transférés	-529	Sidérurgie	35		
Transport	-	Restitutions de la pétrochimie	-336	Chimie et pétrochimie	1 383		
Autres secteurs	-	Consommation de la branche énergie	4	<i>dont : matières premières</i>	<i>1 383</i>		
		Pertes sur les réseaux	-	Métaux non ferreux	15		
		Disponible pour la consommation finale	41 936	Produits minéraux non métalliques	122		
		Consommation finale non énergétique	1 383	Matériel de transport	48		
		Chimie	1 383	Machines	152		
		Autres	-	Industries extractives	1		
		Consommation énergétique finale	42 818	Produits alimentaires, boissons et tabac	110		
		Industrie	1 092	Imprimerie, pâtes et papiers	14		
		Sidérurgie	35	Bois et ouvrages en bois	-		
		Métaux non ferreux	15	Construction	409		
		Chimie	0	Textiles et cuir	38		
		Produits minéraux non métalliques	122	Non spécifié	148		
		Extraction	7	TRANSPORT	26 801		
		Alimentation, boisson, tabac	110	Aviation civile internationale	-		
		Textiles, cuir, habillement	38	Transports aériens nationaux	-		
		Papier et imprimerie	14	Transport routier	25 948		
		Fabrications métalliques	200	Transport ferroviaire	368		
		Autres industries	557	Transport par conduites	-		
		Transports	26 801	Navigation Intérieure	485		
		Ferroviaires	368	Non spécifié	-		
		Routiers	25 948	AUTRES SECTEURS	14 925		
		Aériens	-	Agriculture	2 026		
		Navigation Intérieure	485	Commerce et services publics	4 450		
		Foyers domest. ; commerce, adm., etc.	14 925	Secteur résidentiel	8 442		
		Foyers domestiques	8 442	Non spécifié	7		
		Agriculture	2 026	USAGE NON ÉNERGÉTIQUE	-		
		Écart statistique	-2 265	Industrie/transformation/énergie	-		
				Transport	-		
				Autres secteurs	-		

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Combustibles et produits énergétiques
- Flux de produit
- Bilan par produit
- ***Conclusion***

Conclusion

- Cette présentation se concentre sur les divers combustibles et produits énergétiques qui sous-tendent le marché global de l'énergie.
- Plusieurs de ces combustibles et produits énergétiques, parmi les plus de 60 différents répertoriées par l'AIE, sont des dérivées du pétrole, du gaz et du charbon.
- Cette nomenclature supporte les présentations antérieures et ouvre la voie à la suivante qui concerne les bilans énergétiques.



Merci de votre attention !

Si vous avez des questions à formuler, veuillez les poser par écrit et spécifier le nom et le numéro de la présentation. Nous vous répondrons le plus rapidement possible.

Période de questions

