

# Efficacité énergétique dans le bâtiment

## *Energie Utile, Finale et Primaire*

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

1

### Plan

#### 1/ Introduction

#### 2/ L'énergie utile

#### 3/ L'énergie finale

- ✓ L'électricité (Eclairage, chauffage, Refroidissement, ECS, Ventilation, Electroménager, Appareils spécifiques)
- ✓ Le fioul
- ✓ Le gaz
- ✓ Le bois, charbon de bois

#### 4/ L'énergie secondaire

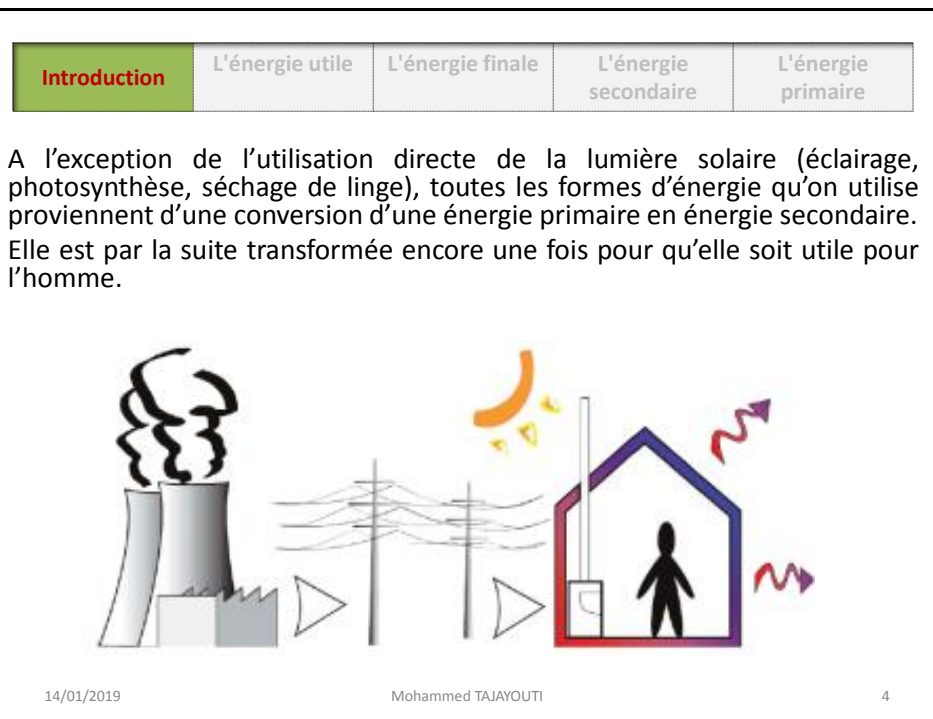
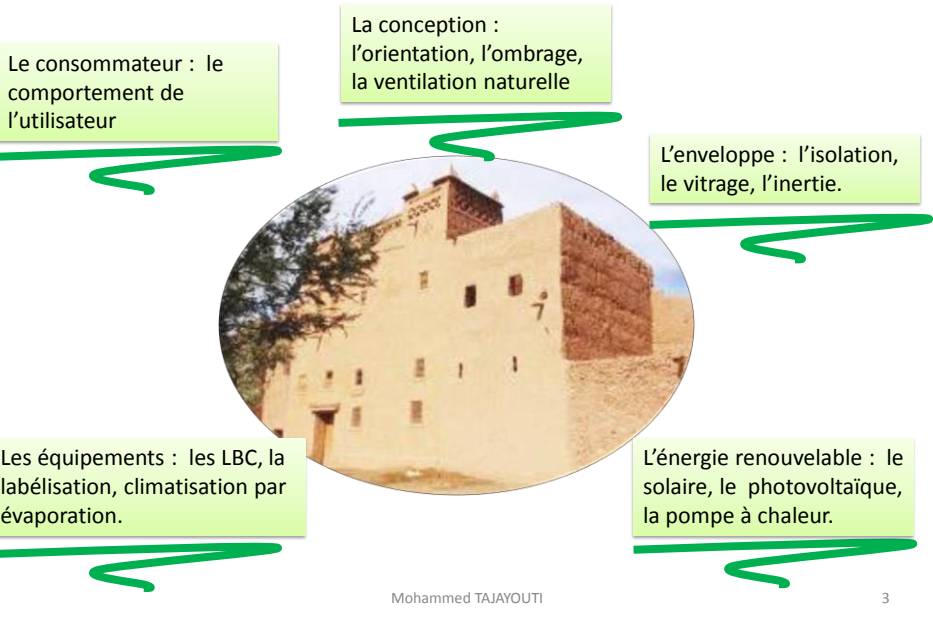
#### 5/ L'énergie primaire

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

2

## Le développement durable et l'efficacité énergétique



<b>Introduction</b>	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
---------------------	-----------------	------------------	----------------------	--------------------

**Définition de l'énergie primaire**

Définition de l'énergie secondaire

Définition de l'énergie finale

Définition de l'énergie utile

Le récapitulatif

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 5

<b>Introduction</b>	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
---------------------	-----------------	------------------	----------------------	--------------------

**Définition de l'énergie primaire :**

C'est la première forme de l'énergie directement disponible dans la nature : bois, charbon, gaz naturel, pétrole, vent, rayonnement solaire, énergie hydraulique, géothermique...

L'énergie primaire n'est pas toujours directement utilisable et fait donc souvent l'objet de transformations :

exemple, raffinage du pétrole pour avoir de l'essence ou du gazole ; combustion du charbon pour produire de l'électricité dans une centrale thermique.

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 6

Introduction	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
				
Anthracite				
				
		copeaux du bois		
				
				Pétrole brut
				
Eolienne solaire				
				
		Hydraulique		
				
				Gaz naturel

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 7

Introduction	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
<p>Définition de l'énergie primaire</p> <p><b>Définition de l'énergie secondaire</b></p> <p>Définition de l'énergie finale</p> <p>Définition de l'énergie utile</p> <p>Le récapitulatif</p>				

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 8

<b>Introduction</b>	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
---------------------	-----------------	------------------	----------------------	--------------------

**Définition de l'énergie secondaire**

C'est une énergie obtenue par la transformation d'une énergie primaire au moyen d'un système de conversion

par exemple, une centrale thermique produit de l'électricité (énergie secondaire) à partir de charbon (énergie primaire).

Une fois produite, cette énergie doit être transportée vers son lieu de consommation, d'où des pertes parfois importantes.

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 9

<b>Introduction</b>	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
---------------------	-----------------	------------------	----------------------	--------------------

Définition de l'énergie primaire

Définition de l'énergie secondaire

**Définition de l'énergie finale**

Définition de l'énergie utile

Le récapitulatif

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 10

<b>Introduction</b>	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
---------------------	-----------------	------------------	----------------------	--------------------

### Définition de l'énergie Finale

Énergie délivrée aux consommateurs pour être convertie en énergie "utile". Exemple : électricité, essence, gaz, gazole, fioul domestique etc.





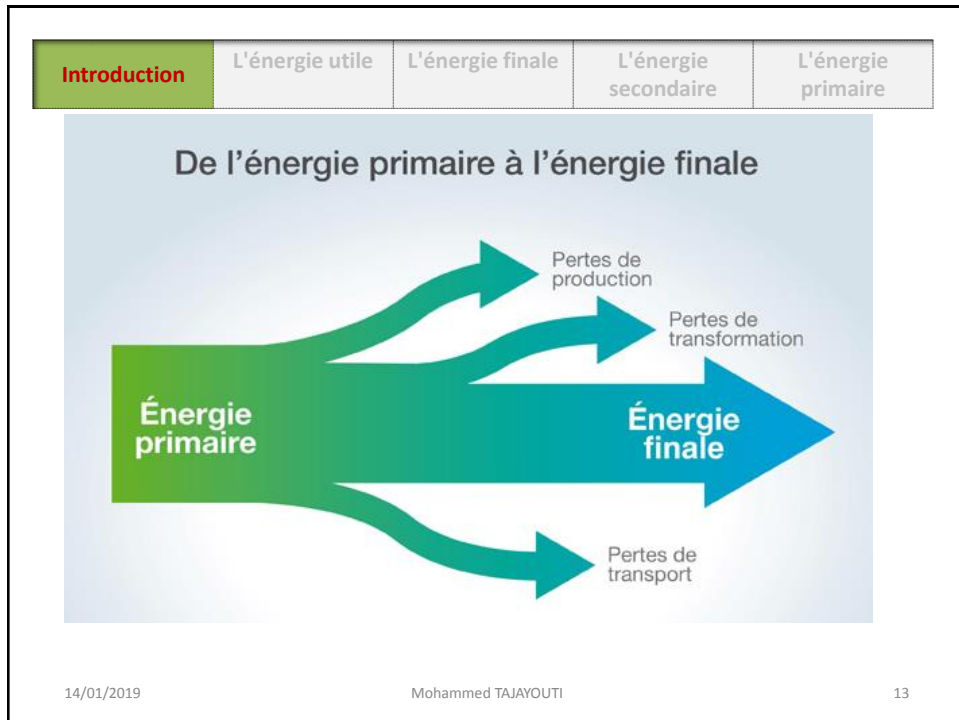

14/01/2019
Mohammed TAJAYOUTI
11

<b>Introduction</b>	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
---------------------	-----------------	------------------	----------------------	--------------------

**Attention : Bois ou charbon de bois**

Le bois a un pouvoir calorifique moyen de l'ordre de 3900 kcal/kg alors que le charbon de bois donne 7000 kcal/kg qui se réduisent à 900 kcal/kg d'équivalent bois car il faut environ 8kg de bois pour 1 kg de charbon de bois.

14/01/2019
Mohammed TAJAYOUTI
12



<b>Introduction</b>	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
---------------------	-----------------	------------------	----------------------	--------------------

Définition de l'énergie primaire

Définition de l'énergie secondaire

Définition de l'énergie finale

**Définition de l'énergie utile**

Le récapitulatif

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

14

Introduction	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	------------------	----------------------	--------------------

**Définition de l'énergie Utile**

Énergie dont dispose le consommateur, après la dernière conversion (c.-à-d. en usage final). Exemple chaleur dans la maison, Eau chaude, lumière




14/01/2019
15

Introduction	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	------------------	----------------------	--------------------

Définition de l'énergie primaire

Définition de l'énergie secondaire

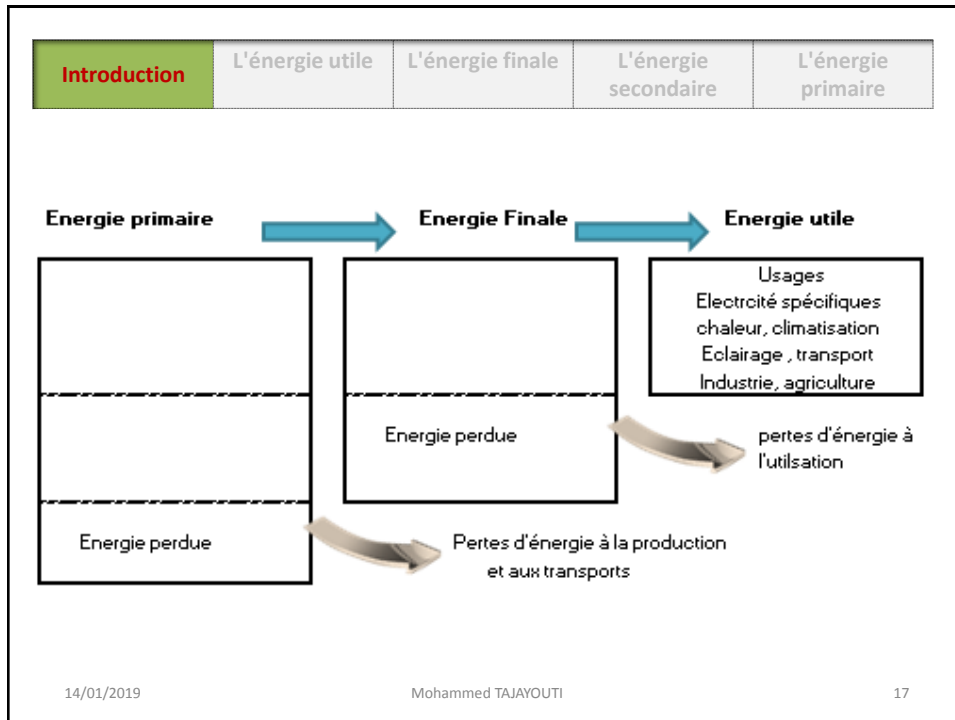
Définition de l'énergie finale

Définition de l'énergie utile

**Le récapitulatif**

14/01/2019
Mohammed TAJAYOUTI
16





Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

**On a besoin de l'énergie dans le bâtiment essentiellement pour :**

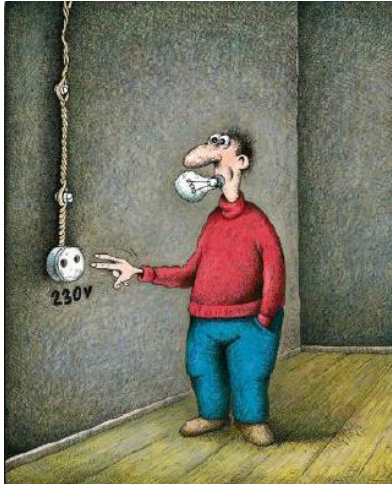
- ✓ S'éclairer quand c'est nécessaire
- ✓ Se chauffer en hiver et se refroidir en été
- ✓ Avoir de l'eau chaude et de l'air frais
- ✓ Utiliser l'électroménager et les appareils spécifiques (PC, ascenseur, pompes.)

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 18

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

**L'éclairage**

- Le chauffage
- Le refroidissement
- L'eau chaude sanitaire ECS
- La ventilation
- L'électroménager
- Les appareils spécifiques



14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 19

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

On a besoin de l'éclairage artificiel lors de l'absence ou de l'insuffisance de l'éclairage naturel.

Projet d'éclairage

1. type d'éclairage  
Classe photométrique (direct intensif, direct extensif, semi-direct, indirect)
2. choix des lampes et luminaires  
Eclairement requis, température de couleur, IRC, durée de vie, efficacité(watt/lumen), prix
3. Dimensionnement  

$$F = (E \cdot A / U) \cdot (d/h)$$

$F$  [lm] : flux lumineux à fournir,  $A$  [m<sup>2</sup>] : surface du plan utile  $E$  [lx] : éclairement prévu pour le local,  
 $U$  : l'utilance, caractéristique du local et du système d'éclairage  
 $d$  = facteur de dépréciation,  $h$  = rendement des luminaires

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 20

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

L'éclairage

**Le chauffage**

Le refroidissement

L'eau chaude sanitaire ECS

La ventilation

L'électroménager

Les appareils spécifiques

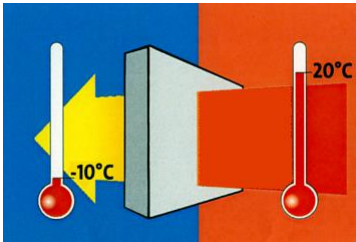
14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 21

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

On a besoin de chauffer pour compenser le flux de chaleur sortant.

Le sens du flux de chaleur est toujours du côté de la température la plus élevée vers la température la moins élevée.

En hiver, on parle de déperditions.



14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 22

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

On distingue les déperditions à travers le toit, les murs, les fenêtres, le plancher et les ponts thermiques

Dont les puissances sont :

$$\Phi[W] = (U[W/m^2 \cdot K] \times S[m^2] + \psi[W/m \cdot K] \times L[m]) \times (T_{int} - T_{ext})[K] - \text{gains}$$

U : coefficient de transmission surfacique ; S : Surafce

$\psi$  coefficient linéique de transmission ; L: longueur de la liaison.

$T_{int}$  et  $T_{ext}$  sont les températures intérieures et extérieures

ainsi que les déperditions par ventilation :

$$\Phi[W] = \rho_a \cdot C_a [Wh/m^3 \cdot K] \times Q_v [m^3/h] \times (T_{int} - T_{ext})[K]$$

$\rho_a \cdot C_a = 0,34$  est la chaleur volumique de l'air

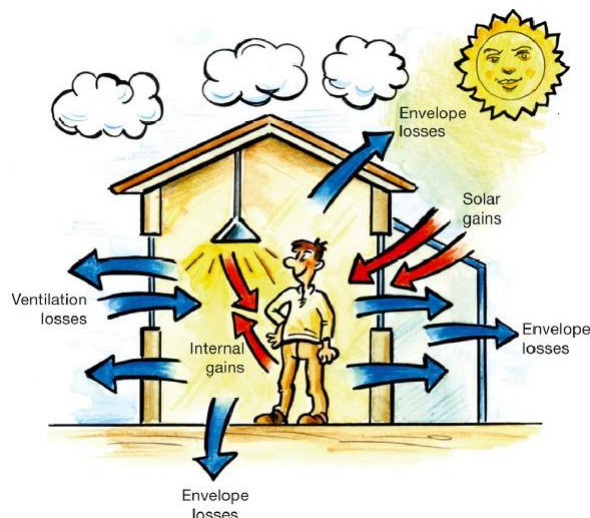
$Q_v$  est le débit de l'air

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

23

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------



14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

24

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

**Plus les pertes sont grandes plus la puissance nécessaire pour le maintien de la température interne à un certain niveau est grande**

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 25

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

**Les déperdition par transmission (Rappels et compléments)**

$$\Phi[W] = (U[W/m^2 \cdot K] \times S[m^2] + \psi [W/m \cdot K] \times L [m]) \times (T_{int} - T_{ext}) [K]$$

Le U est un facteur important : il mesure le degré de l'isolation de la paroi.

Le  $\psi$  mesure l'importance des ponts thermiques

Et l'énergie nécessaire? Comment l'évaluer?

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 26

Introduction	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	------------------	----------------------	--------------------

Type de paroi	Paroi en contact avec : - l'extérieur - un passage ouvert - un local ouvert	Paroi en contact avec : - un autre local fermé - un comble - un vide sanitaire
- verticale (ou d'inclinaison supérieure à 60°)	0,17	0,22
- autres : • flux ascendant • flux descendant	0,14 0,22	0,18 0,34

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \dots + \frac{1}{h_e}}$$

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 27

Introduction	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	------------------	----------------------	--------------------

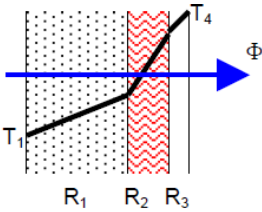
  

**Exemple :** Calcul du coefficient de transmission thermique d'un doublement en briques, d'une lame d'air.

Enduit plâtre,  $\lambda_1 = 0,35 \text{ W/m.K}$  ;  $r_1 = e_1 / \lambda_1 = 0,02 / 0,35 = 0,057$   
 Briques creuses,  $e_2 = 10 \text{ cm}$  .....  $r_2 = 0,20$   
 Lame d'air,  $e_3 = 4 \text{ cm}$  .....  $r_3 = 0,16$   
 Briques creuses,  $e_4 = 10 \text{ cm}$  .....  $r_4 = 0,20$   
 Enduit mortier,  $\lambda_5 = 1,15 \text{ W/m.K}$  ....  $r_5 = 0,02$   
 Résistances superficielles .....  $+ = 0,17$   
 $U = 1,23 \text{ W/m}^2.\text{K}$

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 28

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

$$T_1 - T_2 = R_1 \times \Phi$$

$$T_2 - T_3 = R_2 \times \Phi$$

$$T_3 - T_4 = R_3 \times \Phi$$

$$\Rightarrow T_1 - T_4 = (R_1 + R_2 + R_3) \times \Phi$$

$$\Rightarrow T_1 - T_4 = \left( \sum_{i=1}^3 R_i \right) \times \Phi$$

R<sub>1</sub>   R<sub>2</sub>   R<sub>3</sub>

14/01/2019
Mohammed TAJAYOUTI
29

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

**Apports d'énergie solaire et gains internes :**  
**Ces apports atténuent les déperditions, ce sont des gains gratuits**  
**Exemple : les apports dus au soleil**



14/01/2019
Mohammed TAJAYOUTI
30

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

### **Les ponts thermiques**

Un pont thermique est une partie de l'enveloppe du bâtiment où la résistance thermique, par ailleurs uniforme, est modifiée de façon sensible par :

la pénétration totale ou partielle de l'enveloppe du bâtiment par des matériaux ayant une conductivité thermique différente comme par exemple les systèmes d'attaches métalliques qui traversent une couche isolante.

Et/ou

un changement local de l'épaisseur des matériaux de la paroi ce qui revient à changer localement la résistance thermique.

Et/ou

une différence entre les surfaces intérieure et extérieure, comme il s'en produit aux liaisons entre parois.

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

31

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

### **Les ponts thermiques – effets**

Les ponts thermiques entraînent des déperditions supplémentaires qui peuvent dépasser, pour certains bâtiments, 40 % des déperditions thermiques totales à travers l'enveloppe.

Un autre effet néfaste des ponts thermiques, souvent négligé, est le risque de condensation superficielle côté intérieur dans le cas où il y a abaissement des températures superficielles à l'endroit du pont thermique (apparition de moisissures)

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

32



Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------






14/01/2019

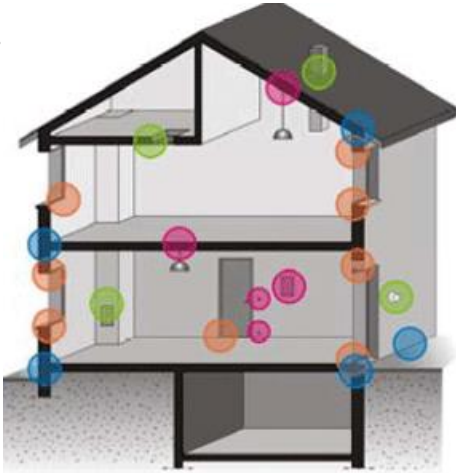
Mohammed TAJAYOUTI

33

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

### Les types des ponts thermiques



14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

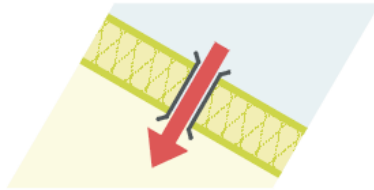
34

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

### Les ponts thermiques constructifs :

Les matériaux isolants ont généralement des capacités limitées en matière de résistance aux contraintes mécaniques.

Le principe de la continuité de la couche isolante n'a pas été respecté, ou n'a pu l'être dans certains cas, à certains endroits.



14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

35

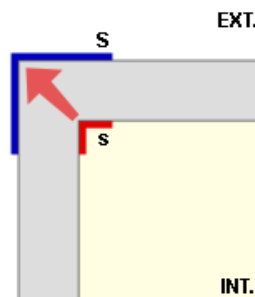
Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

### Les ponts thermiques géométriques:

Ce type de pont thermique est dû à la forme de l'enveloppe à un endroit.

A cet endroit, la surface de la face extérieure est beaucoup plus grande que la surface de la face intérieure.

La surface chauffée (intérieure) est plus petite que la surface de refroidissement (extérieure)



14/01/2019

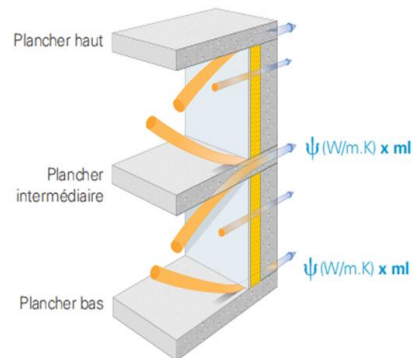
Mohammed TAJAYOUTI

36

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

### Les ponts thermiques structurels:

Ils caractérisent les déperditions liées à la technique de mise en œuvre et correspondent aux liaisons, le plus souvent structurelles, planchers refends, angles, fenêtres-parois, etc.



14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

37

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

L'éclairage

Le chauffage

**Le refroidissement**

L'eau chaude sanitaire ECS

La ventilation

L'électroménager

Les appareils spécifiques

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

38

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

Un milieu de travail où la température est trop élevée a tendance à accroître la fatigue des employés.

En revanche, un endroit trop froid diminue la concentration des employés et les rend agités.

On peut utiliser comme points de repère les seuils suivants :

- ✓ 24 °C : Les gens ont chaud; ils deviennent léthargiques et somnolents.
- ✓ 22 °C : C'est la température intérieure idéale à longueur d'année pour les personnes sédentaires.
- ✓ 21 °C : C'est la température qui convient le mieux au travail intellectuel.
- ✓ 18 °C : Les personnes physiquement inactives commencent à grelotter et celles qui bougent se sentent bien.

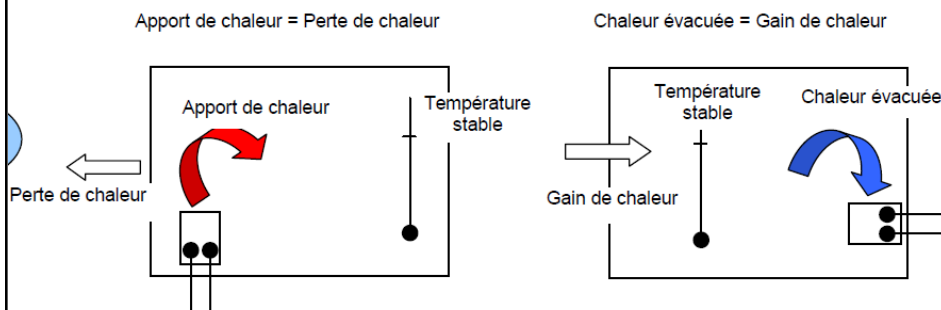
Sous notre climat, le refroidissement s'avère nécessaire pendant la période des chaleurs.

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

39

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------



14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

40

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

### Les modes de transfert de chaleur (rappels et compléments)

La chaleur passe naturellement de zones chaudes aux zones froides, en utilisant essentiellement quatre modes de transport:

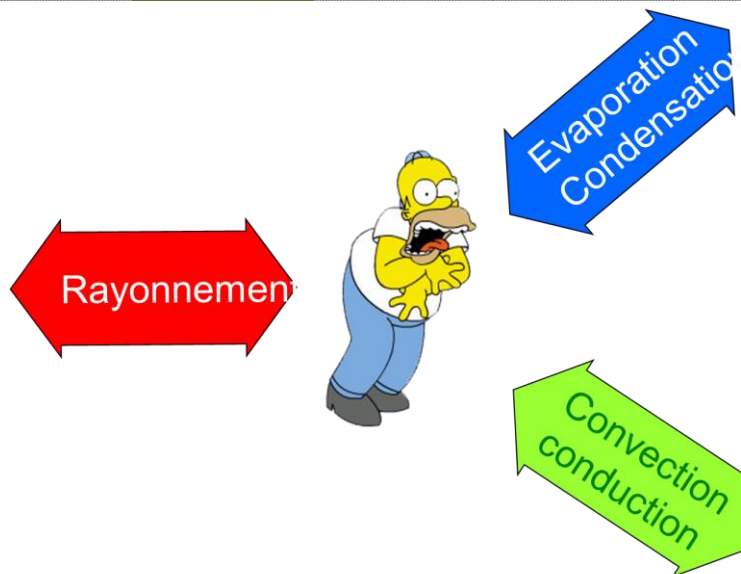
- ✓ La conduction, qui est la transmission de proche en proche de l'agitation moléculaire par chocs entre molécules;
- ✓ La convection, transport de chaleur par transport (naturel ou forcé) de matières chaudes vers une zone froide ou vice versa;
- ✓ Le rayonnement, ou transport de chaleur par émission et absorption de rayonnement électromagnétique par les surfaces des corps;
- ✓ L'évaporation-condensation: la chaleur cédée à un matériau pour l'évaporer est restituée à la surface sur laquelle la vapeur se condense.

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

41

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------



14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

42

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

A 3D cutaway diagram of a room. Inside the room, there is a red thermometer on the floor and three horizontal orange pipes (heaters) mounted on the wall. A blue arrow points from the room towards a thermometer outside the room, which is also on a blue surface.

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 43

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

A 3D cutaway diagram of a room, similar to the one above. Inside the room, there is a red thermometer on the floor and a heater on the wall. Red curved arrows indicate heat circulation within the room. A blue arrow points from the room towards a thermometer outside the room, which is also on a blue surface. A red arrow points from the heater towards the room.

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 44

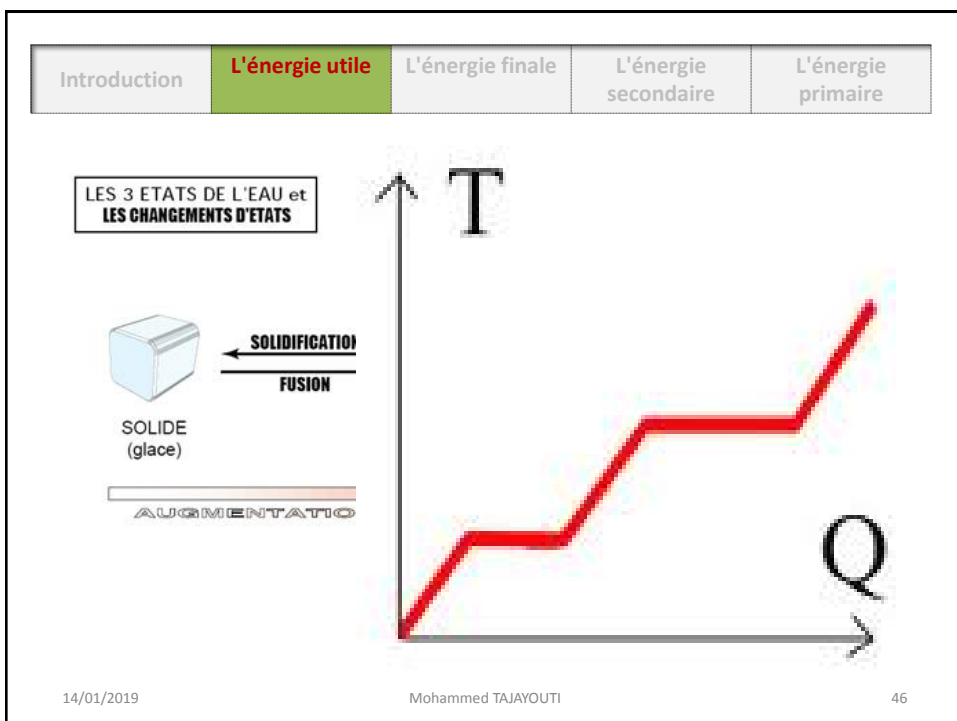
Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

Cauffage rayonnant

Flux de chaleur

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 45



Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

### Le bilan thermique été

Pour déterminer la puissance des équipements de climatisation destiné à maintenir les conditions de confort dans les locaux desservis, il est nécessaire d'établir un bilan thermique.

Dans ce bilan interviennent les différents apports et pertes de chaleur susceptibles de modifier l'équilibre thermique du local.

On classe ces apports selon leur origine (externe ou interne) et leur nature (chaleur sensible ou latente), les principaux apports sont :

#### 1. Apports externes :

- Apports solaires
- Apports par transmission (écart de température extérieur/intérieur)
- Apports par infiltration (renouvellement d'air, infiltration)

#### 2. Apports internes

occupants

éclairage

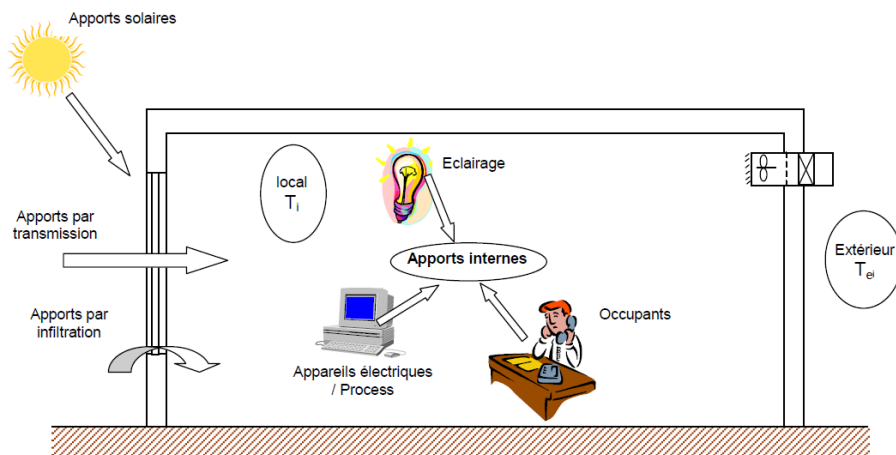
appareils électriques

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

47

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------



14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

48



Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

### Le bilan thermique été - difficultés

L'établissement du bilan thermique été est une opération longue et compliquée pour plusieurs raisons :

les apports internes et externes varient dans le temps

la transmission de la chaleur dans les parois doit prendre en compte une géométrie bi voire tri dimensionnelle : ponts thermiques, liaison avec le sol.

les variables climatiques : température, ensoleillement, humidité ne sont pas toujours connues avec précision.

D'où le recours aux moyens informatiques

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

49

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

### Le bilan thermique été : choix des conditions d'ambiances

Elles sont fonction de l'affectation du local et de l'activité des occupants.

#### Optima

Logements : Bureaux 23°C à 25°C et 40% à 50%

Commerces : 24°C à 26°C et 45 % à 50 %

#### Economique

Logements : Bureaux 26°C à 28°C et 45% à 55%

Commerces : Bureaux 26°C à 28°C et 45% à 55%

On peut aussi abaisser la température intérieure par rapport à l'extérieur de 6°C à 10°C

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

50

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

### Le bilan thermique été - Apports par insolation (par rayonnement)

L'intensité du rayonnement solaire reçu par une paroi d'orientation donnée dépend de la hauteur de ce dernier (donc de la saison) et de l'angle formé par sa direction et le plan de la paroi. Ces valeurs angulaires varient selon l'heure de la journée.

14/01/2019

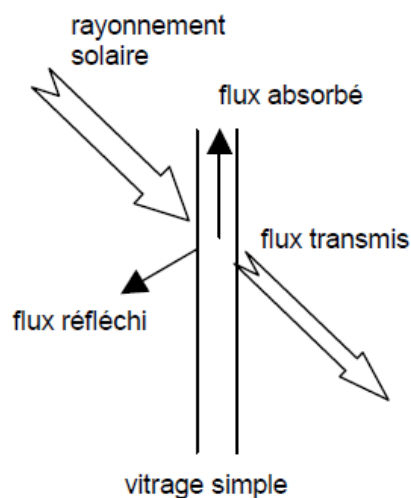
Mohammed TAJAYOUTI

51

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

### Le bilan thermique été Parois vitrées

Lorsque le rayonnement ( $\Phi$ ) exprimé en  $W/m^2$  est transmis ( $\phi_t$ ) dans le



nent)  
orifique  
le reste

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

52

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

### Le bilan thermique été - Apports par insolation (par rayonnement), Parois opaques

Le rayonnement solaire ne traverse pas directement la paroi opaque, la part absorbée chauffe la surface extérieure de la paroi dont la température est supérieure à la température extérieure.

On introduit un écart de température fictif (qui dépend de la couleur, de l'orientation, matériaux, épaisseur etc.)

On doit en fait tenir compte de l'inertie de la paroi qui tend à retarder la transmission.

$$\Phi(W) = U \times S \times (t_{ef} - t_i)$$

$t_{ef}$  : température extérieure fictive

$t_i$  : température intérieure

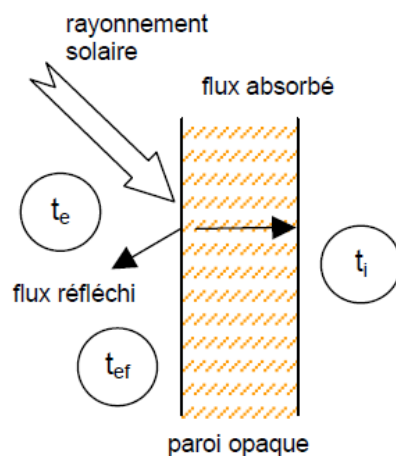
$t_e$  : température extérieure réelle

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

53

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------



14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

54

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

### Le bilan thermique été - Apports renouvellement d'air

L'air pénètre naturellement dans les locaux du fait des défauts d'étanchéité des ouvrants (portes, fenêtres) et de la présence d'orifice de ventilation et mécaniquement par le ventilation mécanique contrôlée (VMC) sous l'action d'un ventilateur.

La quantité de chaleur apportée au local dépend de l'écart d'enthalpie air extérieur / air intérieur et du débit d'air.

$$\Phi(W) = q_{mas} \times \Delta h \text{ (kW)}$$

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

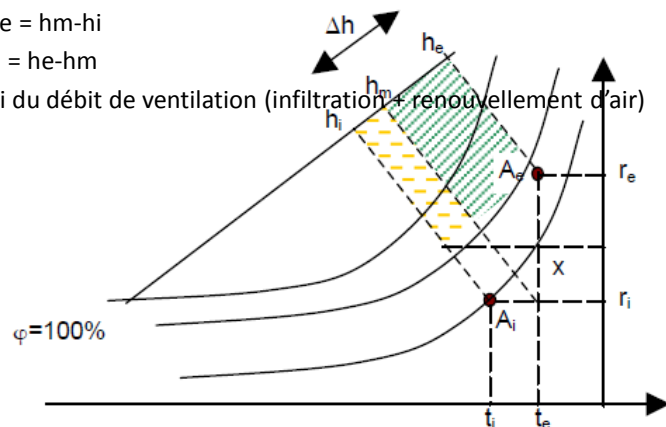
55

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

La chaleur introduite dans le local dépend de l'écart entre les conditions extérieure (Ae) et intérieure (Ai).

- chaleur sensible =  $h_m - h_i$
- chaleur latente =  $h_e - h_m$

Elle dépend aussi du débit de ventilation (infiltration + renouvellement d'air)



14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

56

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

## Le bilan thermique été - les apports internes –

**Occupants.** Selon l'activité et les condition de température intérieure, le corps humain dégage de la chaleur sous forme sensible et latente. Le tableau ci dessous donne ces valeurs pour deux types d'activité.

$$Q(S \text{ ou } L) = \text{Nbre} \times C(S \text{ ou } L) \text{ (W)}$$

**Appareils électriques.** Lorsqu'ils sont en fonctionnement, les appareils électriques dégagent, sous forme de chaleur, la totalité de la puissance absorbée.

Selon le type d'appareil cette chaleur est dissipée uniquement sous forme sensible ou en une combinaison de chaleur sensible et latente

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

57

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

L'éclairage

Le chauffage

Le refroidissement

**L'eau chaude sanitaire ECS**

La ventilation

L'électroménager

Les appareils spécifiques

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

58

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

## Les besoins en eau chaude sanitaire (ECS)

La production d'ECS est dimensionnée en tenant compte de la capacité et de la puissance à installer afin de permettre la satisfaction de l'ensemble des besoins sur l'ensemble de la journée.

Les principaux critères généralement admis sont :

- ✓ Le débit instantané
- ✓ Le débit de pointe sur dix minutes
- ✓ Le débit horaire maximal
- ✓ La consommation globale journalière

On doit aussi tenir compte des critères de type quantitatifs (nombre de personnes, de points de puisage, de chambre, etc.) et qualitatif (type de logement, catégorie d'hôtel, etc.)

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

59

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

## Les besoins en eau chaude sanitaire – débits de base-

Appareils sanitaires	Débit (l/s)
Évier – timbre office	0,20
Lavabo	0,20
Bidet	0,20
Baignoire	0,33
douche	0,20

On rappelle l'Energie nécessaire est de :

$$Q [J] = C [J/kg.K] \times m [kg] \times (T_c - T_f) [K] ,$$

$$C = 4180 J/kg.K$$

$$C = 1,163 Wh/kg.K$$

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

60

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

### Les besoins en eau chaude sanitaire – méthode d'évaluation

$$E_a \text{ [kWh/an]} = E_j \text{ [kWh/j]} \times N_j \text{ [j/an]}$$

$E_a$  : consommation annuelle

$E_j$  : consommation quotidienne moyenne [kWh/j],

$N_j$  : nombre de jours de consommation d'eau chaude par an [j/an].

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

61

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

### Les besoins en eau chaude sanitaire – habitat individuel

1 évier par logement :  $E_j = 1,3 + 0,3 \times N_p$

1 évier + 1 lavabo :  $E_j = 2,5 + 0,9 \times N_p$

1 évier + 1 lavabo + 1 douche :  $E_j = 3,5 + 0,9 \times N_p$

1 évier + 1 lavabo + 1 petite baignoire :  $E_j = 2,0 + 1,3 \times N_p$

1 évier + 1 lavabo + 1 grande baignoire :  $E_j = 3,8 + 1,3 \times N_p$

1 évier + 1 lavabo + 1 grande baignoire + 2e cabinet de toilette :  
 $E_j = 3,8 + 1,8 \times N_p$

$N_p$  : nombre d'occupants

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

62

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

**Les besoins en eau chaude sanitaire – habitat collectif**

1 évier par logement :  $E_j = 1,3 \times N_{app} + 0,3 \times N_{hab}$

1 évier + 1 lavabo :  $E_j = 2,5 \times N_{app} + 0,9 \times N_{hab}$

1 évier + 1 lavabo + 1 douche :  $E_j = 3,5 \times N_{app} + 0,9 \times N_{hab}$

1 évier + 1 lavabo + 1 petite baignoire :  $E_j = 2,0 \times N_{app} + 1,3 \times N_{hab}$

1 évier + 1 lavabo + 1 grande baignoire :  $E_j = 3,8 \times N_{app} + 1,3 \times N_{hab}$

1 évier + 1 lavabo + 1 grande baignoire + 2e cabinet de toilette :  
 $E_j = 3,8 \times N_{app} + 1,8 \times N_{hab}$

Napp : nombre de logements  
 N hab : nombre d'habitants

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 63

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

**LES besoins en eau chaude sanitaire – Tertiaire**

- ✓ INTERNATS, FOYERS (N = nombre d'occupants) :  $E_j = 2,8 \times N$
- ✓ CASERNES (N= nombre d'occupants) :  $E_j = 1,9 \times N$
- ✓ HOTELS (N4 = nombre de lits, N0 = nombre de salles de bains) :  $E_j = 3,4 \times N_4 + 2,5 \times N_0$
- ✓ RESTAURATION (N1 = nombre de places assises, N2 = nombre de repas servis par jour)
  - ✓ restauration d'hôtel :  $E_j = 1,45 \times N_1$
  - ✓ restauration indépendante normale :  $E_j = 0,55 \times N_2$
  - ✓ restauration rapide :  $E_j = 0,15 \times N_2$
- ✓ CUISINES (N2 = nombre de repas servis par jour)
  - ✓ cuisine collective avec préparation complète :  $E_j = 0,6 \times N_2$
  - ✓ cuisine collective relais d'une cuisine centrale :  $E_j = 0,3 \times N_2$
- ✓ HOPITAUX (N4 = nombre de lits) :  $E_j = 6,0 + 0,2 \times N_4$
- ✓ BUREAUX (N = nombre d'occupants) :  $E_j = 0,22 \times N$
- ✓ CENTRES SPORTIFS (N3 = nombre de visiteurs par jour) :
  - ✓ salles de sports avec douches :  $E_j = 3 \times N_3$
  - ✓ piscines, avec douches :  $E_j = 4 \times N_3$
- ✓ BUANDERIES (M = kg de linge lavé par jour) :  $E_j = 40 \times M$

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 64



Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

L'éclairage

Le chauffage

Le refroidissement

L'eau chaude sanitaire ECS

**La ventilation**

L'électroménager

Les appareils spécifiques

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 65

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

**La ventilation**

**Deux contraintes pas toujours faciles à respecter**

**les bâtiments doivent être construits de manière à ce que les surfaces transporteurs de la chaleur, y compris les joints, soient étanches à l'air en permanence...**

**les bâtiments doivent être construits de manière à ce que le renouvellement minimum de l'air nécessaire pour la santé et le chauffage soit assuré.**

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 66

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

### La ventilation – confort respiratoire

Divers paramètres agissent sur la qualité de l'air et l'homme est extrêmement sensible à d'infimes variations dans sa composition.

Par exemple, la proportion de CO<sub>2</sub> dans l'air frais est normalement d'environ 0,03 %. (300 ppm)

Lorsque cette teneur atteint 0,15 % en volume soit 1 500 ppm, l'air du local est considéré comme de l'air vicié.

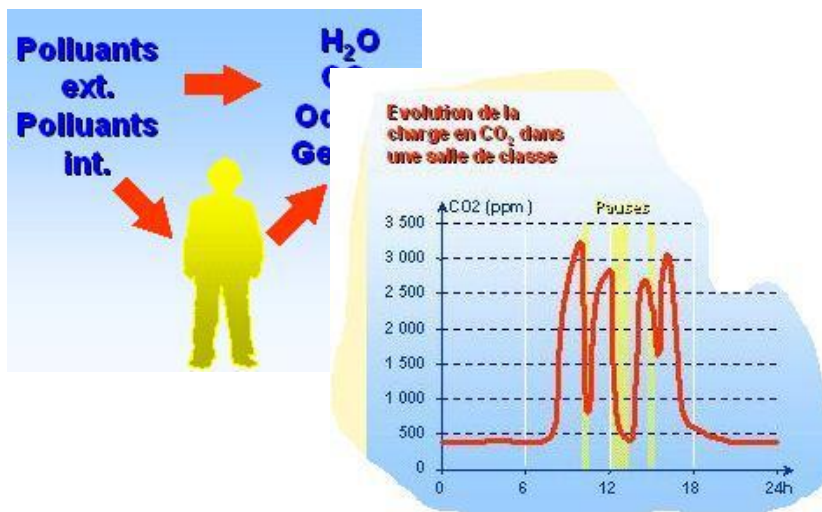
Au-delà de 4 000 ppm, des maux de tête et des problèmes de concentration apparaissent.

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

67

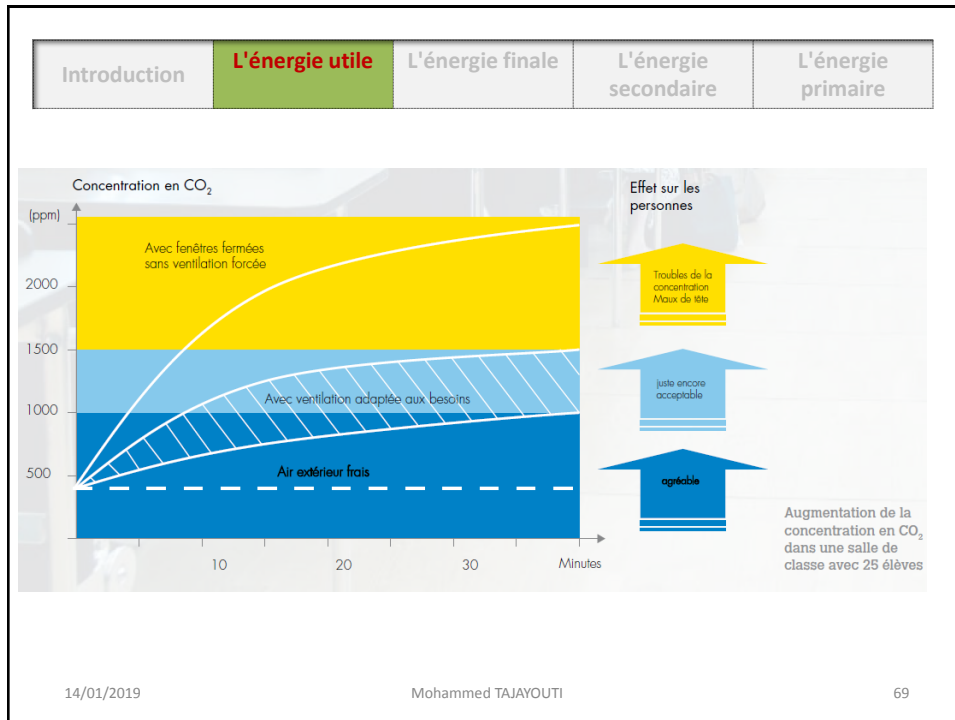
Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------



14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

68



Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

### Conséquences d'une mauvaise ventilation

- ✓ **Maladies respiratoires, intoxications mortelles.**  
Des polluants tels que les formaldéhydes, la fumée de tabac peuvent provoquer des maladies respiratoires.  
Le monoxyde de carbone, dû à un défaut de fonctionnement des appareils à combustion et à une mauvaise ventilation, peut provoquer des intoxications graves voire mortelles
- ✓ **Moisissures.**  
Une forte humidité dans l'air entraîne le développement de moisissures, de champignons et autres microorganismes.  
Les conséquences peuvent être visibles sur le bâti mais peuvent également être ressenties par les occupants (risques d'allergies, affections respiratoires diverses).
- ✓ **Et aussi**  
Fortes déperditions par renouvellement d'air. Une ventilation mal dimensionnée (débit d'air neuf trop important) engendre une surconsommation d'énergie.  
Nuisances sonores. Une ventilation mal dimensionnée ou mal installée (vitesse d'air trop élevée au niveau des bouches, transmission des vibrations) engendre une gêne acoustique dans les pièces.

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

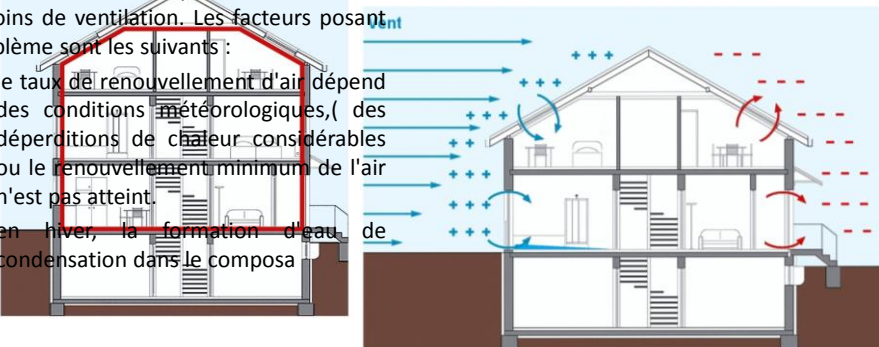
70

Introduction	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	------------------	----------------------	--------------------

**Ventilation par les joints :**

La ventilation par les joints n'est pas contrôlable et correspond rarement aux besoins de ventilation. Les facteurs posant problème sont les suivants :

- ✓ le taux de renouvellement d'air dépend des conditions météorologiques, (des déperditions de chaleur considérables ou le renouvellement minimum de l'air n'est pas atteint
- ✓ en hiver, la formation d'eau de condensation dans le composa



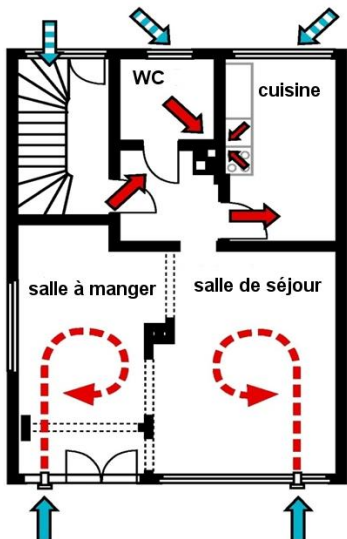
14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 71

Introduction	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	------------------	----------------------	--------------------

**Ventilation par les joints :**

La ventilation par les joints n'est pas contrôlable et correspond rarement aux besoins de ventilation. Les facteurs posant problème sont les suivants :

- ❑ le taux de renouvellement d'air dépend des conditions météorologiques, des déperditions de chaleur parfois considérables se constituent, ou le renouvellement minimum de l'air n'est pas atteint.
- ❑ en hiver, la formation d'eau de condensation dans le composa



14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 72

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

### La ventilation – confort thermique (rappels et compléments)

Le confort thermique est influencé par :

- ✓ La température de l'air
- ✓ La température des surfaces
- ✓ L'humidité relative
- ✓ La vitesse de l'air
- ✓ Le rayonnement

Les influences

PSE

✓ La condition physique

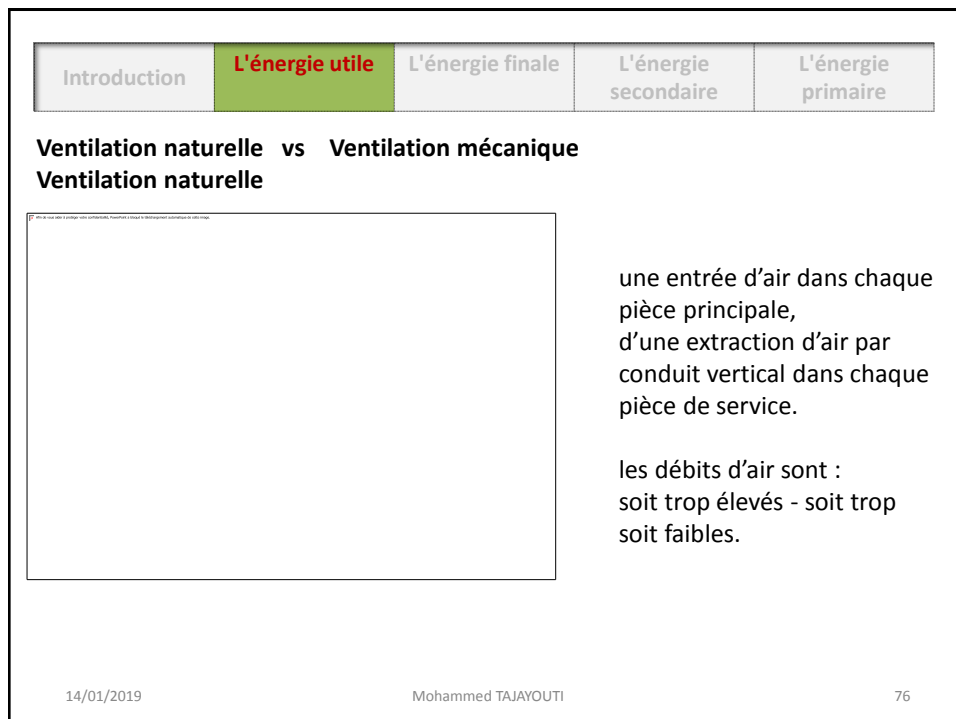
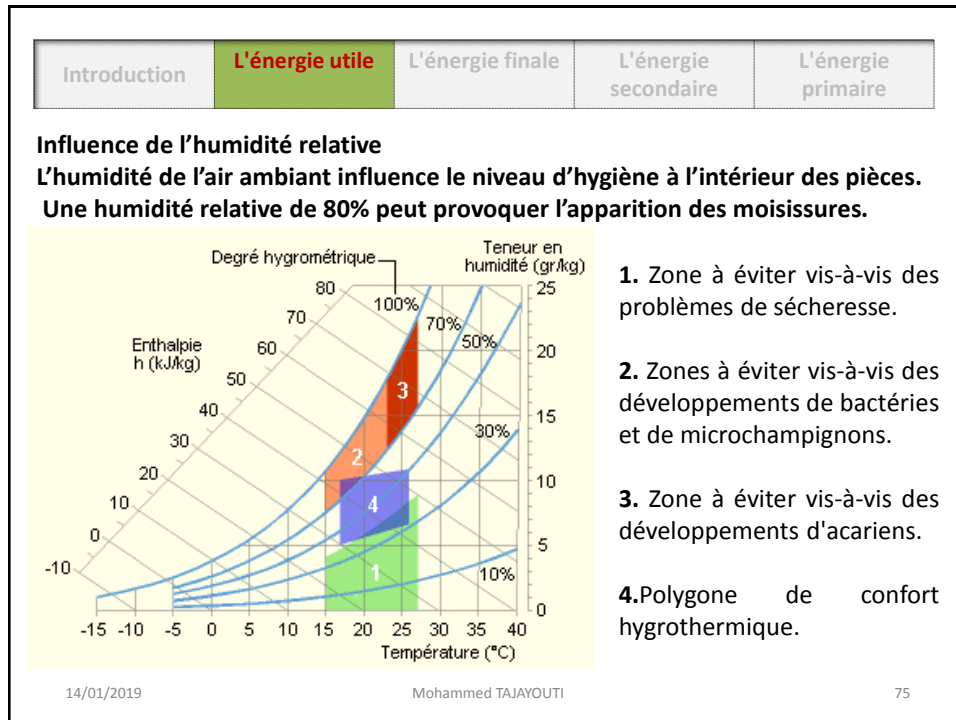
14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 73

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

### La ventilation – humidité de l'air (rappels et compléments)

Chaque jour environ 10 à 15 litres d'eau sous la forme d'humidité de l'air sont émis dans un logement et doivent être évacués par l'aération.

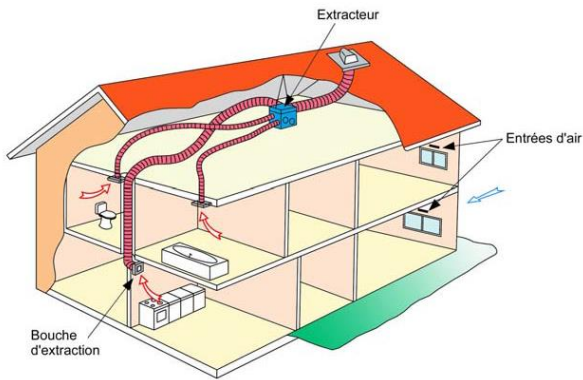
14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 74



Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

## Ventilation naturelle vs Ventilation mécanique

### Ventilation mécanique



**la ventilation mécanique simple flux** : l'amenée d'air est naturelle et l'extraction est mécanique.

• **la ventilation mécanique double flux** : l'amenée d'air et l'extraction sont mécaniques.

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

77

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

L'éclairage

Le chauffage

Le refroidissement

L'eau chaude sanitaire ECS

La ventilation

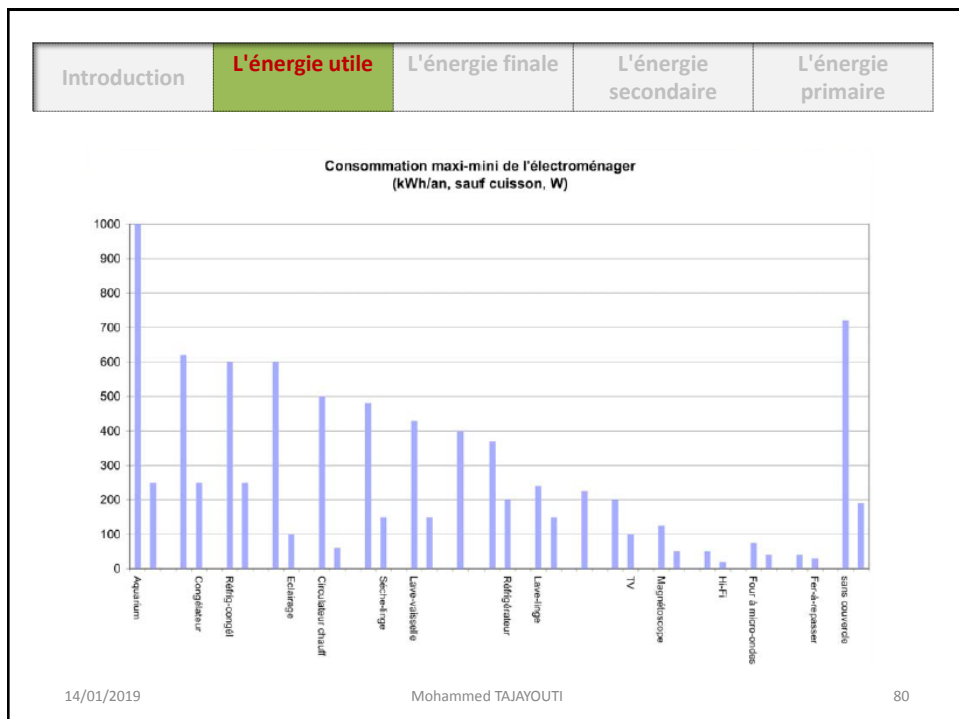
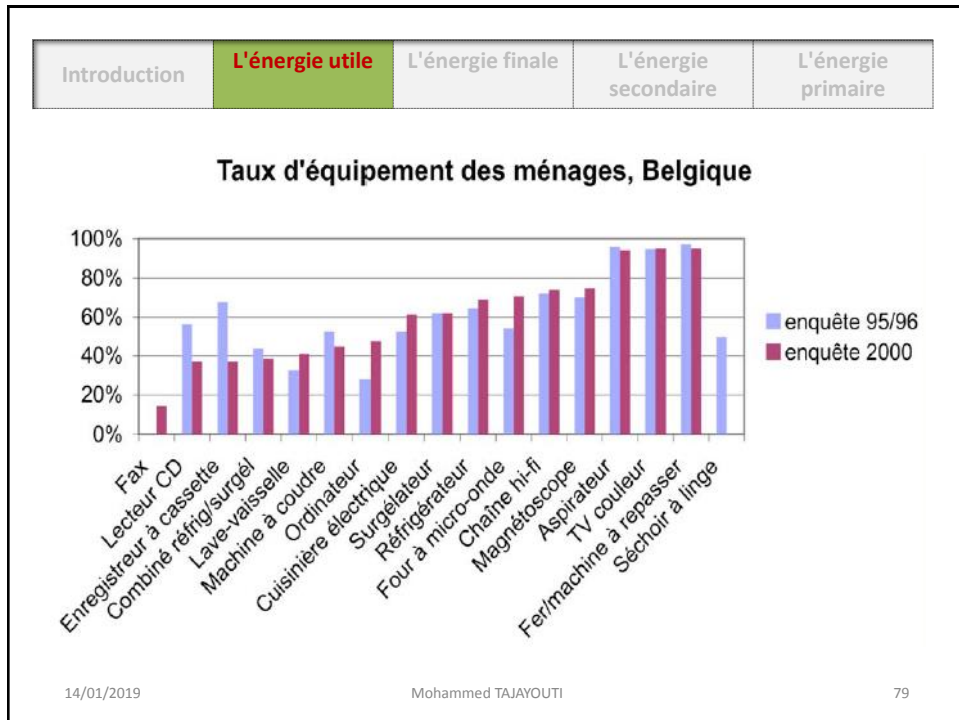
**L'électroménager**

Les appareils spécifiques

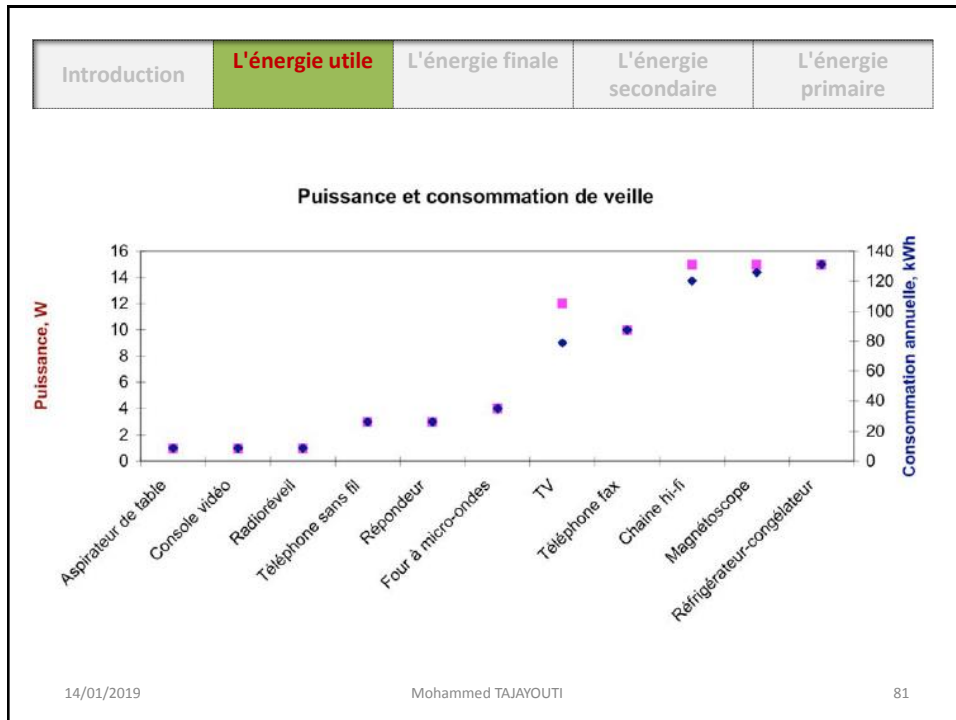
14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

78







Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

L'éclairage  
 Le chauffage  
 Le refroidissement  
 L'eau chaude sanitaire ECS  
 La ventilation  
 L'électroménager  
**Les appareils spécifiques**

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 82

Introduction	<b>L'énergie utile</b>	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	------------------------	------------------	----------------------	--------------------

## Quelques appareils spécifiques

**L'ascenseur et les montes charges**

**Les surpresseurs et les pompes**

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

83

Introduction	L'énergie utile	<b>L'énergie finale</b>	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	-------------------------	----------------------	--------------------

Les formes d'énergie les plus utilisées dans le secteur du bâtiment au Maroc sont :

- ✓ l'électricité
- ✓ Le gaz
- ✓ Le fioul
- ✓ Le bois

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

84

Introduction	L'énergie utile	<b>L'énergie finale</b>	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	-------------------------	----------------------	--------------------

**L'électricité**

Le gaz

Le fioul

Le bois, charbon de bois

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 85

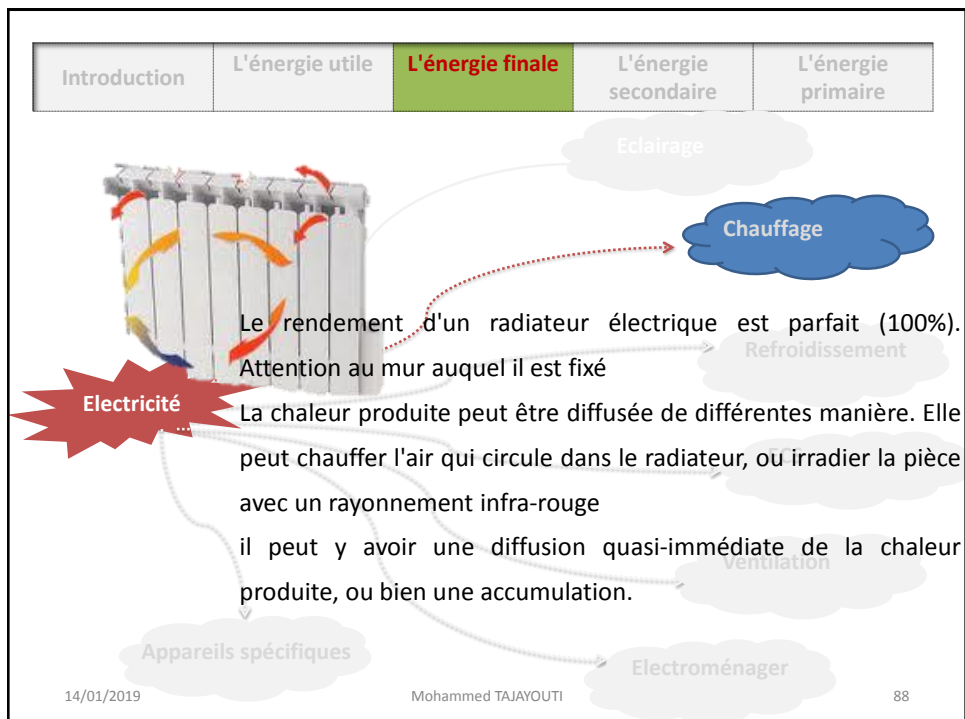
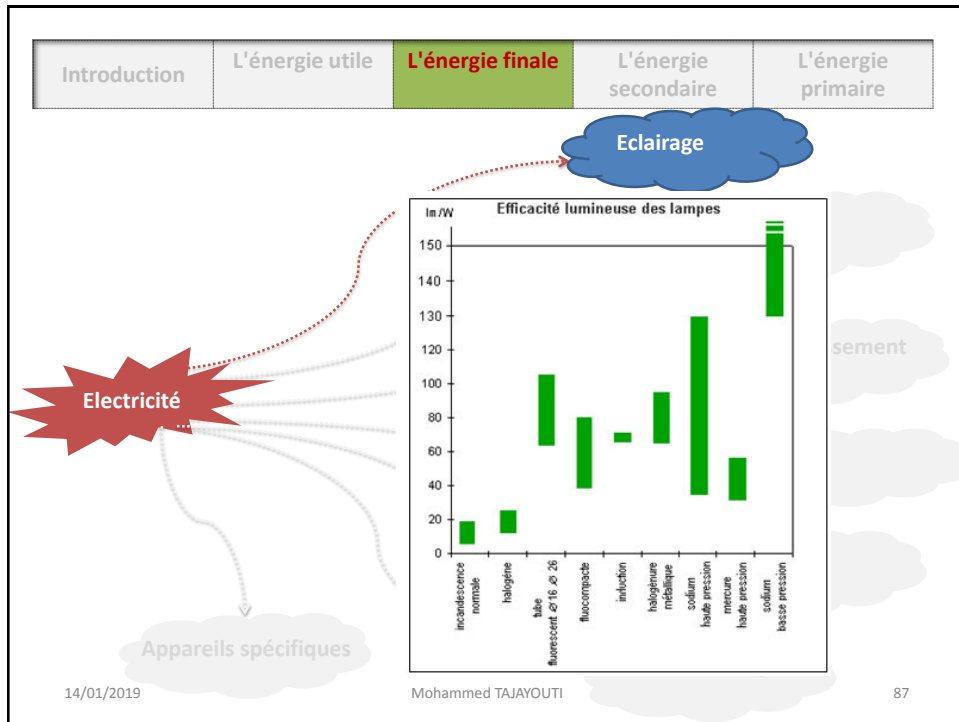
Introduction	L'énergie utile	<b>L'énergie finale</b>	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	-------------------------	----------------------	--------------------

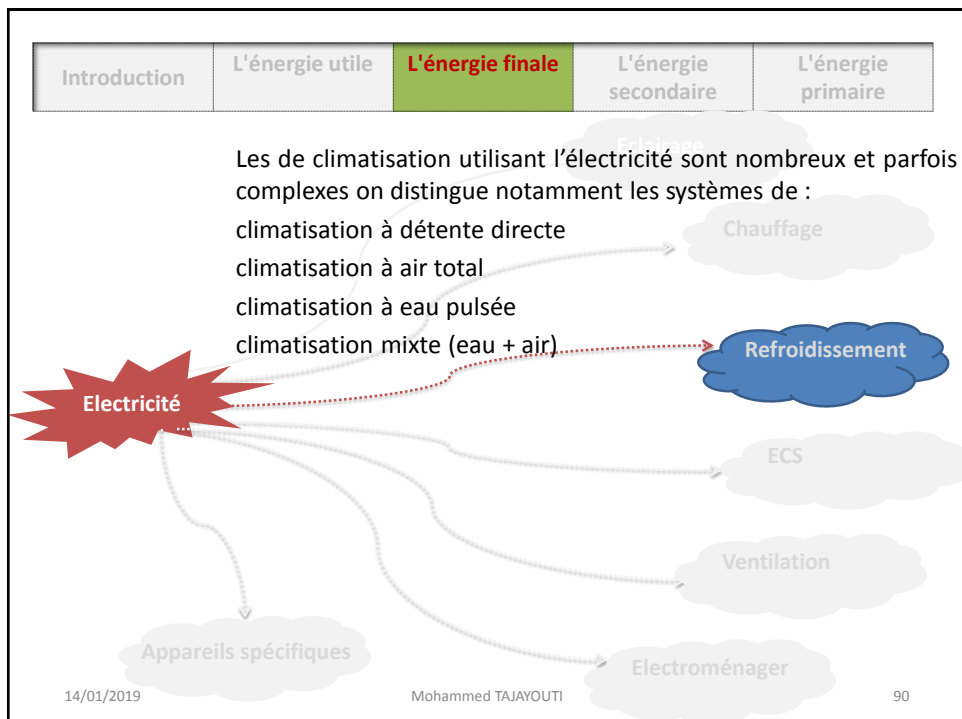
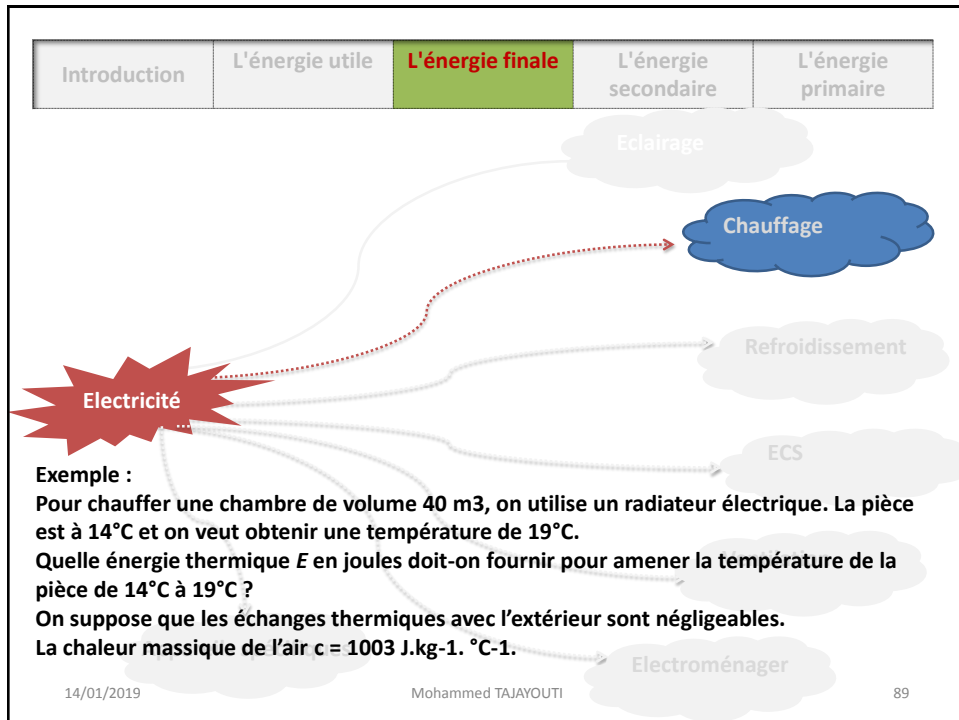
L'électricité est une énergie secondaire. C'est la forme d'énergie la plus noble car elle permet toutes les utilisations.

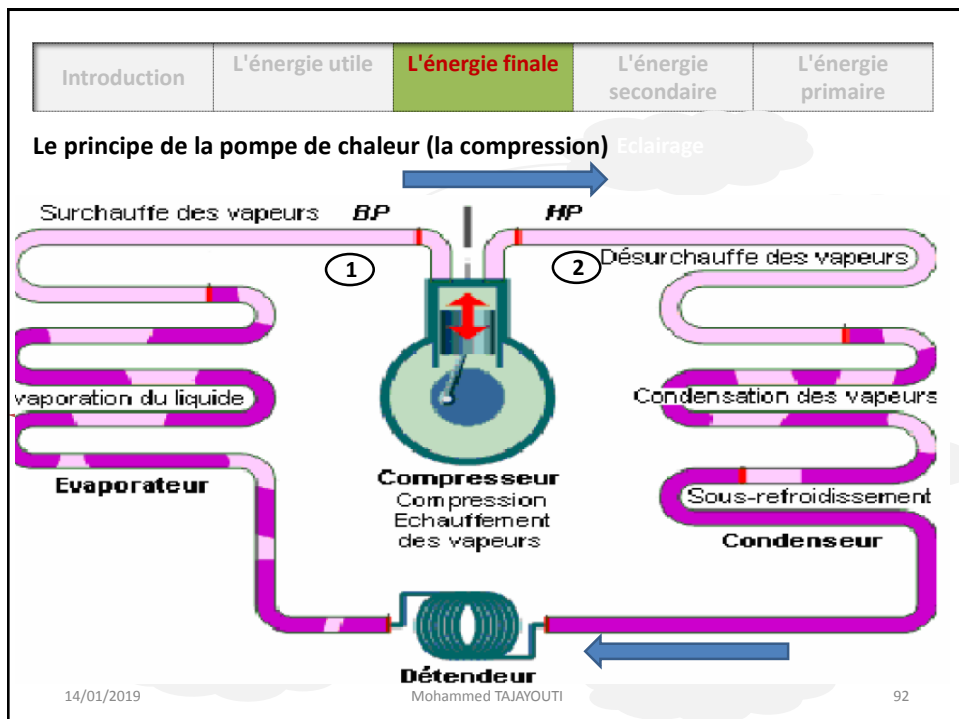
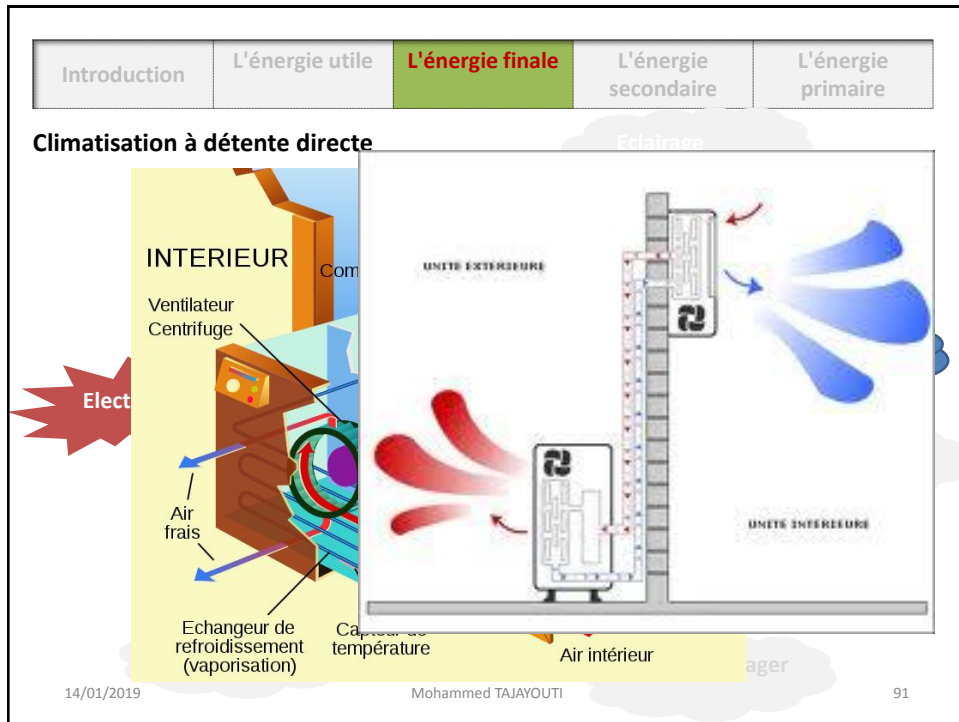
```

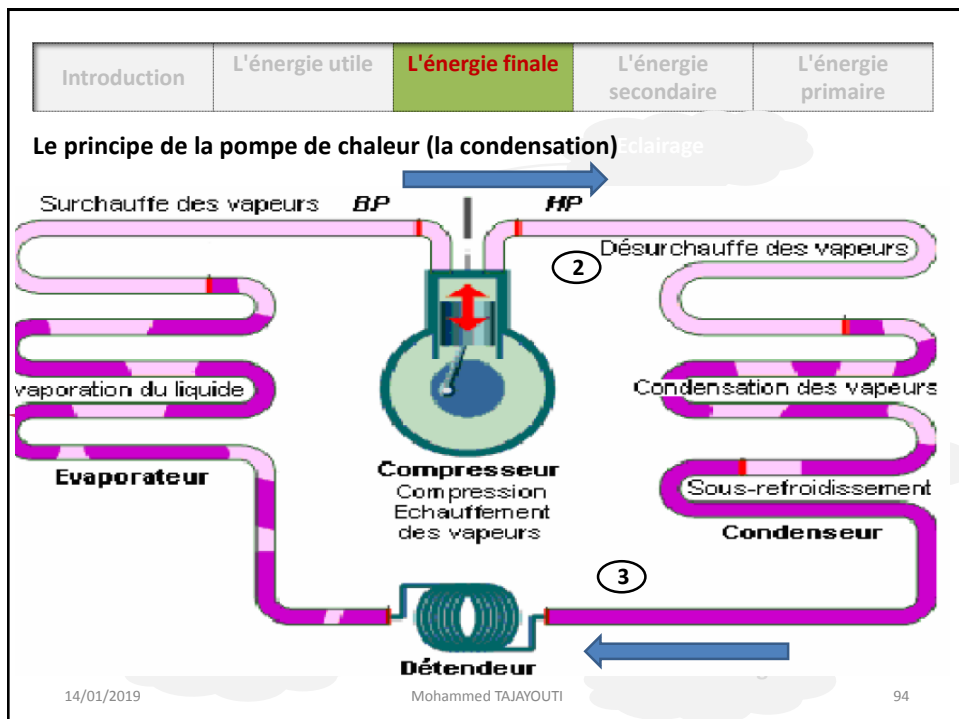
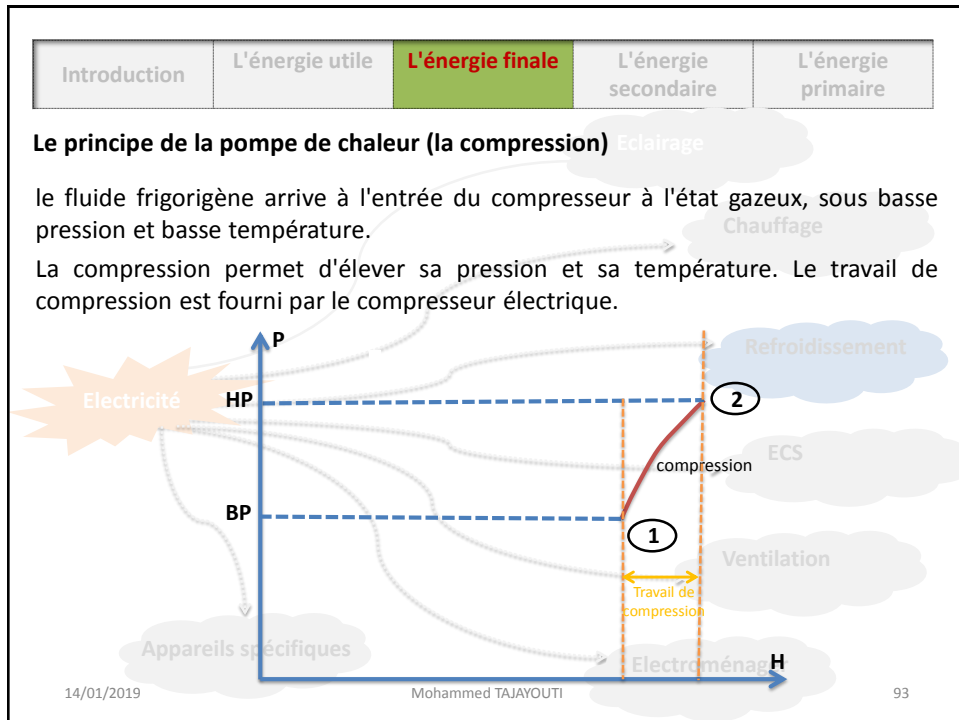
graph LR
    Electricité((Electricité)) --> Eclairage((Eclairage))
    Electricité --> Chauffage((Chauffage))
    Electricité --> Refroidissement((Refroidissement))
    Electricité --> ECS((ECS))
    Electricité --> Ventilation((Ventilation))
    Electricité --> Electroménager((Electroménager))
    Electricité --> Appareils_spcifiques((Appareils spécifiques))
  
```

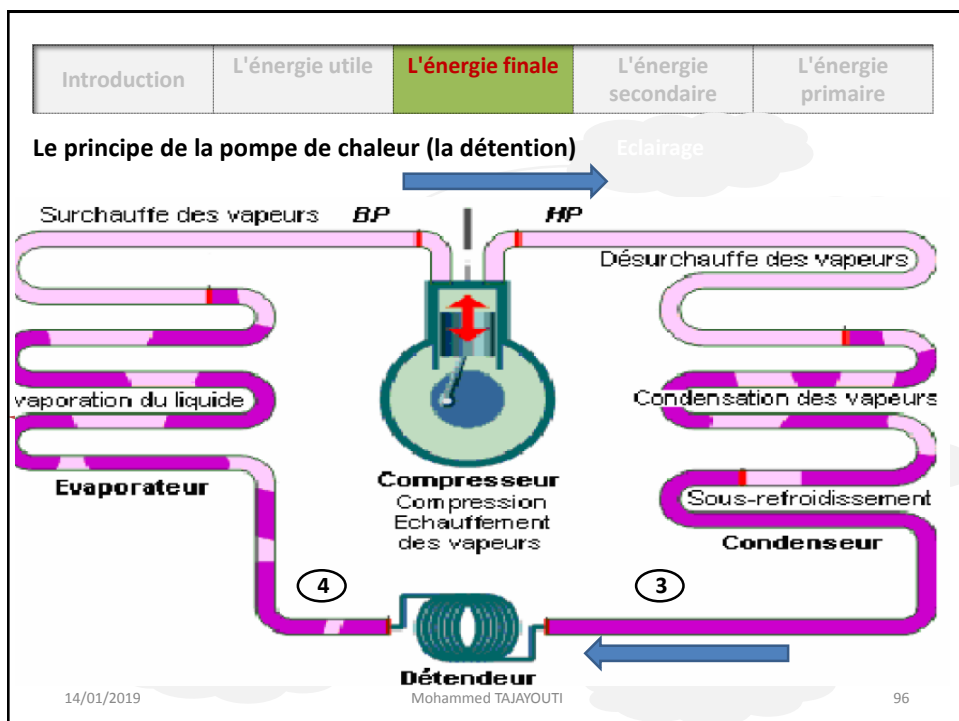
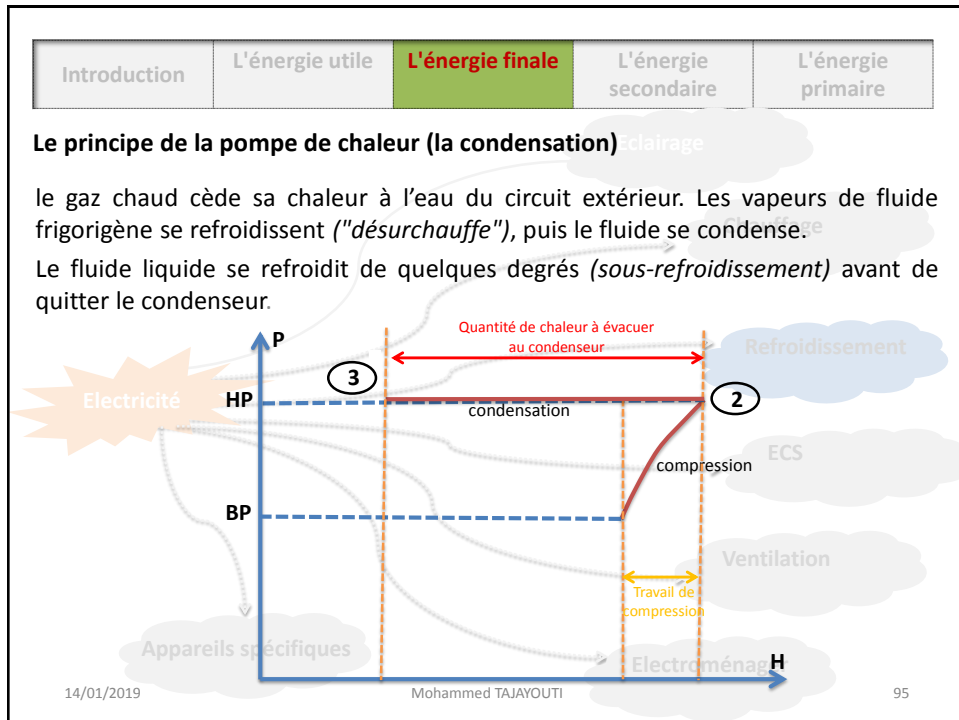
14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 86



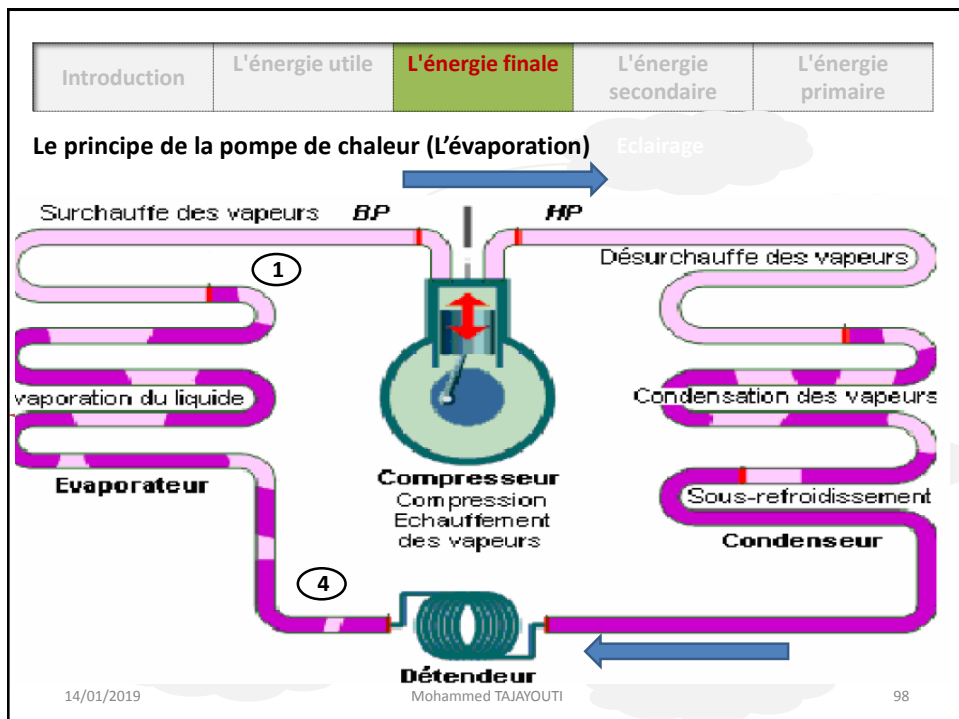
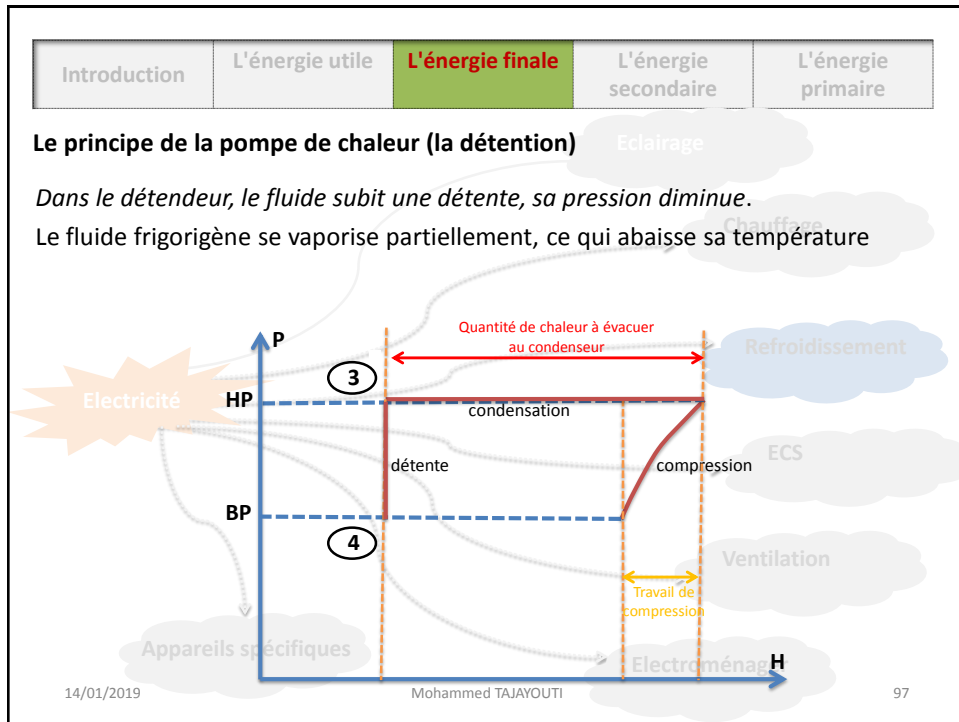


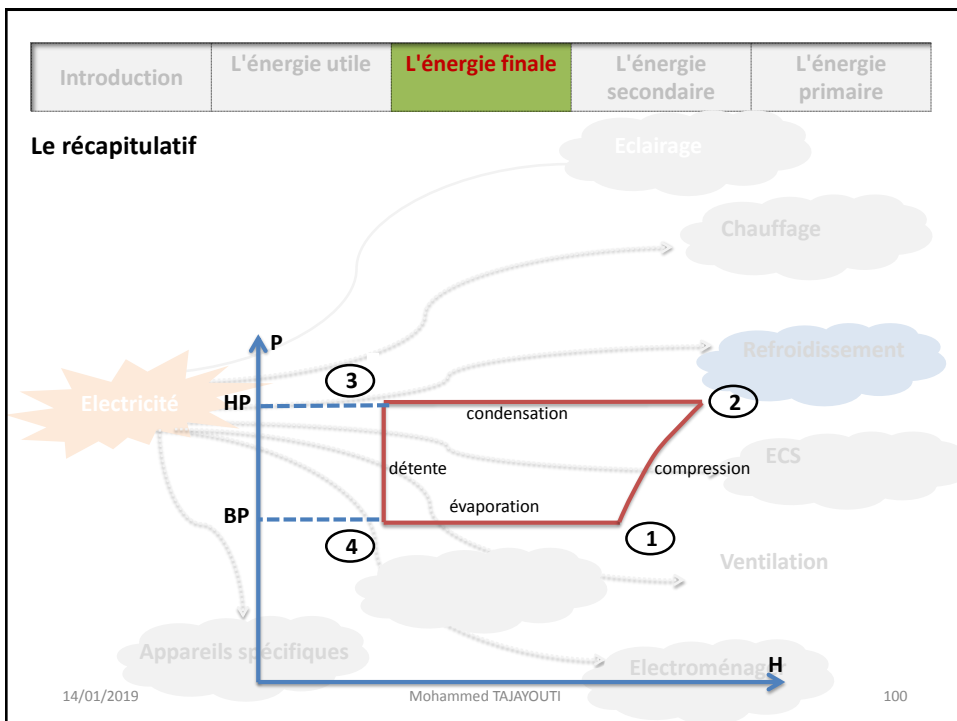
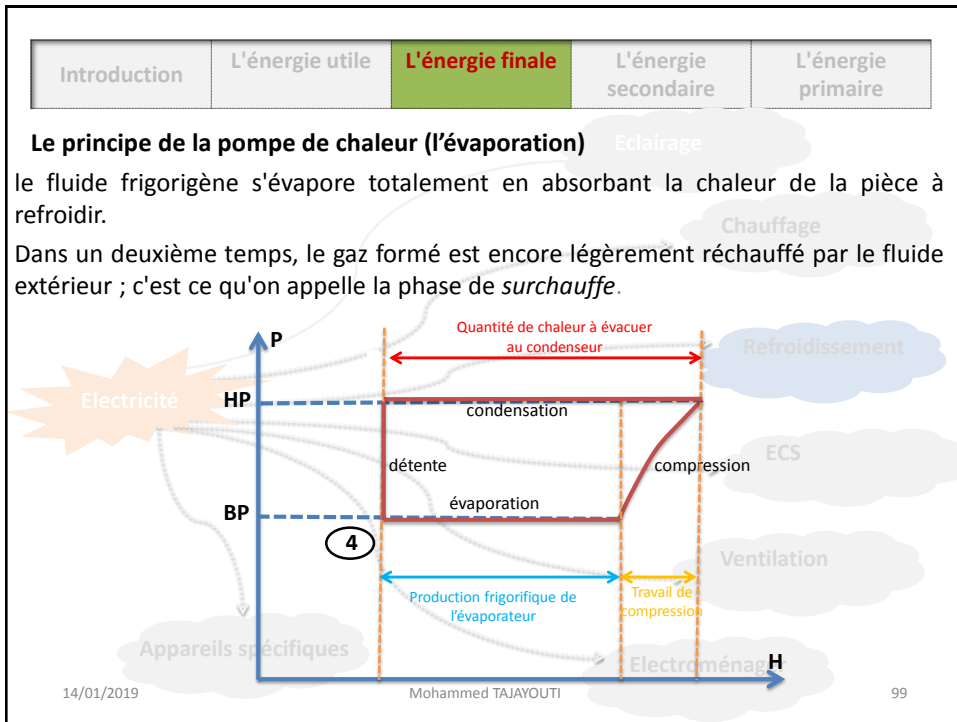


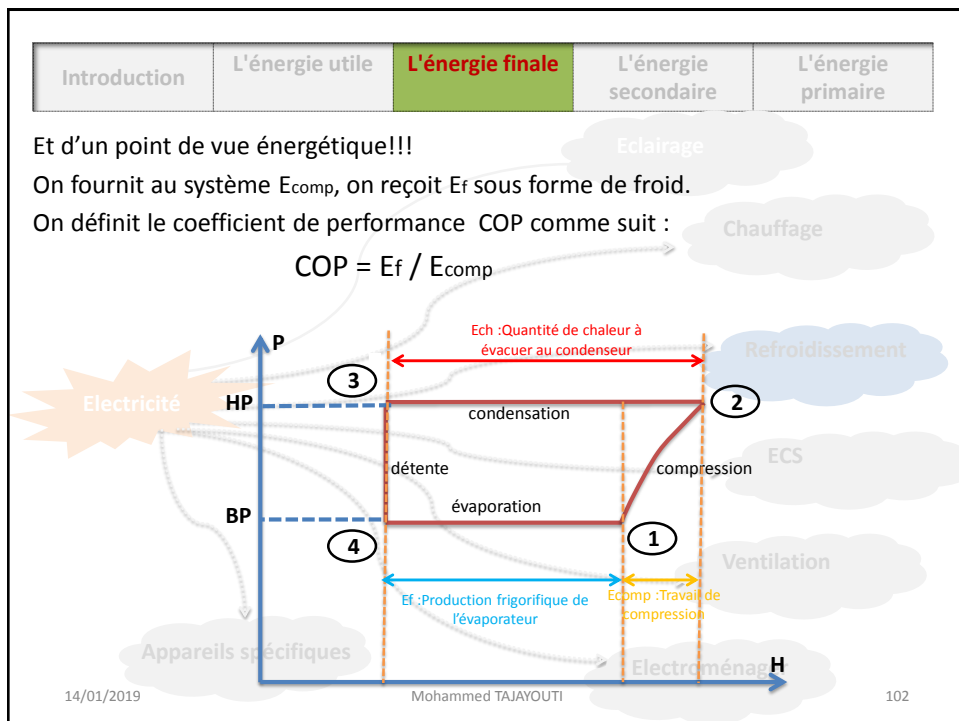
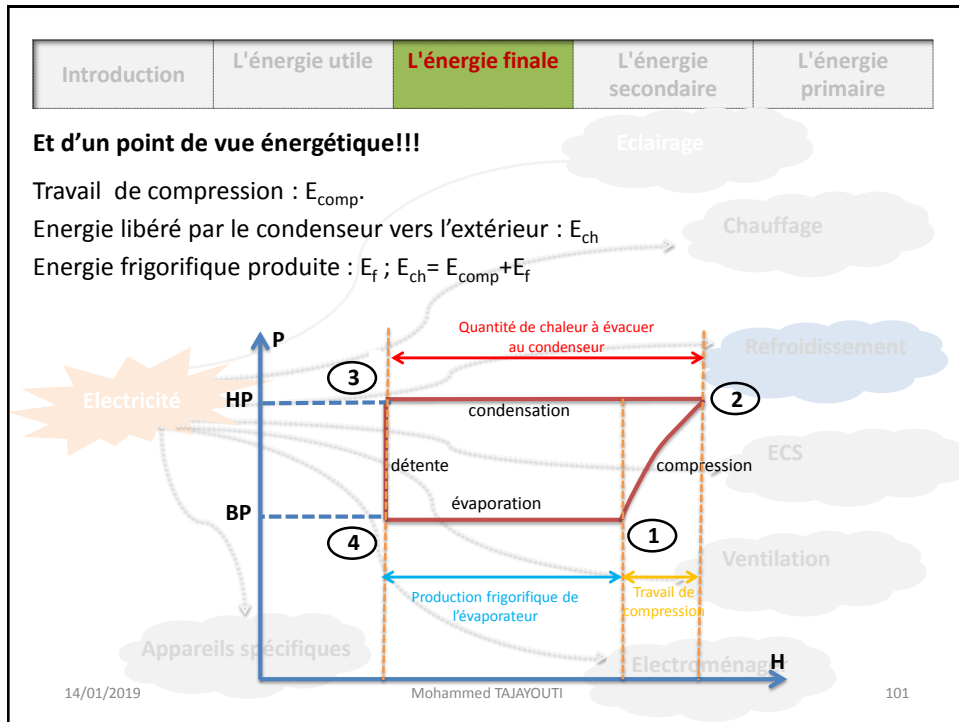












Introduction	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	------------------	----------------------	--------------------

Et d'un point de vue énergétique!!!  $COP = E_f / E_{comp}$

Le premier principe de la thermodynamique :  $COP_{max} = T_f / (T_c - T_f)$

Exemples  $T_f = 25^\circ C$  et  $T_c = 32^\circ C$  alors  $COP_{max} = 3,6$   
à  $T_c = 40^\circ C$  le  $COP_{max} = 1,7$

On parle alors d'un COP annuel.

La pompe à chaleur n'est elle pas une source d'énergie renouvelable?

Qu'en est il pour le confort avec les split systèmes?  
Et l'effet sur l'environnement?

Appareils spécifiques

Electroménager

Electricité

Eclairage

Chauffage

Refroidissement

ECS

Ventilation

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 103

Introduction	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	------------------	----------------------	--------------------

Les systèmes de climatisation à air total

Eclairage

Chauffage

Refroidissement

ECS

Ventilation

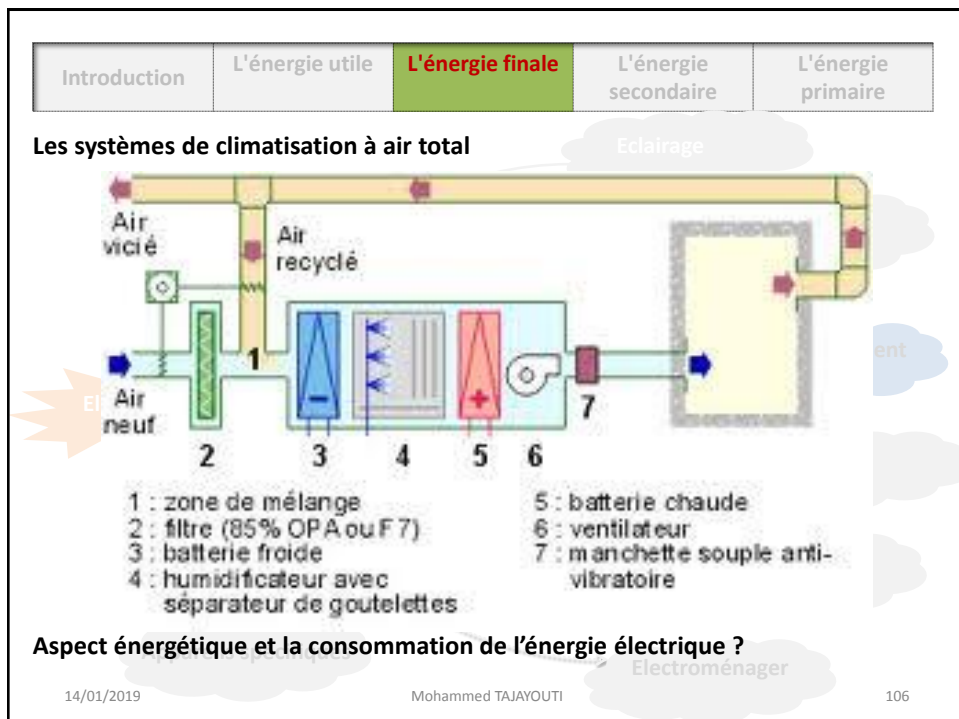
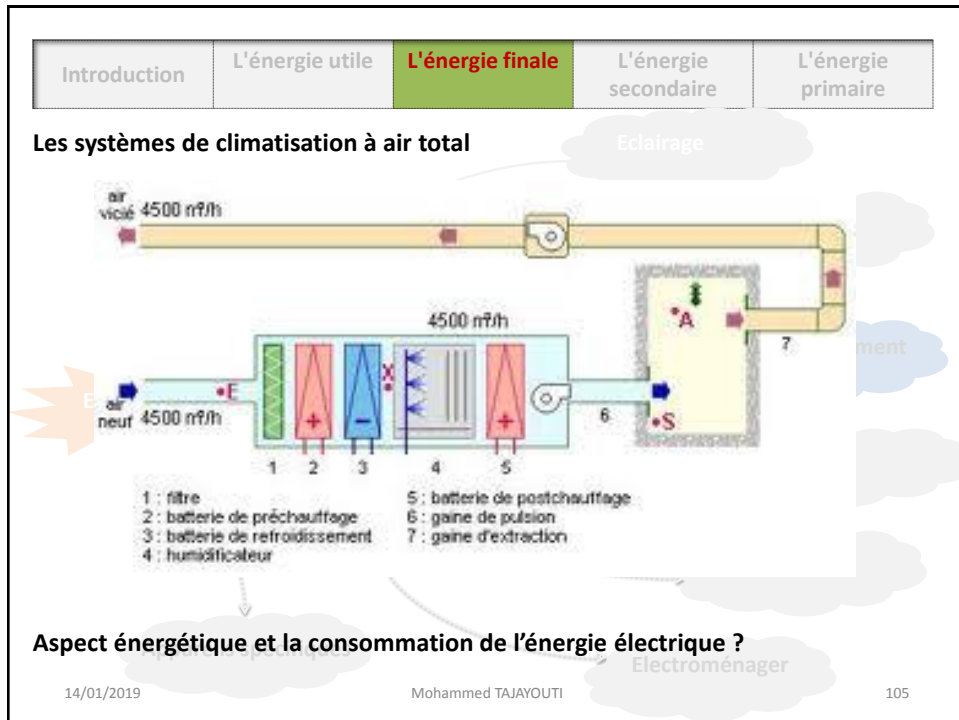
Electroménager

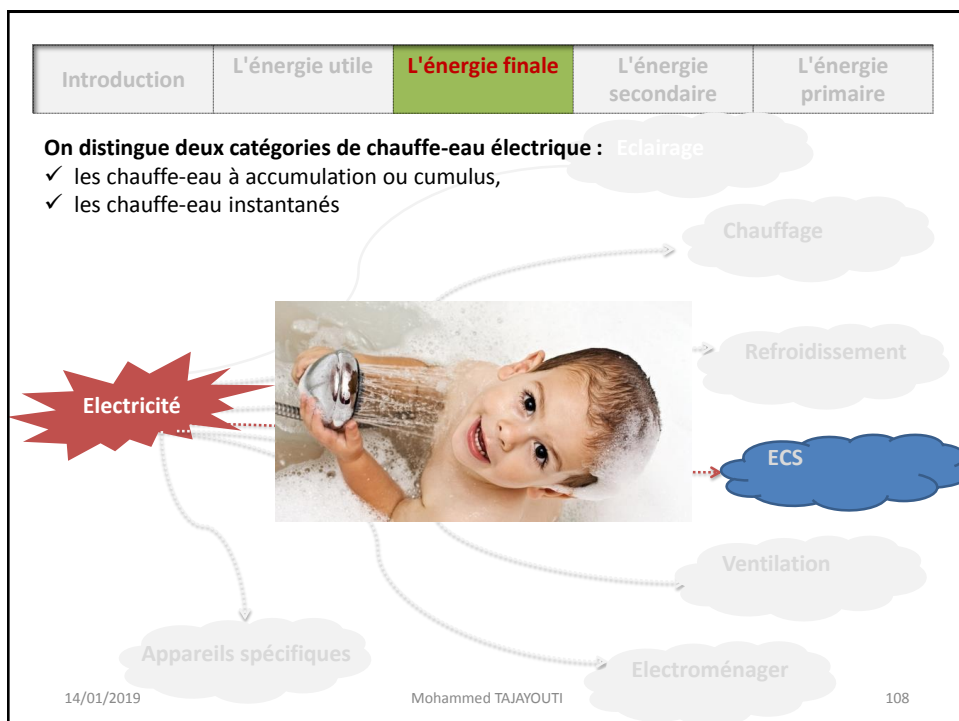
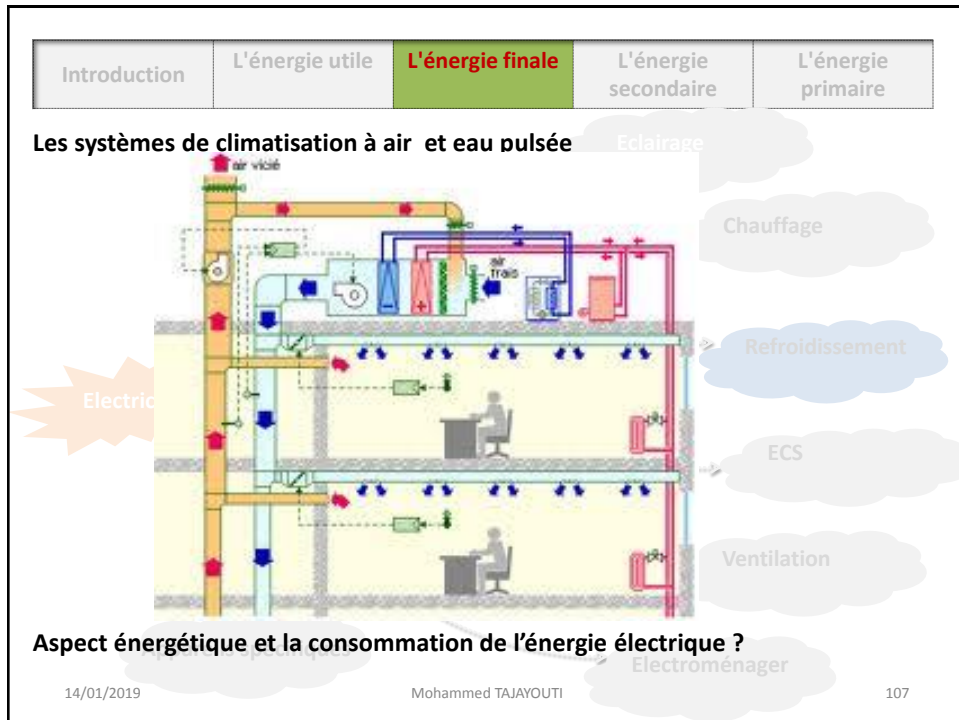
Electricité

1 : filtre  
2 : batterie de préchauffage  
3 : batterie de refroidissement  
4 : humidificateur  
5 : batterie de postchauffage  
6 : gaine de pulsion  
7 : gaine d'extraction

Aspect énergétique et la consommation de l'énergie électrique ?

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 104





Introduction	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	------------------	----------------------	--------------------

**Les chauffe-eau à accumulation ou cumulus :**  
 Composé d'un réservoir dont la résistance et le thermostat sont électriques.  
 L'eau chaude est stockée en haut du réservoir et l'eau froide en bas.  
 Grande capacité : plus de 50 litres.  
 L'eau est chauffée en 6 à 8 heures ou bien en continu.  
 La catégorie du ballon

**Electricité**

Labels for the water heater tank:

- Jaquette de protection
- Isolation en polyuréthane
- Patte de fixation
- Cuve en acier émaillé
- Tube sortie eau chaude
- Patte de fixation
- Résistance stéatite
- Thermostat électronique
- Fourreau en acier émaillé
- Tube arrivée eau chaude
- Anode titane

14/01/2019 109

Introduction	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	------------------	----------------------	--------------------

**Les chauffe-eau instantané :**  
 Ils sont conçus pour produire et fournir de l'eau chaude:  
 au moment même du besoin, de façon continue et à la température souhaitée et dans les quantités requises.  
 Ils se caractérisent par:  
 une forte puissance  
 un réglage simple  
 un fonctionnement silencieux  
 un faible encombrement

**Electricité**

**Exemple d'installation**

Labels for the installation:

- Arrivée du tuyau de plomberie d'eau froide
- T de balle standard non inclus
- Sortie vers le raccord pour l'eau chaude du robinet de l'évier
- Utilisation de tuyaux flexibles de raccordement 1/2" (15x21) raccord standard non inclus
- Evier cuisine

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 110

Introduction	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	------------------	----------------------	--------------------

**Exemples**

Un chauffe eau électrique d'une capacité de 200L chauffe l'eau qu'il contient en 8h. La résistance chauffante consomme une puissance de 1,2kW. Ce chauffe eau est branché sur une prise secteur. Calculer l'énergie requise?  $c_{\text{eau}} = 4\,180 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ .

On considère un radiateur de puissance électrique  $P = 1\,800 \text{ W}$ . Le volume d'eau contenu dans ce radiateur est de 15 L. Calculer la quantité de chaleur  $Q$  nécessaire pour élever la température de  $18^\circ\text{C}$  à  $23^\circ\text{C}$ . On suppose que toute l'énergie électrique est transformée en chaleur. Calculer la durée de chauffe de ce radiateur pour passer de  $18^\circ\text{C}$  à  $23^\circ\text{C}$ .

Sur une bouilloire électrique sont inscrites les indications : 230.V - 50.Hz - 2 000 W. La bouilloire fonctionne pendant 4 minutes et 40 secondes. Calculer l'énergie électrique  $W_a$  absorbée. Ce temps est celui nécessaire, avec cette bouilloire, pour porter à ébullition 1,5 L d'eau dont la température initiale est  $15^\circ\text{C}$ . Calculer l'énergie  $W_u$  utile correspondante. L'énergie électrique absorbée  $W_a$  est supérieure à l'énergie  $W_u$  nécessaire pour faire bouillir l'eau. Comment peut-on expliquer cette différence ? Calculer le rendement de la bouilloire.

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 111

Introduction	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	------------------	----------------------	--------------------

**Exemples**

Un chauffe-eau électrique de capacité 100 litres a une puissance de 1 200 watts. Quelle est la quantité de chaleur nécessaire pour chauffer les 100 litres d'eau de  $20^\circ\text{C}$  à  $80^\circ\text{C}$ . Capacité thermique massique de l'eau :  $c = 4\,180 \text{ J.kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ . En supposant que toute l'énergie électrique se transforme en chaleur, quelle est alors la durée de fonctionnement du chauffe-eau (en heures).

Electricité

Eclairage

Chauffage

Refroidissement

ECS

Ventilation

Appareils spécifiques

Electroménager

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 112



Introduction	L'énergie utile	<b>L'énergie finale</b>	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	-------------------------	----------------------	--------------------

**Les besoins ne air frais (rappels et compléments)**

La ventilation mécanique des habitations, dite ventilation mécanique contrôlée (V.M.C.) a pour but :

Introduire l'air neuf est introduit dans les pièces principales (séjour, chambres)

extraire dans les pièces humides (cuisines, salle de bains, W.C.)

**Electricité**

On distingue nettement l'habitat du tertiaire

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 113

Introduction	L'énergie utile	<b>L'énergie finale</b>	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	-------------------------	----------------------	--------------------

**Les besoins ne air frais (rappels et compléments) - l'habitat**

Extrait des Arrêtés du 24 mars 1982 et du 28 octobre 1983

Nombre de pièces principales du logement	Cuisine	Salle de bains ou de douches commune ou non avec cabinets d'aisances	Autre salle d'eau	Cabinet d'aisance	
				Unique	Multiple
1	75	15	15	15	15
2	90	15	15	15	15
3	105	30	15	15	15
4	120	30	15	30	15
5 et plus	135	30	15	30	15

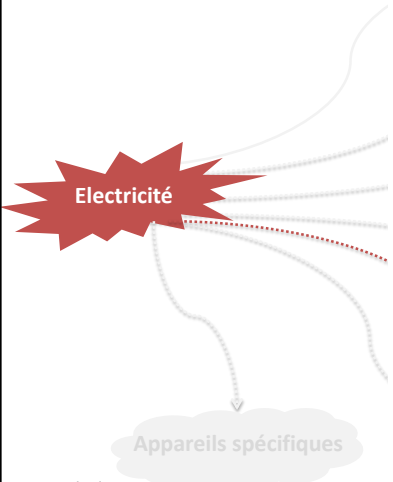
**Appareils spécifiques**

**Electroménager**

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 114

Introduction	L'énergie utile	<b>L'énergie finale</b>	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	-------------------------	----------------------	--------------------

**Les besoins ne air frais (rappels et compléments) - Tertiaire pollution non spécifique**  
Extrait du circulaire du 20 janvier 1983



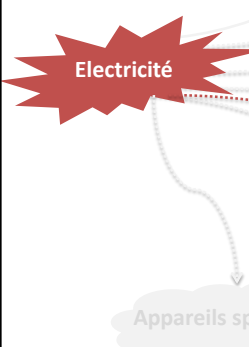
DESTINATION DES LOCAUX (air à 1,2 kg/m³)	Débit minimal d'air ne en mètres cubes/heure et par occupant	
	avec interdiction de fume	sans interdiction de fume
Locaux d'enseignement : - classes, salles d'études, laboratoire (à l'exclusion ce ceux à pollution spécifique) : - Maternelles, primaires et secondaire du 1 <sup>er</sup> cycle - Secondaires du 2 <sup>e</sup> cycle et universitaires - Ateliers	15 18 18	" 25 25
Locaux d'hébergement : - chambres collectives (plus de trois personnes <sup>(1)</sup> ), dortoirs, cellules, salles de repos)	18	25
Bureaux et locaux assimilés : - locaux d'accueil, bibliothèques, bureaux de postes, banques Locaux de réunions : - tels que salles de réunions, de spectacles, de culte, clubs, foyers	18 18	25 30
Locaux de vente : - tels que boutiques, supermarchés	22	30
Locaux de restauration : - cafés, bars, restaurants, cantines, salles à manger	22	30
Locaux à usage sportif : - par sportif : - dans une piscine - dans les autres locaux - par spectateur	22 25 18	" 30 30

<sup>(1)</sup> Pour les chambres de moins de trois personnes, le débit minimal à prévoir est de 30 m³/h par local

14/01/2019

Introduction	L'énergie utile	<b>L'énergie finale</b>	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	-------------------------	----------------------	--------------------

**Les besoins ne air frais (rappels et compléments) - Tertiaire pollution spécifique**  
Extrait du circulaire du 20 janvier 1983



DESTINATION DES LOCAUX	Débit minimal d'air neuf en m³/heure
<i>Pièces à usage individuel</i>	
Salle de bains ou de douches	15 par local
Salle de bains ou de douches commune avec cabinets d'aisances	15 par local
Cabinets d'aisances	15
<i>Pièces à usage collectif</i>	
Cabinets d'aisances isolés	30
Salle de bains ou de douches isolées	45
Salle de bains ou de douches communes avec cabinets d'aisances	60
Bains, douches et cabinets d'aisances groupés	30+15 N*
Lavabos groupés	10+5 N*
Salle de lavage, séchage et repassage du linge	5 par m² de surface de local <sup>(1)</sup>
<i>Cuisines collectives</i>	
Office relais	15/repas
Moins de 150 repas servis simultanément	25/repas
De 151 à 500 repas servis simultanément <sup>(2)</sup>	20/repas
De 501 à 1.500 repas servis simultanément <sup>(3)</sup>	15/repas
Plus de 1.500 repas servis simultanément <sup>(4)</sup>	10/repas

N\* : Nombre d'équipement dans le local.

<sup>(1)</sup> Compte tenu des contraintes techniques, les débits retenus seront de préférence arrondis au multiple supérieur de 15.

<sup>(2)</sup> Avec un minimum de 3.750 mètres cubes/heure.

<sup>(3)</sup> Avec un minimum de 10.000 mètres cubes/heure.

<sup>(4)</sup> Avec un minimum de 22.500 mètres cubes/heure.

14/01/2019

Introduction	L'énergie utile	<b>L'énergie finale</b>	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	-------------------------	----------------------	--------------------

**La VMC (rappels et compléments)**  
**La ventilation naturelle, VMC simple-flux, VMC hygroréglable et la VMC à double flux**

14/01/2019 117

Introduction	L'énergie utile	<b>L'énergie finale</b>	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	-------------------------	----------------------	--------------------

**La VMC - comparaison –**

**simple-flux**  
Débit d'air entrant constant  
Ne prend pas en compte l'humidité intérieure

**VMC simple-flux hygroréglable**  
Débit d'air entrant variable en fonction de l'humidité intérieure  
Economies d'énergie par rapport à la VMC simple-flux

**VMC double-flux**  
Economies d'énergie par récupération de la chaleur  
Filtration de l'air entrant  
Sensation de courant d'air froid supprimé  
Préchauffage ou rafraîchissement de l'air entrant

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 118

Introduction	L'énergie utile	<b>L'énergie finale</b>	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	-------------------------	----------------------	--------------------

**La puissance d'un ventilateur**

La puissance utile d'un ventilateur :

$$P_u[W] = \Delta P [Pa] \times Q_v[kg/s] , = (\text{Différence de pression} \times \text{débit massique})$$

La puissance absorbée

$$P \text{ absorbée} = P_u / \text{rendement} (\eta)$$

Electricité

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 119

Introduction	L'énergie utile	<b>L'énergie finale</b>	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	-------------------------	----------------------	--------------------

**La puissance d'un ventilateur exemple**

$\Delta P = 500 \text{ Pa} ; Q_v = 360 \text{ m}^3/\text{h}$

La puissance utile est  $P_u = 500 \times 360 / 3600 = 50 \text{ W}$

Si le rendement est de 60%

$P \text{ absorbée} = 50 / 0,6 = 84 \text{ W}$

Electricité

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 120

Introduction	L'énergie utile	<b>L'énergie finale</b>	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	-------------------------	----------------------	--------------------

**L'électroménager par l'exemple**

Larbi est étudiant de l'EST salé et habite dans un studio. Son équipement se compose :

- d'un réfrigérateur classe C
- d'un ordinateur fixe + écran LCD
- d'une chaîne HiFi
- de deux ampoules de 60 W (une dans le séjour, une dans la salle de bain)
- d'une plaque électrique pour la cuisson.

**Electricité**

Données supplémentaires :

- pour un frigo classe A+ : 113 kWh/an classe B : 183 kWh/an classe C : 223 kWh/an
- puissances de veille : ordinateur : 3 W, écran LCD 3 W, chaîne HiFi 5 W, plaque électrique 4 W
- puissances en fonctionnement : ordinateur : 150 W, écran LCD : 30 W, chaîne HIFI 100 W, plaque électrique 1500 W
- les vacances scolaires durent 3 mois sur l'année.

**Appareils spécifiques**

**Electroménager**

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 121

Introduction	L'énergie utile	<b>L'énergie finale</b>	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	-------------------------	----------------------	--------------------

**L'électroménager par l'exemple – mode de vie de Larbi-**

il écoute en moyenne 3 CD par jour, tous les jours de l'année hors vacances scolaires;  
 son réfrigérateur fonctionne en permanence toute l'année ;  
 il cuit un soir sur 2 (pendant 20 minutes), sauf les vacances scolaires où il rentre chez ses parents ;  
 Il éclaire son séjour en moyenne 5 heures par jour tous les jours sauf les vacances scolaires, et sa salle de bain 1 heure par jour ;  
 Il travaille et joue tous les jours 3 heures sur son ordinateur, sauf pendant les vacances (il se branche alors chez ses parents).  
 Les appareils sont branchés en permanence, même pendant les vacances, sauf l'ordinateur.

**Appareils spécifiques**

**Electroménager**

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 122

Introduction	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	------------------	----------------------	--------------------

**L'électroménager par l'exemple** – Consommations électriques de Larbi-  
 Calculer les consommations électriques annuelles de chaque appareil utilisé par Larbi(hors veille).  
 Calculer les consommations électriques en veille de chaque appareil de Larbi.  
 En déduire la consommation électrique totale des appareils de Larbi.  
 En déduire la facture électrique annuelle de Larbi.

**Eléments de réponse**  
 chaîne HiFi :  $3 \text{ CD} * 1 \text{ heure} * 100 \text{ W} * 0,75 \text{ année} * 365 \text{ jours} / 1000 = 82 \text{ kWh}$   
 réfrigérateur : classe C = 223 kWh  
 plaque : 20 minutes  $* 1500 \text{ W} * 0,5 * 0,75 * 365 \text{ jrs} / 1000 = 68 \text{ kWh}$   
 éclairage séjour :  $60 \text{ W} * 5 \text{ h} * 0,75 * 365 \text{ jrs} / 1000 = 82 \text{ kWh}$   
 éclairage salle de bain :  $60 \text{ W} * 1 \text{ h} * 0,75 * 365 \text{ jrs} / 1000 = 16 \text{ kWh}$   
 ordinateur :  $(150 \text{ W} + 30 \text{ W}) * 3 \text{ h} * 0,75 * 365 \text{ jrs} / 1000 = 148 \text{ kWh}$

**Calculer les consommations électriques en veille de chaque appareil .**  
 chaîne HiFi :  $21 \text{ heures} * 5 \text{ W} * 365 \text{ jours} * 0,75 / 1000 + 24 \text{ h} * 5 \text{ W} * 365 \text{ jours} * 0,25 \text{ années} / 1000 = 40 \text{ kWh}$   
 plaque :  $(23,66 \text{ h} * 4 \text{ W} * 0,5 * 0,75 * 365 \text{ jrs} + 24 \text{ h} * 4 \text{ W} * 0,5 * 0,75 * 365 \text{ jours} + 24 \text{ h} * 4 \text{ W} * 0,25 * 365 \text{ jrs}) / 1000 = 35 \text{ kWh}$   
 ordinateur :  $6 \text{ W} * 21 \text{ h} * 0,75 * 365 \text{ jrs} / 1000 = 34 \text{ kWh}$

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 123

Introduction	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	------------------	----------------------	--------------------

**L'électroménager par l'exemple** – Amélioration possibles du réfrigérateur  
 Combien consomme le réfrigérateur pendant les vacances ?  
 Combien d'énergie sur l'année ferait économiser un réfrigérateur de classe A+ ? Avec ou sans les vacances ?  
 Un réfrigérateur classe A+ coûte 4000 MAD, un classe B coût 350 MAD. Calculer le temps de retour brut du surcoût.  
 Proposer d'autres possibilités d'économies.

**Eléments de réponse**  
**Combien consomme le réfrigérateur de Léo pendant les vacances ?**  
 C'est un quart de l'année :  $0,25 * 223 \text{ kWh} = 56 \text{ kWh}$   
**Combien d'énergie sur l'année ferait économiser un réfrigérateur de classe A, branché en permanence ?**  
 Gain =  $223 - 113 \text{ kWh} = 110 \text{ kWh} / \text{an}$   
 Larbi peut économiser la même quantité en débranchant son réfrigérateur pendant l'hiver, en utilisant son rebord de fenêtre. Ce qui rajoute une séance de cinéma. En le dégivrant, en nettoyant la grille arrière.

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 124

Introduction	L'énergie utile	<b>L'énergie finale</b>	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	-------------------------	----------------------	--------------------

**L'électroménager par l'exemple – l'éclairage-**

Une ampoule fluocompacte coûte 100 MAD et ne consomme que 12 W. Elle dure 15000 heures, une ampoule classique 2 000 heures (10MAD). Combien d'énergie permet-elle d'économiser annuellement dans le séjour ? dans la salle de bain ? Au bout de combien de temps sera-t-elle remboursée dans le séjour ? Dans la salle de bain ?

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 125

Introduction	L'énergie utile	<b>L'énergie finale</b>	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	-------------------------	----------------------	--------------------

**L'électroménager par l'exemple – Étude des veilles –**

Quelle est la puissance totale en veille de l'installation de Léo ?  
Proposer un système pour supprimer cette consommation. Quelle économie d'énergie et d'argent est générée ? Pour quel coût ?

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 126

Introduction	L'énergie utile	<b>L'énergie finale</b>	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	-------------------------	----------------------	--------------------

**L'ascenseur**  
**Le nombre de courses**  
 L'énergie dépend du nombre de course et du rendement global de l'appareil  
 Bureau 1 200 courses/jour  
 Hébergement 1 300 courses/jour  
 Hôpital 1 150 courses/jour  
 Bâtiment public 1 000 courses/jour

**Le rendement**  
 Le rendement varie de 0,30 pour les anciens ascenseurs (motorisation dc Ward-Léonard +vis sans fin )  
 Il peut être supérieur à 0,75 pour les nouvelles machines (motorisation asynchrone à variateur de vitesse)

**Et l'automate programmable ??**

Appareils spécifiques

Eclairage  
 Chauffage  
 Refroidissement  
 ECS  
 Ventilation  
 Electroménager

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 127

Introduction	L'énergie utile	<b>L'énergie finale</b>	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	-------------------------	----------------------	--------------------

L'électricité

**Le gaz**

Le fioul

Le bois, charbon de bois

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 128



Introduction	L'énergie utile	<b>L'énergie finale</b>	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	-------------------------	----------------------	--------------------

Le gaz ! De quel gaz parle-t-on ?

On distingue entre :

le gaz naturel,

et les GPL (gaz de pétrole liquéfié).

14/01/2019

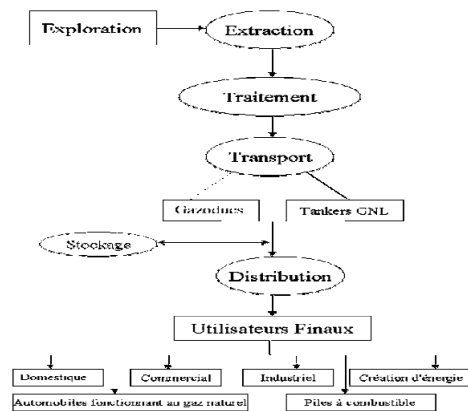
Mohammed TAJAYOUTI

129

Introduction	L'énergie utile	<b>L'énergie finale</b>	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	-------------------------	----------------------	--------------------

**Le gaz naturel (essentiellement du méthane  $\text{CH}_4$ )**

**Au Maroc il est surtout destiné à la production de l'électricité**



14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

130

Introduction	L'énergie utile	<b>L'énergie finale</b>	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	-------------------------	----------------------	--------------------

### Les GPL (gaz de pétrole liquéfiés)

Le gaz de pétrole liquéfié ou GPL est un mélange d'hydrocarbures légers stocké à l'état liquide et issu des champs de gaz naturel, pour plus de 60 % et des raffineries de pétrole.

	BUTANE commercial	PROPANE commercial
<b>PCS (pouvoir calorifique supérieur)</b>	49,4 MJ ou 13,7 kWh par kg 120,5 MJ ou 33,5 kWh par m <sup>3</sup> à 15° C et 1013 mbar	49,8 MJ ou 13,8 kWh par kg 93,3 MJ ou 25,9 kWh par m <sup>3</sup> à 15°C et 1013 mbar
<b>PCI (pouvoir calorifique inférieur)</b>	45,6 MJ ou 12,66 kWh par kg 109,6 MJ ou 30,45 kWh par m <sup>3</sup> à 15°C et 1013 mbar	46,0 MJ ou 12,78 kWh par kg 85,3 MJ ou 23,70 kWh par m <sup>3</sup> à 15°C et 1013 mbar

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

131

Introduction	L'énergie utile	<b>L'énergie finale</b>	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	-------------------------	----------------------	--------------------

### Les GPL au Maroc

Ils sont utilisés pour la cuisson,

On les retrouve surtout sous la forme de bouteilles de tailles et de types de 34kg propane ou distribué en 12kg et 6kg.  
Sur un marché de GPL de 2 032 millions de dirhams, le butane a représenté 93% (1 876 millions de dirhams) et le propane a représenté 147 000 000 de dirhams.  
L'Etat prend en charge 76 dirhams pour celle de 3 kg (donc 10 dirhams pour celle de 6kg et 12kg).

### Parc des bouteilles



14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

132

Introduction	L'énergie utile	<b>L'énergie finale</b>	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	-------------------------	----------------------	--------------------

Le chauffage au gaz de pétrole liquéfié (GPL) est un système à combustion qui consiste à brûler le gaz dans une chaudière pour chauffer de l'eau répartie ensuite dans les radiateurs et tuyaux. Le GPL nécessite un moyen de stockage qui devra être approvisionné régulièrement.

Le gaz est brûlé dans une chaudière, avec un corps de chauffe. Le corps de chauffe (petit radiateur) chauffe de l'eau. L'eau chaude est ensuite diffusée dans l'habitation via des tuyaux, radiateurs ou chauffage au sol via une pompe à eau.

The diagram illustrates the energy flow for a gas heating system. A red starburst labeled 'Gaz' (Gas) is the source. Three red dotted arrows originate from it: one points to a blue cloud labeled 'Chauffage' (Heating), another to a blue cloud labeled 'ECS' (Domestic Hot Water), and a third to a blue cloud labeled 'Cuisson' (Cooking). The text above explains that the system involves burning gas in a boiler to heat water, which is then distributed through radiators and pipes. It also notes that GPL requires a storage tank that needs regular refilling.

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 133

Introduction	L'énergie utile	<b>L'énergie finale</b>	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	-------------------------	----------------------	--------------------

This diagram is a simplified version of the one on slide 133. It shows a red starburst labeled 'Gaz' (Gas) on the left. Three red dotted arrows point from it to three blue clouds on the right, labeled 'Chauffage' (Heating), 'ECS' (Domestic Hot Water), and 'Cuisson' (Cooking). The layout is clean, focusing on the direct energy flow from the gas source to the three end uses.

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 134

Introduction	L'énergie utile	<b>L'énergie finale</b>	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	-------------------------	----------------------	--------------------

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

135

Introduction	L'énergie utile	<b>L'énergie finale</b>	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	-------------------------	----------------------	--------------------

L'électricité

Le gaz

**Le fioul**

Le bois, charbon de bois

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

136

Introduction	L'énergie utile	<b>L'énergie finale</b>	L'énergie secondaire	L'énergie primaire
--------------	-----------------	-------------------------	----------------------	--------------------

L'électricité

Le gaz

Le fioul

**Le bois, charbon de bois**

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 137

Introduction	L'énergie utile	L'énergie finale	<b>L'énergie secondaire</b>	L'énergie primaire
--------------	-----------------	------------------	-----------------------------	--------------------

Rappels sur l'énergie secondaire

L'énergie secondaire est toute l'énergie obtenue par transformation, contrairement à l'énergie primaire qui désigne une énergie disponible dans l'environnement et sans transformation.

Cette énergie est souvent plus facile à stocker, transporter et utiliser que les sources d'énergie primaire.

C'est pour cette raison que les formes de cette énergie secondaire sont appelées *vecteurs*.

*On fait souvent le passage direct entre puissance finale et puissance primaire à l'aide d'un coefficient qui tient compte des différentes transformations et des pertes dues au transport, à l'extraction et autres.*

14/01/2019 Mohammed TAJAYOUTI 138

Introduction	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	<b>L'énergie primaire</b>
--------------	-----------------	------------------	----------------------	---------------------------

## L'évolution de la production de l'énergie

La courbe de charge et la crête de puissance

Les différentes sources d'énergie

La facture énergétique

14/01/2019

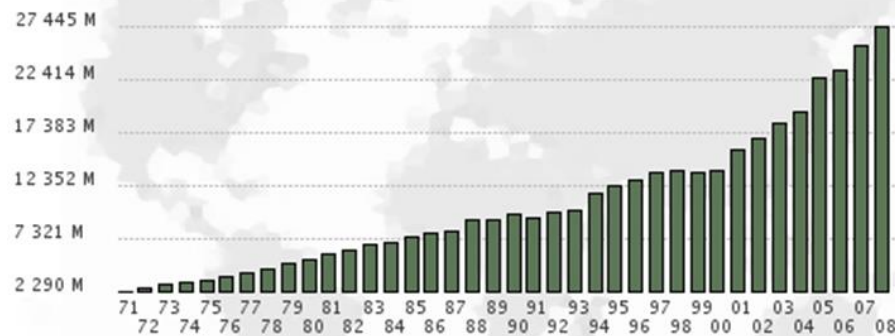
Mohammed TAJAYOUTI

139

Introduction	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	<b>L'énergie primaire</b>
--------------	-----------------	------------------	----------------------	---------------------------

### Production d'électricité (kwh)

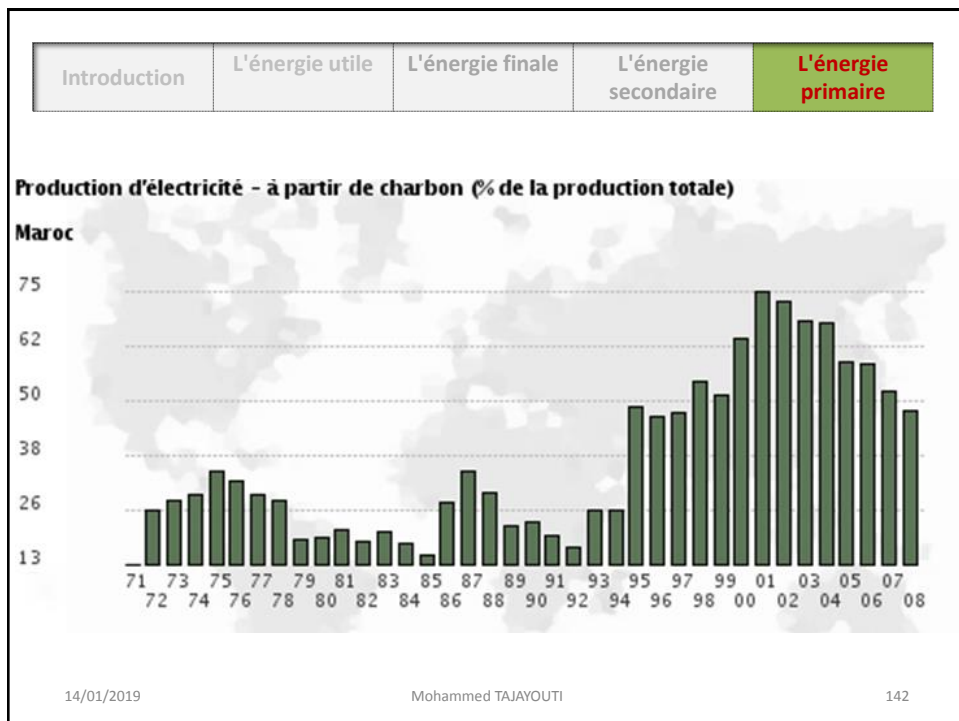
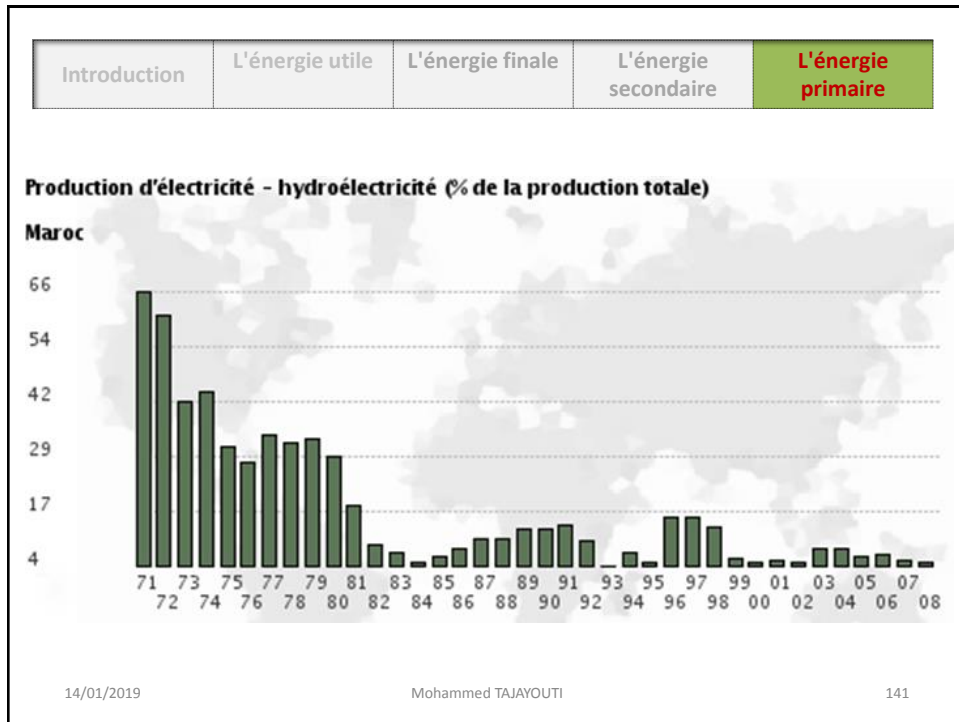
Maroc

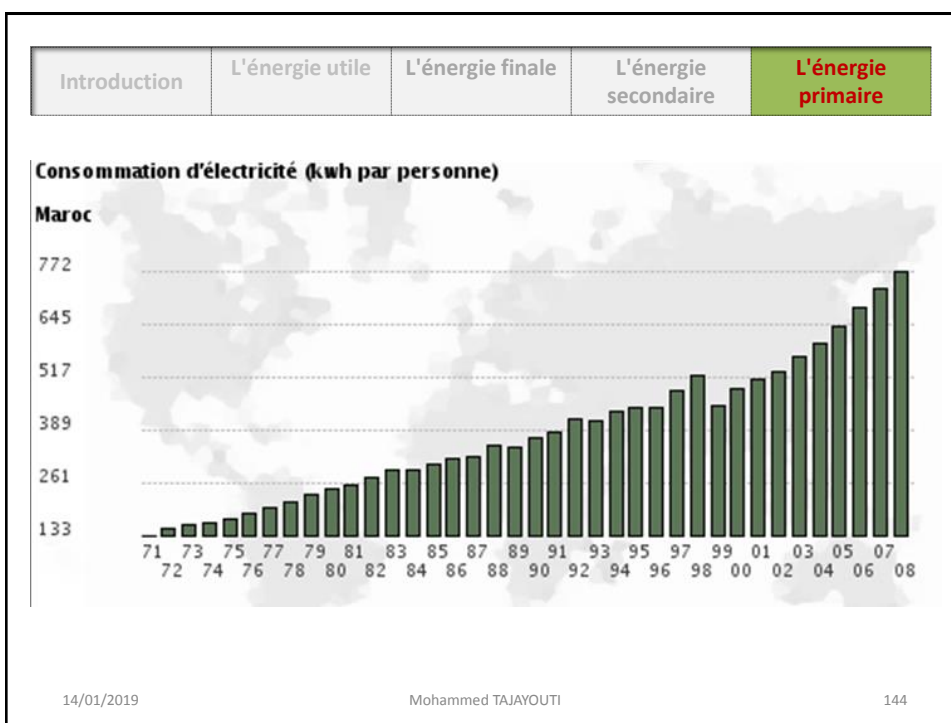
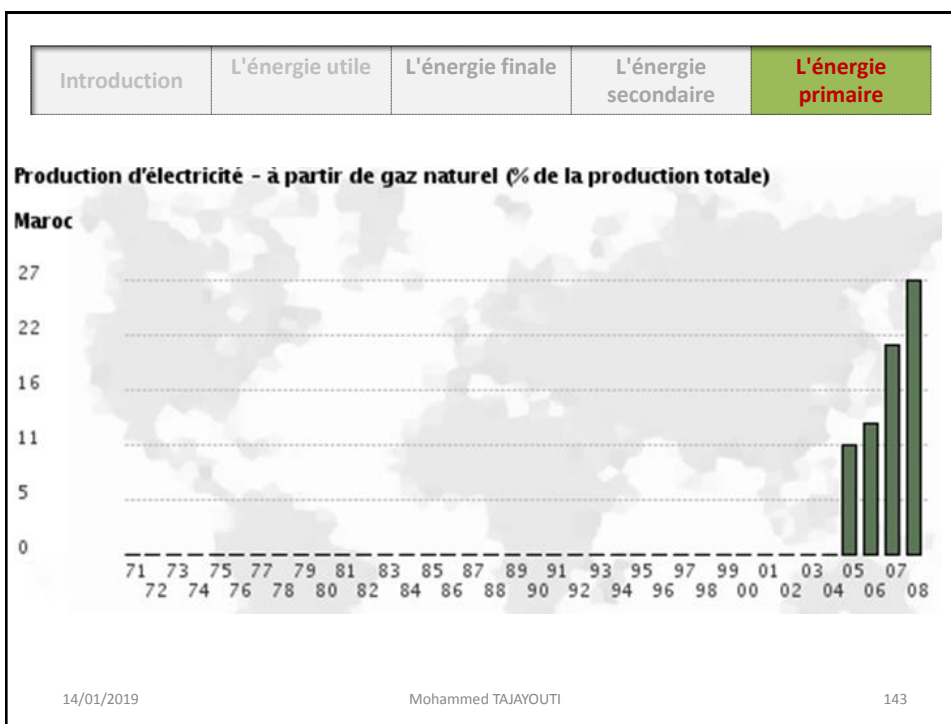


14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

140

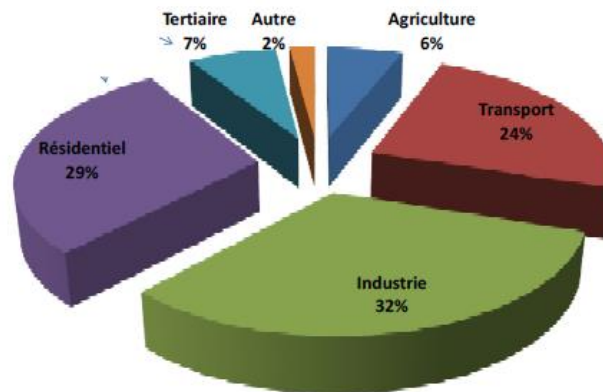






Introduction	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	<b>L'énergie primaire</b>
--------------	-----------------	------------------	----------------------	---------------------------

## Consommation énergétique par secteur



14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

145

Introduction	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	<b>L'énergie primaire</b>
--------------	-----------------	------------------	----------------------	---------------------------

L'évolution de la production de l'énergie

**La courbe de charge et la crête de puissance**

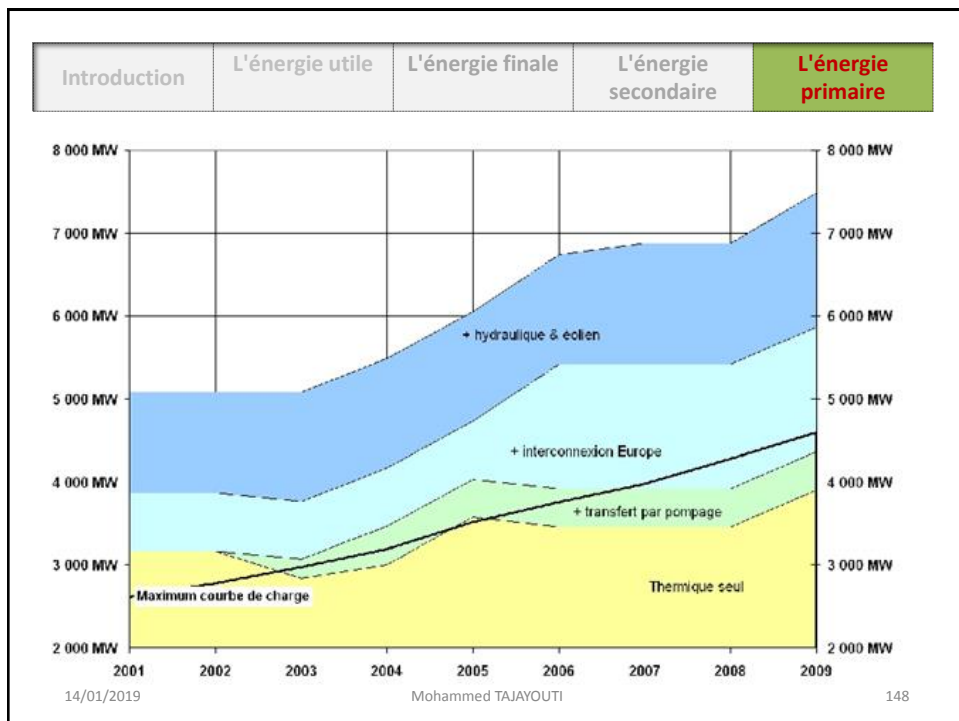
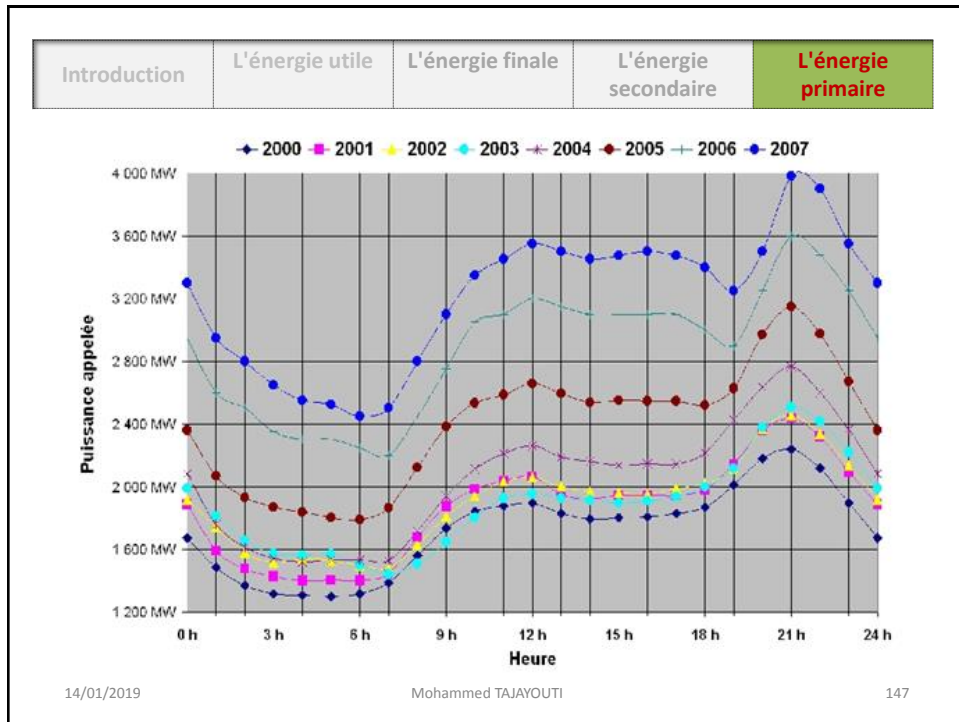
Les différentes sources d'énergie

La facture énergétique

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

146



Introduction	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	<b>L'énergie primaire</b>
--------------	-----------------	------------------	----------------------	---------------------------

L'évolution de la production de l'énergie

La courbe de charge et la crête de puissance

**Les différentes sources d'énergie**

La facture énergétique

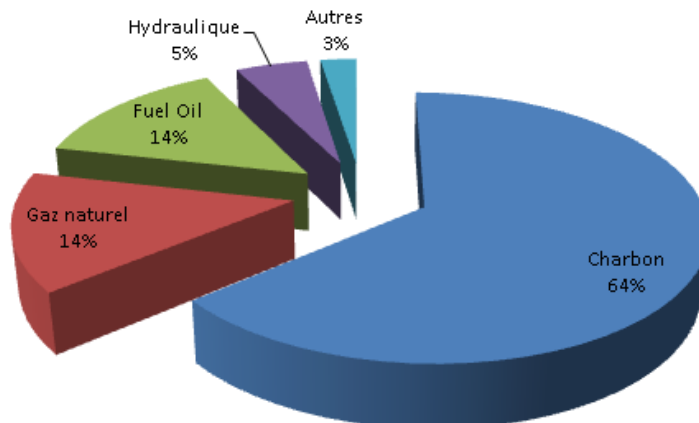
14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

149

Introduction	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	<b>L'énergie primaire</b>
--------------	-----------------	------------------	----------------------	---------------------------

### Les différentes sources d'énergie



14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

150

Introduction	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	<b>L'énergie primaire</b>
--------------	-----------------	------------------	----------------------	---------------------------

**Combien a produit le Maroc en Tonnes équivalent CO2 dus à la production de l'électricité dans les dix dernières années.**

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

151

Introduction	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	<b>L'énergie primaire</b>
--------------	-----------------	------------------	----------------------	---------------------------

L'évolution de la production de l'énergie

La courbe de charge et la crête de puissance

Les différentes sources d'énergie

**La facture énergétique**

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

152

Introduction	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	<b>L'énergie primaire</b>
--------------	-----------------	------------------	----------------------	---------------------------

la facture énergétique du Maroc (80% de pétrole), se chiffre actuellement à environ 70-80 milliards DH, Contre 21 milliards DH en 2003.

Elle représente plus de 25% des recettes d'exportation et près de 10% du PIB.

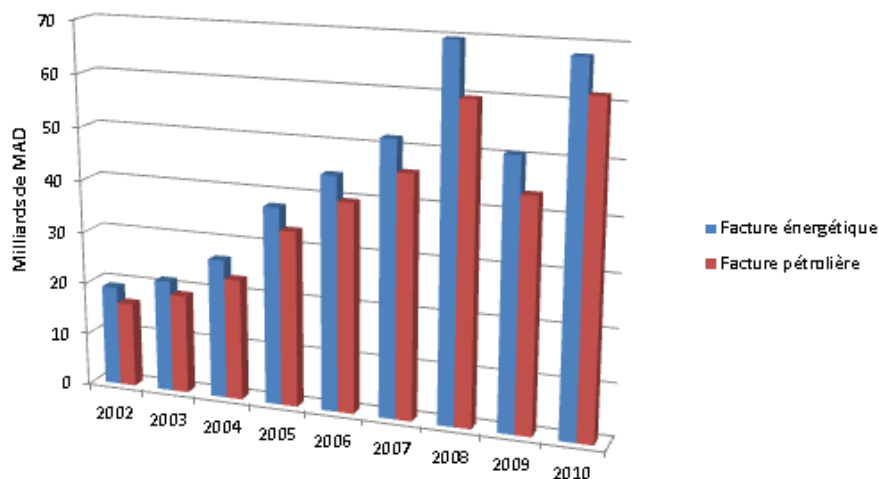
le soutien aux produits pétroliers devient une lourde charge pour le budget de l'Etat, en passant de 3,4 milliards DH en 2004 à 23 milliards DH en 2008.

14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

153

Introduction	L'énergie utile	L'énergie finale	L'énergie secondaire	<b>L'énergie primaire</b>
--------------	-----------------	------------------	----------------------	---------------------------



14/01/2019

Mohammed TAJAYOUTI

154