

## Les émissions de CO<sub>2</sub> du Danemark et de la Suède – une comparaison instructive

E. Huffer et H. Nifenecker

Si on les compare à celles de grands pays européens tels l'Allemagne ou la France, on peut considérer que le Danemark et la Suède ont des émissions de CO<sub>2</sub> par combustion (*fuel combustion*) qui sont faibles. Si, cependant, on prend en compte les émissions par habitant, celles du Danemark sont proches de celles de l'Allemagne, et celles de la Suède de celles de la France<sup>1</sup>.

|  | Allemagne | France | Danemark | Suède |
|--|-----------|--------|----------|-------|
| Emissions de CO <sub>2</sub> dues à la combustion (Mt de CO <sub>2</sub> ) | 849       | 387    | 51       | 52    |
| Emissions de CO <sub>2</sub> par habitant (t CO <sub>2</sub> par habitant) | 10,3      | 6,22   | 9,44     | 5,78  |
| Population (millions)  | 82,5      | 62,2   | 5,4      | 9     |

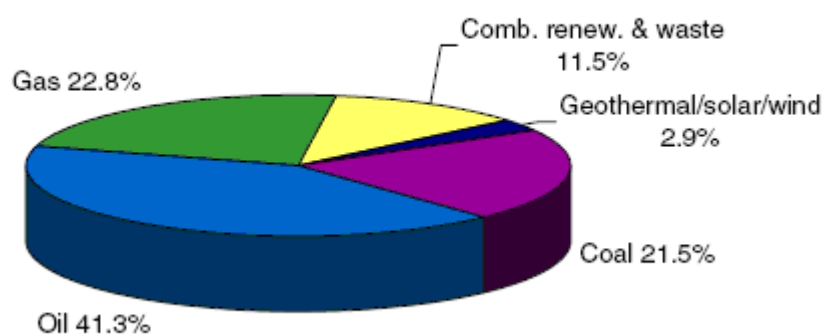
Le Danemark et la Suède sont de proches voisins, ils ont un climat semblable, c'est pourquoi il est intéressant d'essayer de comprendre pourquoi leurs émissions par habitant de GES (gaz à effet de serre) par combustion sont si différentes. Dans le tableau ci-dessus, on voit que les émissions totales de CO<sub>2</sub> par combustion du Danemark et de la Suède sont pratiquement égales alors que la population de la Suède est nettement supérieure. En conséquence, les émissions de CO<sub>2</sub> par habitant au Danemark sont 63 % plus élevées qu'en Suède.

### QUELLES ÉNERGIES PRIMAIRES ?

La consommation d'énergie primaire du Danemark en 2004 a été de 20 Mtep, soit 3,7 tep/hab/an, celle de la Suède a été de 54 Mtep, soit 6 tep/hab/an (par comparaison, celle de la France a été de 275 Mtep soit 4,4 tep/hab/an).

Comme le montrent les figures ci-dessous, la part des sources d'énergie primaire dans la fourniture totale d'énergie primaire du Danemark et de la Suède sont très différentes.

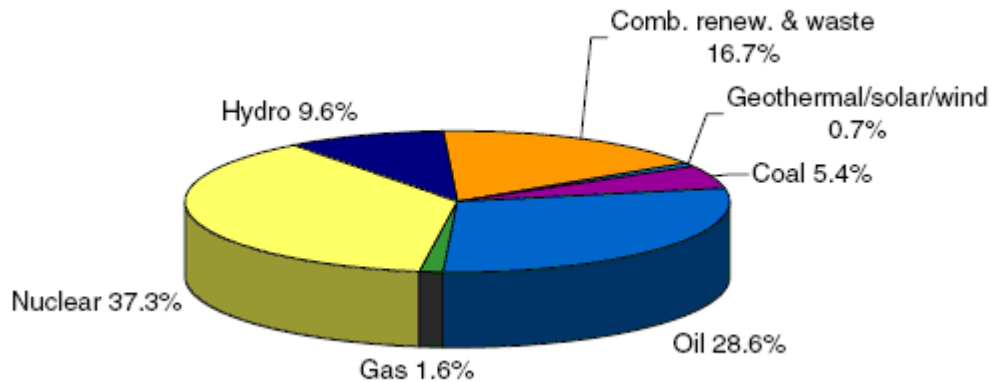
#### Danemark



Les combustibles fossiles représentent 85,6 % de l'énergie primaire danoise. Le pétrole domine avec 8,3 Mtep, dont un peu plus de la moitié sont utilisés pour les transports (5 Mtep) qui représentent 0,92 tep/hab/an (en France, on a 0,8). Le gaz (4,6 Mtep) se répartit à peu près pour moitié entre la production d'électricité dans des centrales à cogénération (*CHP*) et les autres postes (résidentiel, industrie...). Le charbon (4,3 Mtep) est utilisé principalement dans des centrales électriques à cogénération. Enfin, les renouvelables (3,3 Mtep) reposent essentiellement sur l'éolien (0,58 Mtep), la biomasse et les déchets.

<sup>1</sup> Nous avons utilisé, pour l'ensemble de cette étude, les données pour 2004 des statistiques de l'AIE : <http://www.iea.org/Textbase/stats/index.asp>

## Suède



Les combustibles fossiles ne représentent plus que 35,6 % de l'énergie primaire suédoise (52 % en France).

Ici aussi, le pétrole est le plus gros poste, avec 15,4 Mtep, consacrés pour environ moitié aux transports : 8,1 Mtep soit 0,9 tep/hab/an, une valeur proche de celle du Danemark, ce n'est pas là que se trouve la différence. Le charbon représente moins de 3 Mtep, le gaz 0,9 Mtep.

Parmi les énergies non émettrices de gaz à effet de serre, le nucléaire domine : il est comptabilisé pour 20 Mtep, il produit 77 486 GWh d'électricité. Vient ensuite l'hydraulique, comptabilisée pour 5,2 Mtep, elle produit 60 178 GWh. Les autres renouvelables représentent 9 Mtep dont la plus grande part est le bois avec 8,2 Mtep (la forêt suédoise apporte juste un peu moins que la forêt française).

## ÉLECTRICITÉ ET CHALEUR

### Production et consommation d'électricité

La consommation danoise d'électricité est 32 973 GWh, celle de la Suède est 130 361 GWh soit presque 4 fois plus (celle de la France est 415 880 GWh). Les deux pays exportent une petite quantité de l'électricité qu'ils produisent. Les tableaux ci-dessous montrent les sources d'énergie à partir desquelles chacun des deux pays produit son électricité.

|             | Production | Export. nette | Charbon | Fuel  | Gaz    | Biomasse | Déchets | Eolien |
|-------------|------------|---------------|---------|-------|--------|----------|---------|--------|
| GWh         | 40 477     | 2 872         | 18 675  | 1 633 | 10 001 | 2 099    | 1 446   | 6 583  |
| Pourcentage |            | 7,1           | 46,1    | 4     | 24,7   | 5,2      | 3,6     | 16     |

**Tableau 1 : Production électrique du Danemark**

|             | Production | Export. nette | Charbon | Fuel  | Ga<br>z | Biomasse | Nucléaire | Hydro  | Déchets<br>Autre |
|-------------|------------|---------------|---------|-------|---------|----------|-----------|--------|------------------|
| GWh         | 151 727    | 2 104         | 2 510   | 1 954 | 749     | 6 709    | 77 486    | 60 178 | 2 141            |
| Pourcentage |            | 1,4           | 1,7     | 1,3   | 0,5     | 4,4      | 51        | 39,6   | 1,4              |

**Tableau 2 : Production électrique de la Suède**

En 2004, la Suède a produit seulement 3,5 % de son électricité à partir de combustibles fossiles. A l'opposé, le Danemark a produit 74,7 % de son électricité à partir de combustibles fossiles, surtout du charbon. A lui tout seul, il représente 7 Mt brûlées, soit l'émission d'environ 18 Mt de CO<sub>2</sub>. L'éolien a représenté 16 % de l'électricité produite au Danemark en 2004.

L'évolution temporelle entre 1971 et 2004 ([voir figure](#)) des sources d'énergie primaire qui ont contribué à la production électrique des deux pays montre que, si le Danemark a progressivement diminué la part du charbon au profit du gaz et de l'éolien, la contribution du charbon reste trop importante et le gaz est, rappelons le, un hydrocarbure fossile, lui aussi.

### Production de chaleur pour l'alimentation des réseaux de chaleur

Les réseaux de chaleur sont très développés en Suède et encore plus au Danemark où plus de 6 foyers sur 10 sont reliés à un tel réseau. Les deux pays utilisent la chaleur cogénérée par leurs centrales à flamme, ils

alimentent également des réseaux de chaleur par des chaufferies industrielles. Les tableaux ci-dessous montrent les sources d'énergie primaire utilisées par chacun des deux pays pour produire cette chaleur industrielle, mesurée en ktep en valeur calorifique équivalente. Les quantités d'énergie primaire consommées dans des centrales en cogénération et dans des chaufferies industrielles sont données séparément.

|              | Charbon | Fuel | Gaz  | Biomasse<br>Déchets | Autres | Total<br>sources  | <i>Productio<br/>n<br/>chaleur</i> | <i>Production<br/>électricité</i> |
|--------------|---------|------|------|---------------------|--------|-------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| cogénération | 4121    | 364  | 2225 | 1207                |        | 7917 <sup>2</sup> | 2522                               | 2908<br>(33 820<br>GWh)           |
| chaufferies  | 1       | 40   | 73   | 424                 | 5      | 543               | 567                                | -2<br>(-23 GWh)                   |

**Tableau 1 : Production industrielle de chaleur du Danemark (ktep)**

|              | Charbon | Fuel | Ga<br>z | Biomasse<br>Déchets | Total<br>sources | <i>Productio<br/>n<br/>chaleur</i> | <i>Production<br/>électricité</i> |
|--------------|---------|------|---------|---------------------|------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| cogénération | 907     | 450  | 246     | 2862                | 4465             | 2564                               | 1113<br>(12 944<br>GWh)           |
| chaufferies  | 105     | 147  | 32      | 961                 | 1245             | 1374                               | -202 <sup>3</sup><br>(-2 349 GWh) |

**Tableau 2 : Production industrielle de chaleur de la Suède (ktep)**

La comparaison Danemark – Suède est intéressante là aussi. La Suède alimente ses centrales cogénératrices surtout avec de la biomasse (bois). Elles produisent 13 TWh, alors que les centrales dédiées à la seule production d'électricité en font dix fois plus, soit 139 TWh. Le Danemark alimente ses centrales cogénératrices surtout au charbon et au gaz. Elles produisent presque toute l'électricité du Danemark : 34 TWh, alors que le reste de la production d'électricité n'est que de 6,7 TWh, essentiellement d'origine éolienne. Ces données confirment ce que nous avons constaté pour la production d'électricité mais en adoucissent un peu les résultats, du fait que la chaleur produite dans les centrales est exploitée dans des réseaux de chaleur. Cependant, les besoins en chaleur et en électricité ne coïncident que rarement, l'efficacité énergétique réelle de la cogénération est donc discutable, surtout quand elle est le mode principal de production d'électricité comme au Danemark. Que fait-on de la chaleur produite en période chaude ?

En conclusion, le Danemark s'appuie fortement sur les combustibles fossiles à la fois pour sa production d'électricité et pour celle de chaleur industrielle alors que la Suède a recours à d'autres sources d'énergie, les unes renouvelables, les autres non émettrices de CO<sub>2</sub>. Il est vrai que la Suède est dans une situation privilégiée quant à son accès à l'hydroélectricité et à la biomasse mais le Danemark pourrait considérablement réduire ses émissions de CO<sub>2</sub> par un recours au nucléaire pour la production d'électricité, comme le fait la Suède.

## QUELQUES INDICATEURS GLOBAUX

Il est intéressant aussi de comparer quelques indicateurs globaux pour les deux pays. Dans le tableau ci-dessous, on compare leur

- **Intensité énergétique** : le rapport de la fourniture totale d'énergie primaire (*Total primary energy supply* - TPES) au Produit intérieur brut (PIB). Ce rapport est donné en tep/mille \$ les dollars étant des \$ US de l'année 2000. Le PIB est corrigé pour tenir compte de la parité du pouvoir d'achat (*Purchasing power parity* – PPP). On a ainsi des TPES/PIB (PPP) mesurés en tep/1000\$.
- **Intensité CO<sub>2</sub>** : le rapport des émissions de CO<sub>2</sub> dues à la combustion au PIB corrigé du PPP. CO<sub>2</sub>/PIB (PPP) en kg CO<sub>2</sub>/\$
- **Emissions de CO<sub>2</sub> par unité d'énergie primaire fournie** : le rapport des émissions de CO<sub>2</sub> dues à la combustion au TPES en t CO<sub>2</sub>/tep.

<sup>2</sup> Le total cogénération (7917) se répartit en comptage chaleur finale entre la chaleur directe pour 2522 et l'électricité pour 2908. L'écart que l'on retrouve au niveau de l'énergie primaire de 1487 ktep correspond aux rejets à l'atmosphère (source froide, Carnot).

<sup>3</sup> Ceci correspond à une alimentation électrique de chaufferies (*electric boilers*).

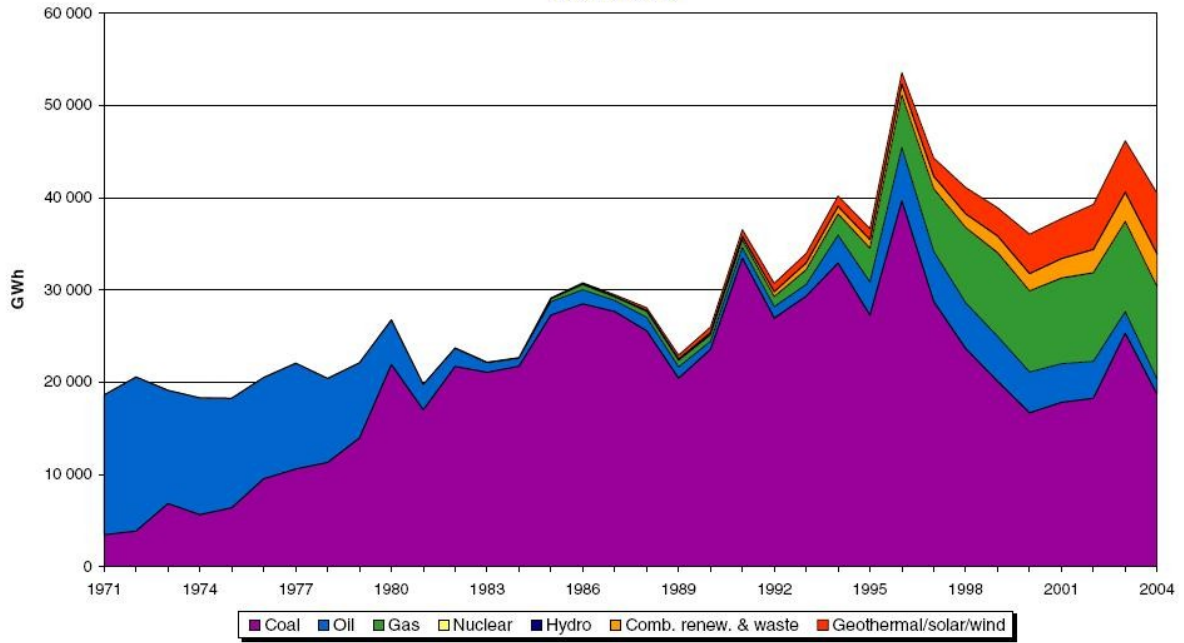
|          | Intensité énergétique | Intensité CO <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub> /TPES |
|----------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| Danemark | 0,13                  | 0,32                      | 2,54                  |
| Suède    | 0,21                  | 0,20                      | 0,97                  |

**Tableau 3 : Quelques indicateurs globaux pour le Danemark et la Suède**

L'intensité énergétique de la Suède dépasse d'environ 60 % celle du Danemark, alors que son intensité CO<sub>2</sub> est inférieure d'environ 40 %. Ceci confirme que les émissions de CO<sub>2</sub> plus faibles de la Suède ne sont pas liées à une consommation énergétique plus économe, c'est le contraire qui est vrai. La clé est dans le choix des sources d'énergie primaire tel que nous l'avons observé. Ce fait est confirmé pour les deux pays, si besoin était, par le rapport des émissions de CO<sub>2</sub> au total de l'énergie primaire fournie. Ce rapport est, pour le Danemark, plus du double de celui de la Suède.

Evolution of Electricity Generation by Fuel from 1971 to 2004

*Denmark*



Evolution of Electricity Generation by Fuel from 1971 to 2004

*Sweden*

