
LA SUEDE ET LA FRONTIERE TECHNOLOGIQUE #6

-

Les bioénergies, une solution « durable » en Suède pour la transition écologique ?

Résumé

*Outil clé pour atteindre la neutralité carbone, les bioénergies sont en plein essor en Suède et atteignent désormais 40 % de la consommation énergétique finale, contre 16 % en 1990 (en France, leur part dans le bouquet énergétique est stable autour 7 % depuis 1990). Ce résultat spectaculaire permet au pays de dépasser tous ses objectifs énergie-climat UE2020 avec une bonne marge (54 % d'EnR dans le mix énergétique, réduction des émissions GES de 26 % depuis 1990). Les bioénergies enregistrent, en particulier, une forte progression dans **deux secteurs** : le **chauffage des bâtiments** (biomasse-bois en cogénération pour le réseau de chaleur urbain) et le secteur des **transports** (33 % d'EnR grâce au biodiesel de 2^{ème} génération « HVO »). Derrière ce bilan positif, la montée des bioénergies a créé d'autres défis environnementaux : la hausse des coupes de bois requiert une gestion durable des forêts, la cogénération biomasse s'est accompagnée d'un doublement des émissions de certains polluants atmosphériques (cadmium, HCB), la consommation de biodiesel HVO n'a pas réduit les émissions NOx et a augmenté la consommation d'huile de palme, etc. De nouvelles mesures devraient toutefois continuer à limiter ces effets négatifs.*

En 2016, les bioénergies utilisées en Suède consistaient à **45 % de bois** dont 39 % de bois brut sur écorce et 6 % de bois transformé (+17 % depuis 2005), **31 % de lessives résiduelles de l'industrie papetière** dont la liqueur noire (+11 %), **10 % de biodiesel** (quasi-inexistant en 2005), **7 % de déchets ménagers biogènes** dont les déchets de jardin (+90 %), 2 % d'huile de pins (+10 %), 1 % de biogaz (+225 %), 1 % de bioéthanol (-25 %) et 3 % de déchets divers. Ces bioénergies ont été consommées (cf annexe) dans l'**industrie manufacturière** (40 %, principalement sous forme de liqueur noire et de bois, +6 % seulement depuis 2005), le **réseau de chaleur urbain** (28 %, sous forme de bois et déchets ménagers, +36 %), les **transports** (12 %, essentiellement du biodiesel, +750 %), la **production d'électricité** (10 %, bois et déchets ménagers, +55 %) et le chauffage à l'intérieur des bâtiments (10 %, +1 %). Les secteurs en pleine expansion sont le chauffage (cogénération bois) et les transports (biodiesel), qui font l'objet de la présente note.

Le recours massif aux bioénergies pour le chauffage par réseau de chaleur urbain a été efficace pour réduire les émissions CO₂, mais a accru les émissions de certains polluants.

La hausse considérable des bioénergies dans la consommation énergétique finale suédoise s'explique en large partie par l'effet combiné du déploiement à grande échelle de la **cogénération et du réseau de chaleur urbain** (hausse de 70 % de la puissance électrique de cogénération installée depuis 2000, 10 % du mix électrique actuel) et de la **substitution des combustibles fossiles, devenus moins rentables, par la biomasse-bois dans les centrales de cogénération**. Les bioénergies représentent désormais plus de 70 % des combustibles utilisés pour la production électrique et pour le chauffage (réseau de chaleur urbain), contre

environ 15 % en 1990. La consommation de biocombustibles dans les bâtiments (chaudières individuelles) est relativement stable depuis 1990.

Cet essor de la cogénération biomasse a été facilité par **l'accès privilégié à la ressource bois** (la Suède, devant la Finlande et la France, a la plus grande forêt productive de l'UE¹), mais pas seulement. Cette progression est essentiellement due aux **politiques publiques de soutien** en faveur de l'électricité biomasse au travers du **marché des certificats verts**² et grâce à la **fiscalité verte**. **La taxe carbone suédoise** (introduite dès 1991 et au taux actuel de 120 €/tonCO₂), combinée aux autres taxes énergétiques, **s'est traduite en particulier par un taux de taxation effectif record du carbone**³ **supérieur à 400 €/tonCO₂ pour certains combustibles fossiles**, ce qui a rendu les biocombustibles très compétitifs, car ils en sont largement exonérés. Le déploiement du réseau de chaleur urbain, qui couvre actuellement les besoins en chauffage (espace et eau chaude sanitaire) de 92 % des appartements suédois et 20 % des habitations individuelles, et dont le rôle a été central pour promouvoir les bioénergies, a de plus été soutenu par une subvention efficace couvrant 30 % des coûts de raccordement des logements.

En termes de bilan carbone, la hausse spectaculaire des bioénergies a permis de **diviser par 3 les émissions GES** des secteurs de la production d'électricité et de chaleur en Suède depuis la fin des années 1990, selon l'Agence suédoise de l'Environnement⁴. Le pays a ainsi pu atteindre son **objectif national de disparition des combustibles fossiles pour le chauffage d'ici 2020** avec quelques années d'avance. En dépit des coupes de bois croissantes pour satisfaire la demande, les progrès réalisés en matière de gestion forestière durable ont permis d'augmenter la capacité des forêts suédoises à stocker le carbone (voir annexe 11 sur l'évolution des puits forestiers, LULUCF). En conséquence, il n'y a pas eu d'effets indirects négatifs sur les émissions GES. Les sols suédois ont absorbé l'équivalent de 82 % des émissions GES suédoises en 2015, permettant au pays d'approcher la neutralité carbone. Les feux de forêts qu'a connus la Suède durant l'été 2018 devraient, toutefois, réduire l'ampleur de ces puits.

De même, les modernisations des centrales de cogénération en matière de contrôle des émissions, combinées au recul des combustibles fossiles comme source d'approvisionnement, ont permis de **réduire les émissions de particules (PM), les dioxines et de SO₂** (division par 4 émissions) du secteur de la production énergétique entre 1990 et 2016, malgré la hausse des capacités installées de cogénération de 67 % enregistrée sur la période. Les émissions de NOx, CO, mercure, d'hydrocarbures aromatiques (HAP) et d'ammoniac sont restées stables depuis 1990.

En revanche, l'essor de la cogénération biomasse s'est traduit par un doublement des émissions atmosphériques de cadmium et d'hexa-chlorobenzène (HCB) provenant du secteur de la production d'électricité et de chaleur depuis 2000 (voir annexes). Ce secteur est désormais responsable de la moitié des émissions nationales de HCB et de cadmium dans l'air, ce qui pourrait soulever des interrogations, à termes, sur les outils à mettre en œuvre pour limiter ces émissions (le cadmium est classé « cancérigène » et le HCB « cancérigène possible » par le CIRC). Au plan national toutefois, les émissions totales de HCB et de cadmium dans l'air sont relativement stables depuis 10 ans en Suède, car la hausse des émissions des secteurs de la production d'électricité et de chaleur a été compensée par la baisse des émissions de l'industrie.

¹ Eurostat [2015](#)

² Voir publication sur la fiscalité verte suédoise réalisée avec le Pr Thomas Sterner [ici](#).

³ OCDE Revue Environnementale de la Suède (page 76 [ici](#))

⁴ Source : <https://www.naturvardsverket.se/upload/sa-mar-miljon/klimat-och-luft/luft/luftforeningar/informative-inventory-report-sweden-2017.pdf>

La progression fulgurante des biocarburants permet également à la Suède de décarboner efficacement ses transports, mais ne résout pas le problème des NOx et des particules (PM).

La hausse des bioénergies dans le mix énergétique la plus spectaculaire des 10 dernières années a concerné le secteur des transports (+15 TWh), grâce aux biocarburants et, essentiellement, au biodiesel de 2^{ème} génération « HVO⁵ » produit principalement à partir d'huiles végétales et animales de récupération importées (voir annexe). En 2017, les biocarburants ont représenté 22 %⁶ de la consommation énergétique finale des transports, permettant à la Suède de plus que tripler l'objectif UE2020 de 10 % d'EnR dans les transports (33 %⁷ en 2017, un record en UE).

Plus précisément, le total des biocarburants vendus en Suède se décomposait en :

- **67 % de biodiesel « HVO »** dont 26 % ont été vendus sous forme de biodiesel pur HVO100 en pleine expansion et 41 % en *low-blend*⁸ dans le diesel. La matière première du HVO provenait principalement, en 2016, des pays suivants : Allemagne 16 %, Indonésie 15 %, USA 12 %, Pays-Bas 7 %. Cette matière première est également diversifiée : huiles végétales et animales de récupération 38 %, huile de palme/PFAD 23 %, déchets d'abattoirs 19 %, colza 8 %, huile de pins 7 % et maïs 4 %.
- **15 % de biodiesel de 1^{ère} génération FAME**, en diminution. 80 % est vendu en *low-blend* (origines : Allemagne 22 %, Lituanie 17 %, Danemark 16 %, Lettonie 10 %; source : oléagineux dont le colza)
- **10 % de bioéthanol**, avec une stagnation actuelle des volumes en raison du maintien du *low-blend* à 5 % de bioéthanol dans l'essence depuis plusieurs années et de **l'échec de la filière de l'E85** lié à la corrosion rapide des moteurs. Il est possible que ces volumes repartent à la hausse, suite aux nouvelles obligations sur l'empreinte carbone des carburants, décrites *infra*. **La France est, avec 29% des volumes, le premier fournisseur**, suivie par la Suède 16 %, la Roumanie 11 %, l'Ukraine 10 %. Origines du bioéthanol : maïs 37 %, blé 27 %, betterave à sucre 23 %)
- **8 % de bioGNV**, en progression suite au lancement de la méthanisation à grande échelle⁹ des déchets alimentaires des ménages.

La progression des biocarburants dans les transports a été rendue possible par **leur exonération des droits d'accises** (taxe carbone et taxe sur l'énergie) en vertu de la réglementation UE sur les aides d'État. Cette progression résulte également la mobilisation du gouvernement pour atteindre l'objectif national, adopté en 2009, d'**un parc de véhicules indépendant des combustibles fossiles d'ici 2030**, qui s'est traduit dans la nouvelle loi climat de 2017 par l'objectif pivot d'une réduction de 70 % des émissions GES des transports entre 2010 et 2030. Afin d'atteindre cet objectif, le gouvernement rose-vert a lancé des consultations avec l'ensemble des acteurs de la filière des carburants dans le cadre de la **plateforme nationale « Fossil-free Sweden¹⁰ »** présentée lors de la COP21 et du « 2030-Secretariat¹¹ ». Le groupe pétrolier PREEM, qui possède 80 % des capacités de raffinage suédois, y a par exemple annoncé la conversion de toutes ses raffineries en bioraffineries d'ici 2030.

Le gouvernement a introduit **des taux d'obligation de réduction de l'empreinte carbone des carburants** depuis le 1^{er} juillet 2018, ce qui a mis fin aux exonérations fiscales pour les biocarburants incorporés en faible mélange. Les revendeurs ne peuvent désormais vendre que de l'essence dont les émissions GES sont inférieures de 2,6% à celles de l'essence pure (qui ne contient pas de bioéthanol) puis de 4,2% à partir du 1^{er} janvier 2020. Pour le diesel, la réduction est actuellement de 19,3%, et atteindra 20% en 2019 et 21 % en

⁵ Huile Végétale Hydrotraitée

⁶ Source : [STEM](#)

⁷ Eurostat [2017](#)

⁸ En 2017, le diesel vendu en Suède contenait en moyenne 20 % de biodiesel incorporé en faible mélange (« *low-blend* ») et l'essence, 5 % de bioéthanol.

⁹ Voir publication internet du SER « *La Suède et la frontière technologique : économie circulaire – le traitement et la valorisation des déchets ménagers* » [ici](#).

¹⁰ Source : <http://fossilfritt-sverige.se/in-english/>

¹¹ Source : <https://2030-sekretariatet.se/english/>

2020. Ces taux seront ajustés pour **assurer une réduction de l’empreinte carbone de 40 % par rapport aux carburants fossiles en 2030**, ce qui serait nécessaire pour remplir l’objectif national de réduction de 70 % des émissions GES des transports en 2030 en complément de l’électromobilité. Le taux de réduction de 4,2 % pour l’essence à partir de 2020 devrait obliger la plupart des vendeurs d’essence d’incorporer 10 % de bioéthanol dans l’essence (E10) contre 5 % aujourd’hui, ce qui aurait pour effet de doubler la demande suédoise en bioéthanol *low-blend* d’ici 2020.

Les effets des biocarburants sont très positifs sur les émissions GES, mais certains impacts négatifs sur l’environnement demeurent (NOx, PM, huile de palme). Comparés à leur équivalent fossile, les biocarburants suédois permettent une réduction des émissions GES de 81 % pour le biodiesel HVO, de 76 % pour le bioGNV, de 59 % pour le bioéthanol, de 53 % pour le biodiesel FAME, et de 86 % pour la bioessence¹². Ainsi, la montée des biocarburants, combinée à la mise sur le marché de véhicules plus propres, a contribué à **réduire de 20 % les émissions GES des transports depuis 10 ans**, dans un contexte où le nombre de voitures en circulation a augmenté de 10 % sur la période¹³ (+20 % pour les camions). Selon l’Agence suédoise de l’Énergie, les biocarburants ont permis de réduire les émissions GES de **3,9 MtonCO₂**¹⁴ en 2016, soit **7 % des émissions nationales totales**.

Derrière ce bilan carbone positif, **les biodiesels (HVO et FAME), qui représentaient 82 % des biocarburants, émettent autant d’oxydes d’azote « NOx » (voire plus pour le biodiesel FAME) que le diesel fossile**¹⁵, ce qui soulève des interrogations sur l’impact sur la qualité de l’air de la décarbonisation des transports par le biodiesel. Cela n’est pas le cas, a contrario, pour le bioGNV qui permet une réduction de plus de 80 % des émissions NOx et PM par rapport au gazole. En conséquence, **les émissions de PM10 du secteur des transports sont relativement stables depuis la fin des années 1990**, sous les effets opposés de la modernisation et de la diésélisation du parc suédois (35% de voitures diesel aujourd’hui, contre 8 % en 2007). L’arrivée sur le marché des véhicules diesel de norme Euro 6, moins émetteurs, devrait permettre de diminuer fortement les émissions liées au biodiesel (qui est incorporé à plus de 20 % dans le diesel vendu) au cours de la prochaine décennie.

Afin de limiter l’impact environnemental du biodiesel HVO, le Parlement suédois a, par ailleurs, amendé, en novembre 2017, la loi sur les critères de durabilité des biocarburants afin d’**exclure le biodiesel HVO d’huile de palme du marché suédois à partir du 1^{er} juillet 2018**, compte-tenu de ses impacts néfastes sur l’environnement. Les exonérations de droits d’accises sur le biodiesel HVO d’huile de palme ont représenté une dépense fiscale pour l’État de 155 M€ en 2016, comme souligné par les ONG dans les débats.

¹² Source : STEM Rapport ER 2017:12

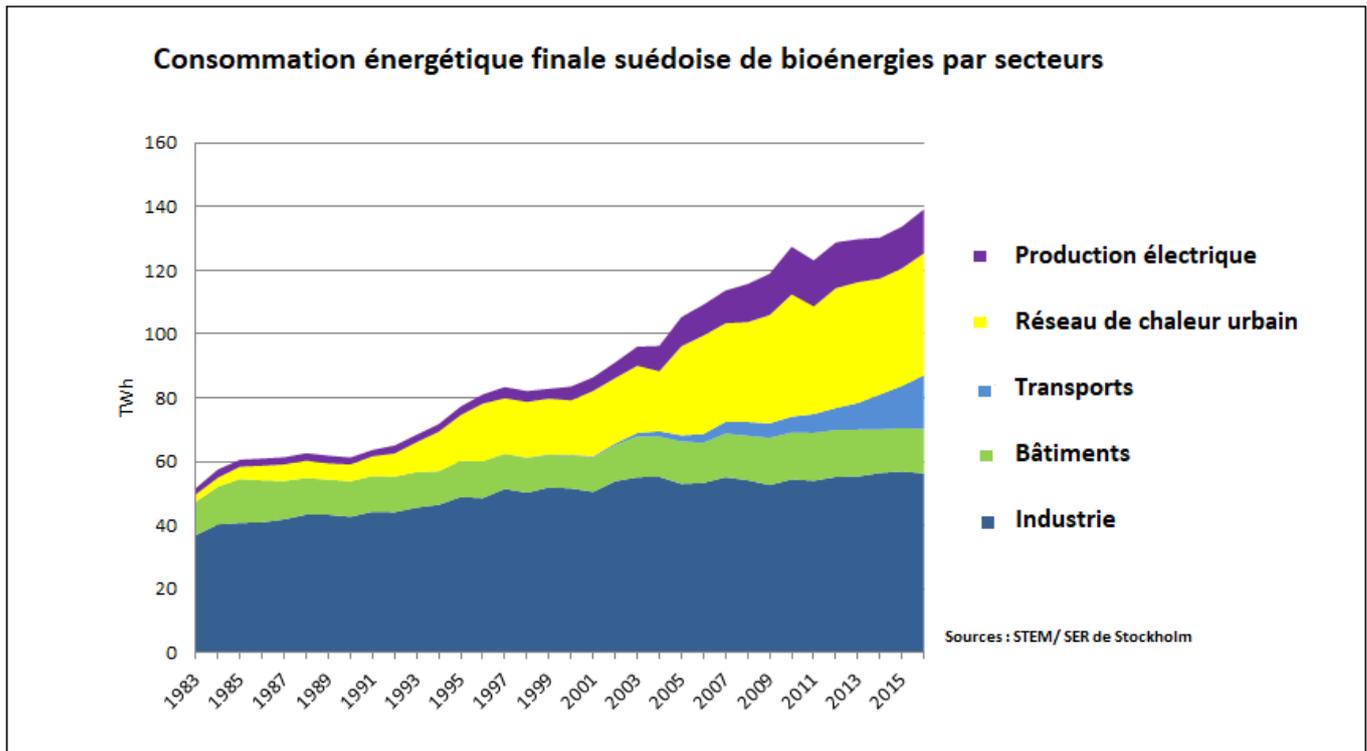
¹³ Source : https://www.trafa.se/globalassets/rapporter/2016/rapport-2016_13-statistik-over-fordonsflottans-utveckling---delredovisning-av-regeringsuppdrag.pdf
https://www.trafa.se/globalassets/rapporter/2017/rapport-2017_8-prognoiser-for-fordonsflottans-utveckling-i-sverige.pdf

¹⁴ Source : STEM http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/hallbara-branslen/presentationer/hallbarhetslagen_noak.pdf

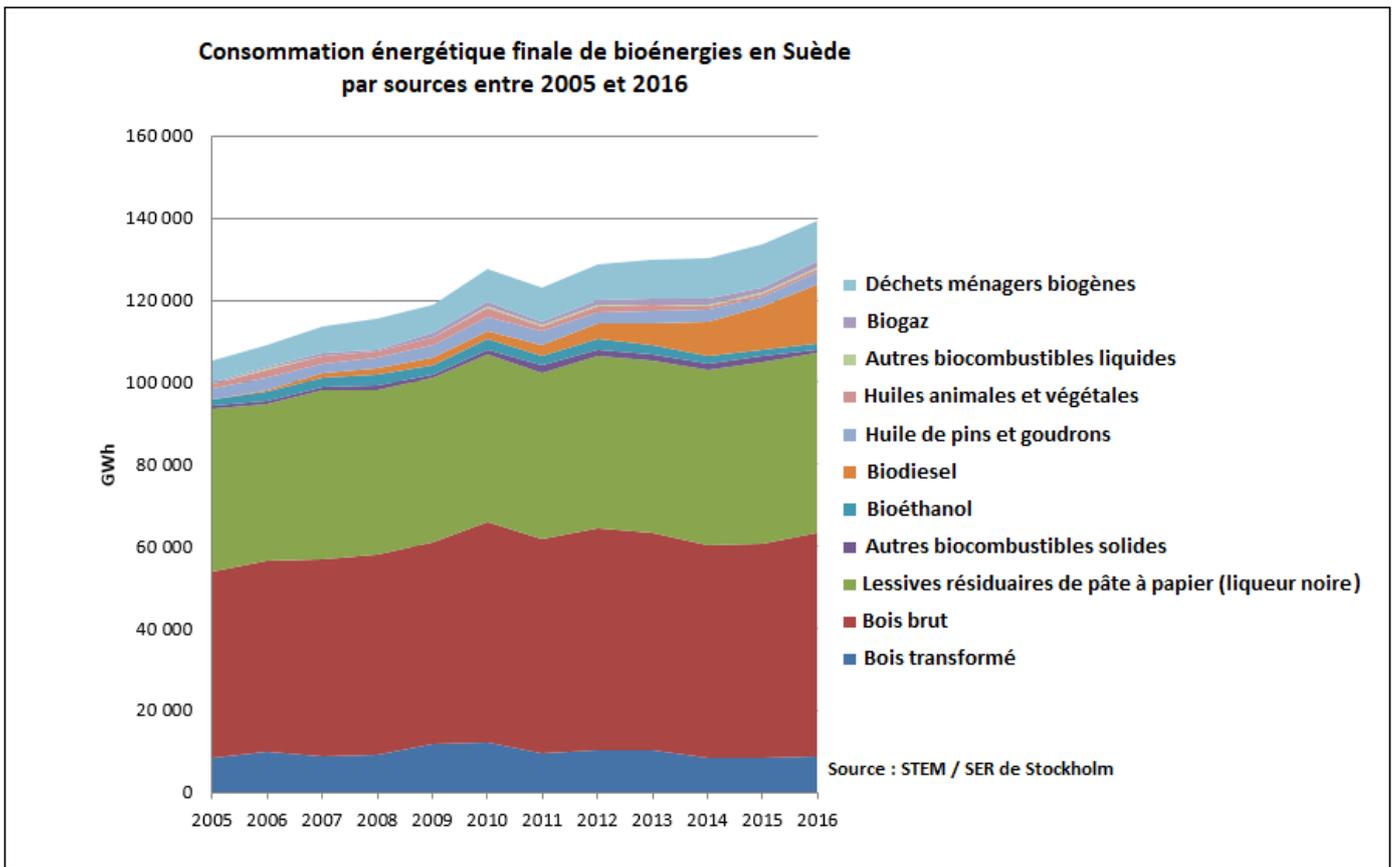
¹⁵ Source : http://slb.nu/slb/rapporter/pdf8/slb2010_007.pdf

Annexe

Annexe 1



Annexe 2



Annexe 3

Carburants et des biocarburants routiers vendus en Suède et leurs émissions GES-NOx-PM

| Carburants routiers vendus en Suède | Biodiésel HVO | | Biodiésel FAME | | Bioéthanol | | Gaz pour véhicules (GNV) | | Essence | Diesel | Total |
|--|---|---------------|---|----------------|--|---|---|-------------|---|---|-------|
| | HVO 100 (pur) | HVO low-blend | FAME concentré | FAME Low-blend | E85-E95 | Low-blend | Biogaz BioGNV | Gaz naturel | | | |
| Part d'énergies renouvelables en 2017 (en % des volumes vendus) | 100 | 100 | 90-100 | 100 | 81-95 | 100 | 87 | | 5 | 20 | 22 |
| Volumes 2017 (x 1 000 m3) | 565 | 877 | 71 | 260 | 49 | 157 | 162* | 24 | 3041** | 4684*** | 2003 |
| Part du total des carburants routiers (en %) | 5,7 | 8,9 | 0,7 | 2,6 | 0,5 | 1,6 | 1,6 | 0,3 | 30,7 | 47,4 | 100 |
| Réduction des émissions GES par rapport au carburant fossile équivalent **** | 81% | | 53% | | 59% | | 76% | 0 | 0 | 0 | 16% |
| Émissions NOx***** (en gramme/km) | Émissions proches de celles du diesel fossile | | Émissions 10-50 % supérieures au diesel fossile selon la matière première du biodiesel FAME | | 2015, STO voitures E85 : 0,06 Bus E95 : 2,95 | - | Données 2015 à Stockholm Voitures : 0,07 Camion léger : nd Poids lourd : nd Bus : 3,03 | | En 2015 à Stockholm Voitures : 0,15 Camion léger : 0,29 Poids lourd : nd Bus : nd | En 2015 à Stockholm Voitures : 0,54 Camion léger : 0,71 Poids lourd : 5,38 Bus : 5,24 | - |
| Émissions PM***** (en milligramme/km) | voitures particulières: Réduction d'environ 50 % par rapport au diesel fossile | | voitures particulières : réduction d'environ 50 % rapport au diesel fossile | | 2015, STO voitures E85 : 1,23 Bus E95 : 17 | - | Données 2015 à Stockholm Voitures : 1,23 Camion léger : nd Poids lourd : nd Bus : 17 | | En 2015 à Stockholm Voitures : 1,72 Camion léger : 3,97 Poids lourd : nd Bus : nd | En 2015 à Stockholm Voitures : 9,37 Camion léger : 24 Poids lourd : 77,3 Bus : 76,9 | - |
| Remarques | Le Parlement a amendé, en novembre 2017, la loi sur les biocarburants afin d'exclure le biodiesel HVO d'huile de palme du marché suédois à partir du 1er juillet 2018 | | - | | En fort déclin en Suède raison de problèmes de corrosion | 10 % de "low-blend" (E10) en 2020 probable suite à la nouvelle loi sur le bilan carbone | Économie circulaire : le biogaz permet de valoriser les déchets alimentaires des ménages/industrie qui seraient brûlés autrement (+ traitement des boues d'épuration/lisiers, etc.) | | Émissions des nouvelles voitures (Norme Euro 6): NOx : 0,06 g/km PM : 5 mg/km | Émissions des nouvelles voitures (Norme Euro 6): NOx : 0,08 g/km PM : 5 mg/km | - |

* Volume de biogaz pur. Le bioGNV est commercialisé sous forme de GNV (fordongas) qui contenait 87 % de biogaz en 2017 (le reste étant du méthane/propane fossile) Source : SER de Stockholm

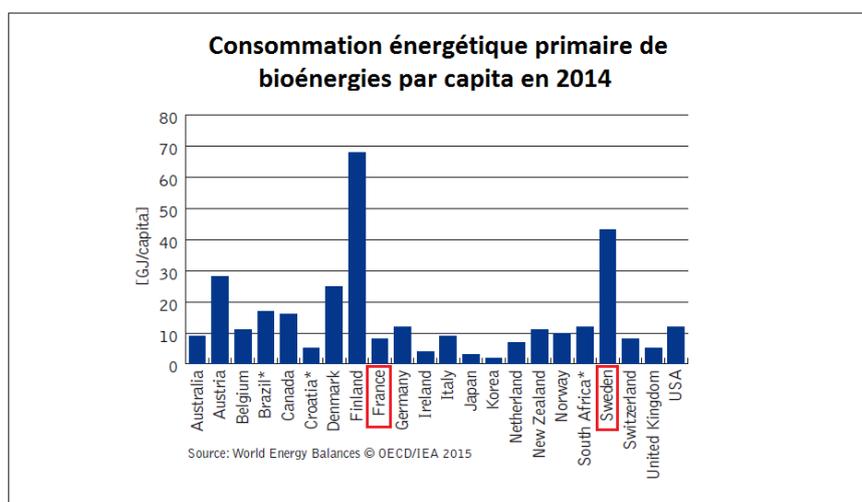
**Volume d'essence pure. Compte-tenu du volume de bioéthanol "low-blend", l'essence suédoise contenait en moyenne 5 % d'éthanol en 2017

***Volume de diesel pur. Compte-tenu des volumes de biodiesel "low-blend" (HVO et FAME), le diesel suédois contenait en moyenne 20 % de biodiesel en 2017

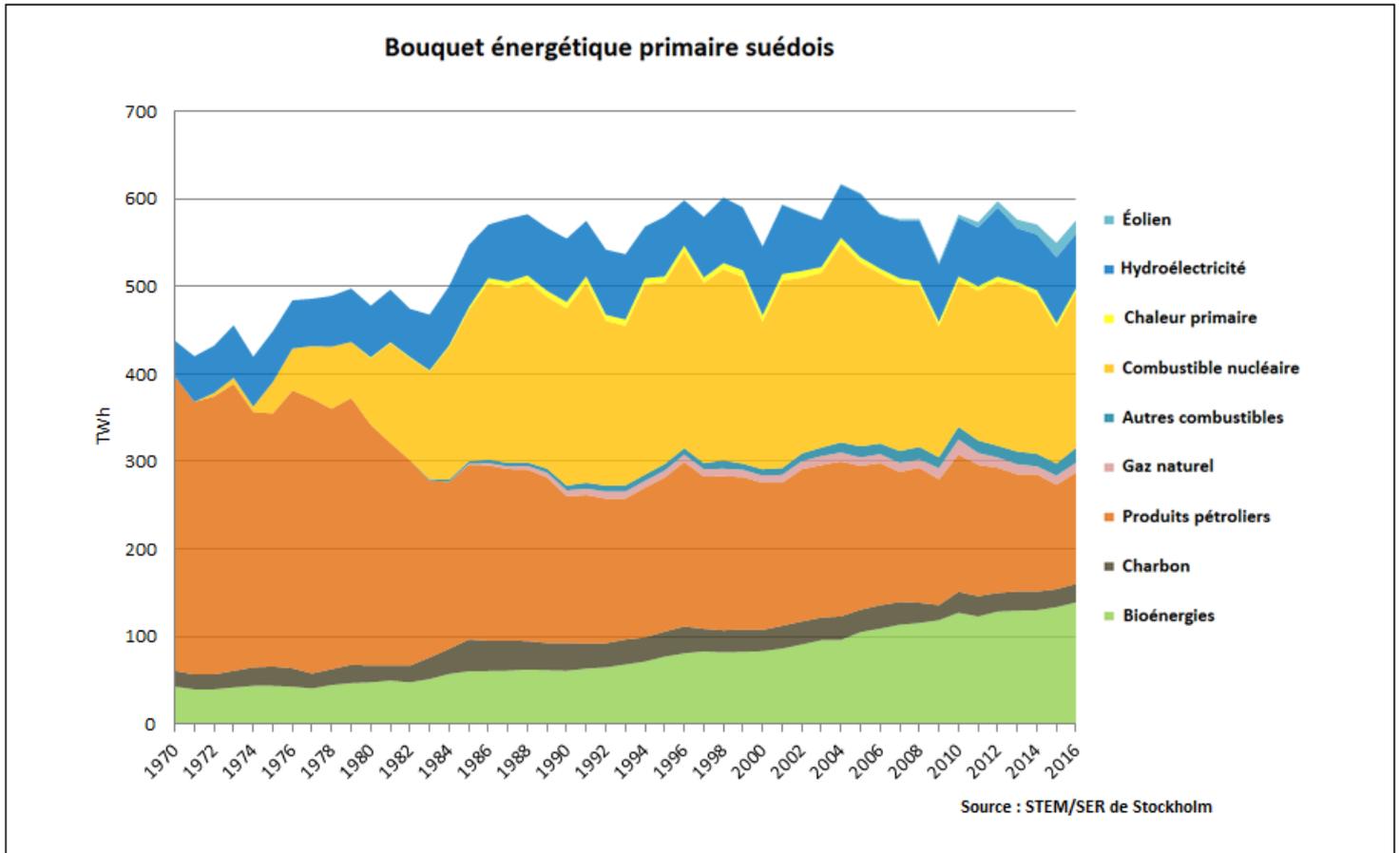
**** Source : Agence suédoise de l'énergie- rapport ER 2017:12

***** Source : Région de Stockholm SLB - http://slb.nu/slb/rapporter/pdf8/slb2017_003.pdf

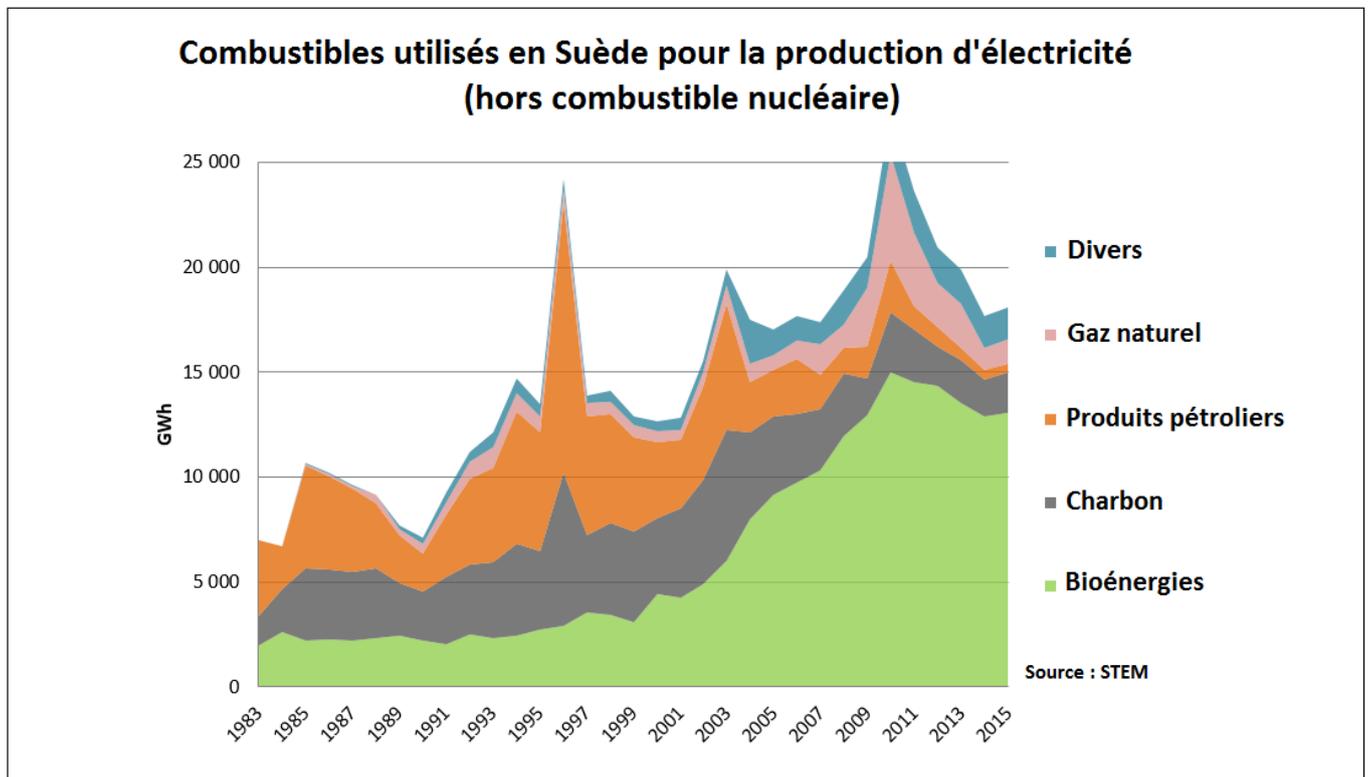
Annexe 4



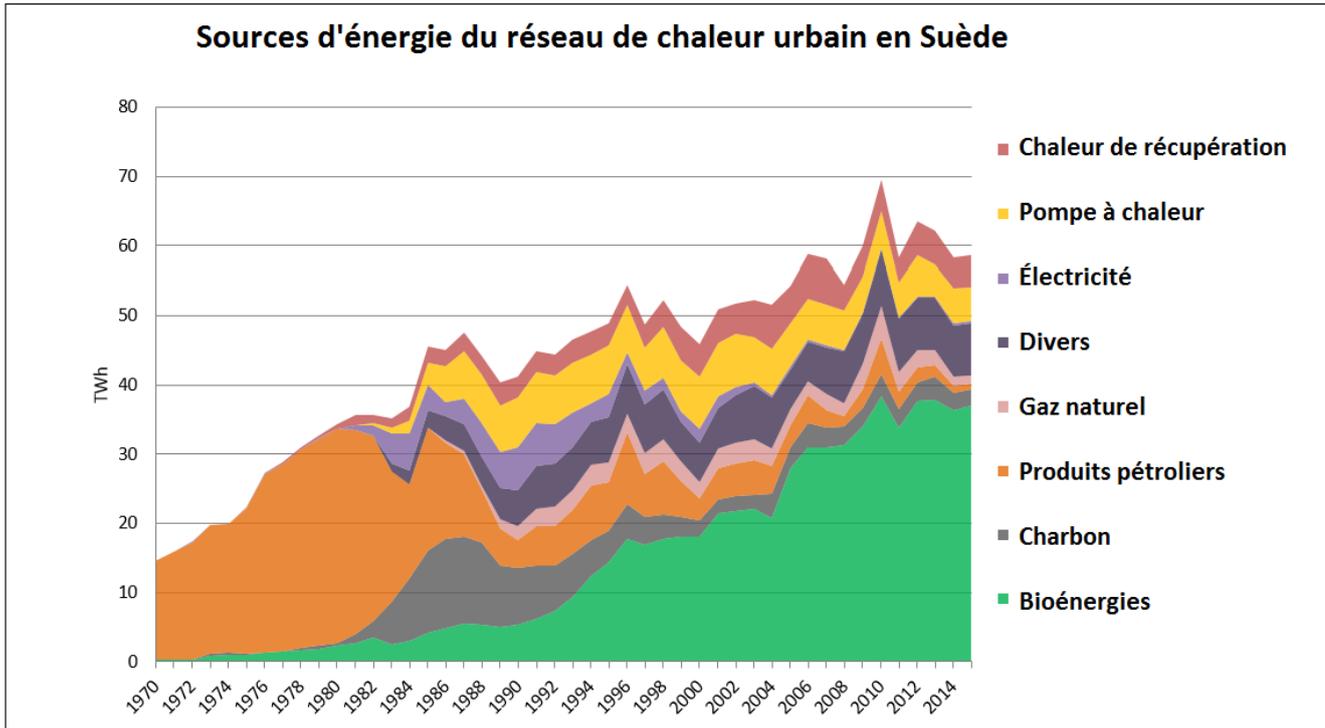
Annexe 5



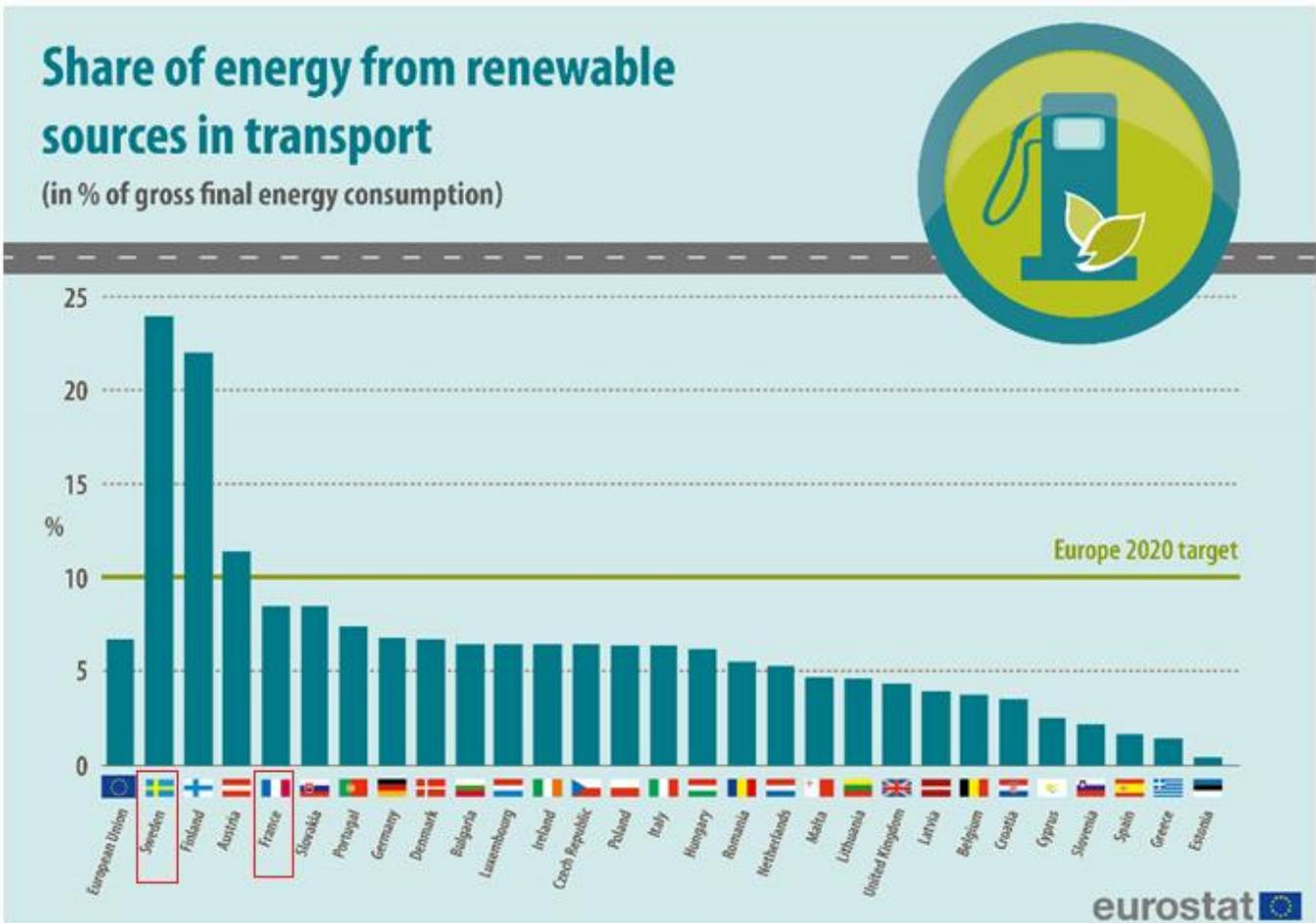
Annexe 6



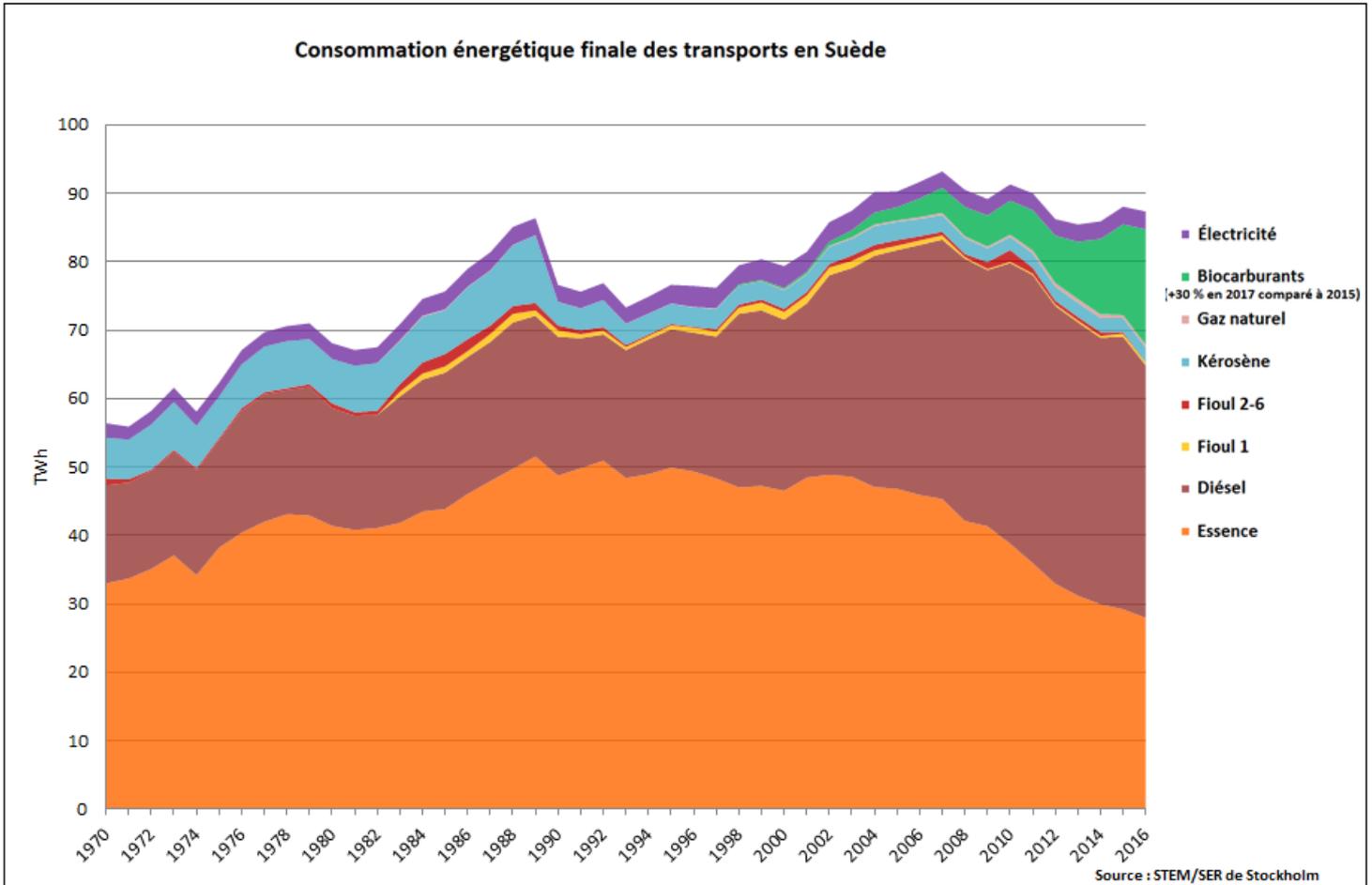
Annexe 7



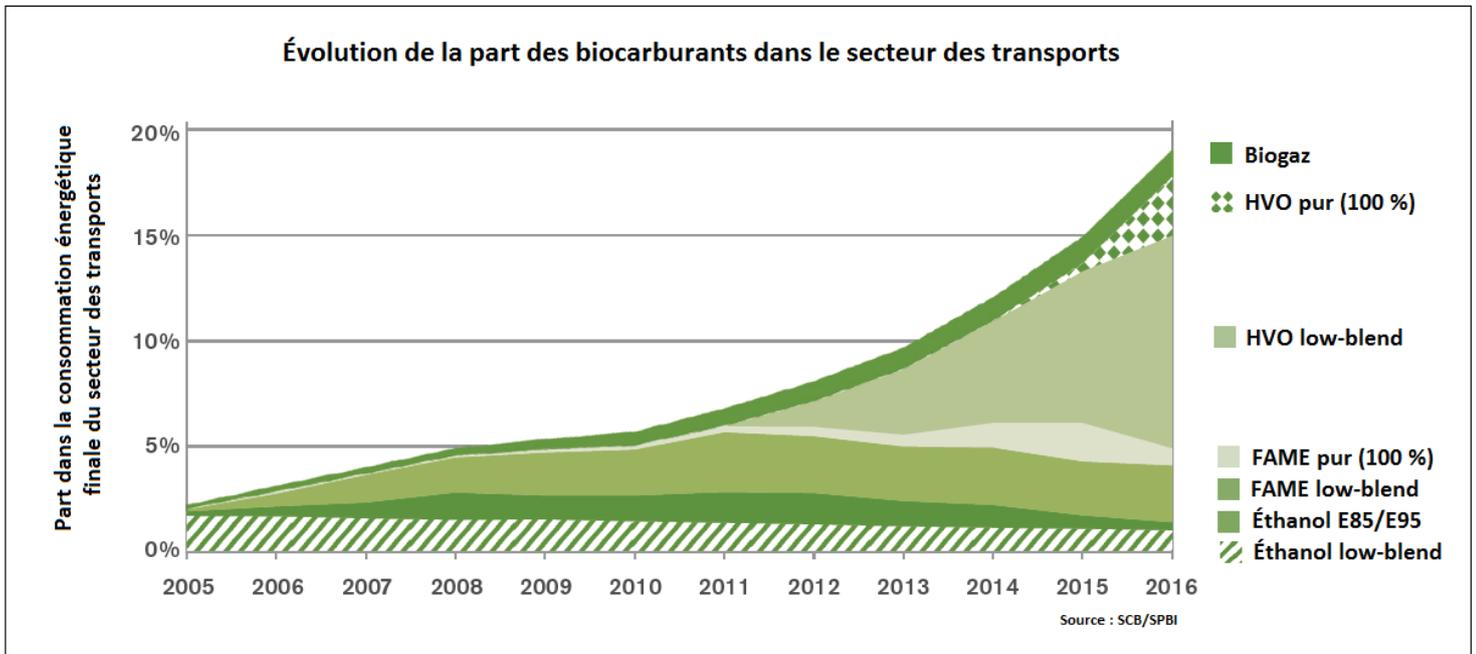
Annexe 8



Annexe 9

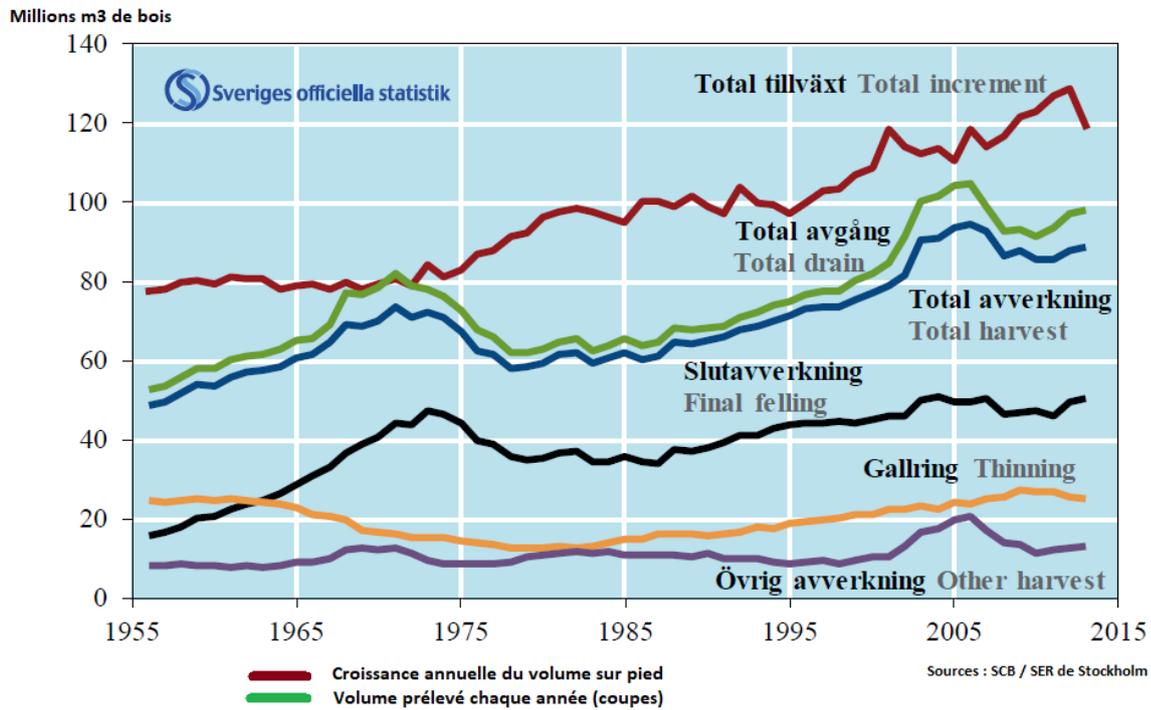


Annexe 10



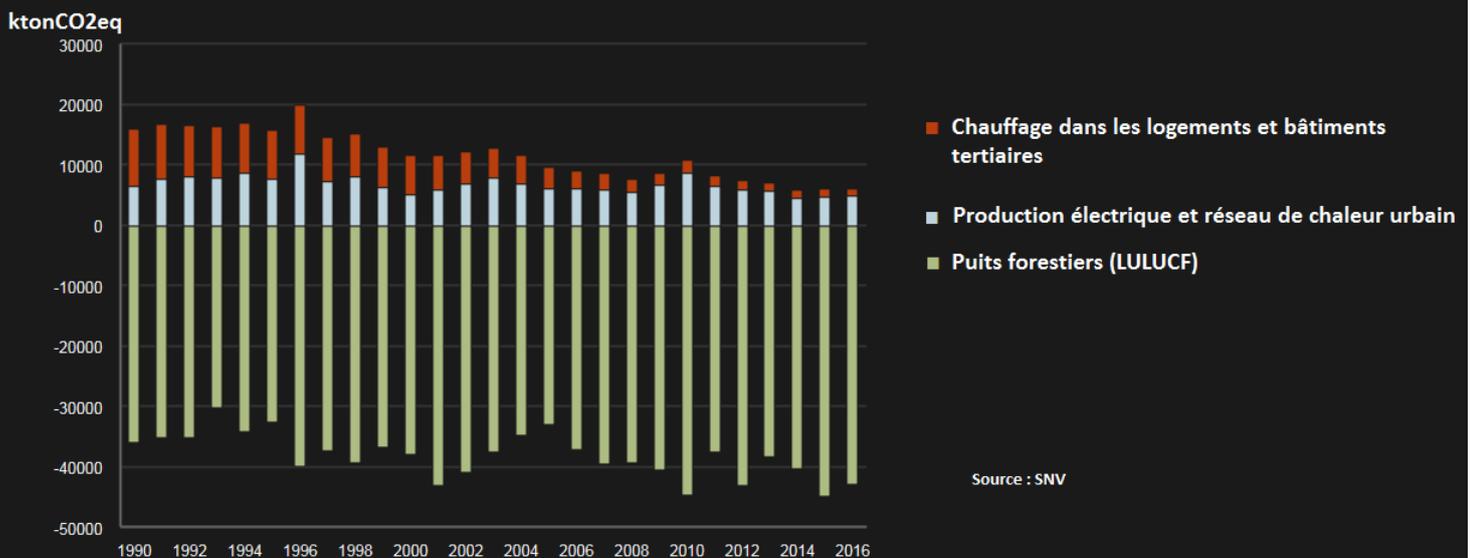
Annexe 11

Croissance annuelle naturelle des forêts suédoises et volumes prélevés entre 1955 et 2015



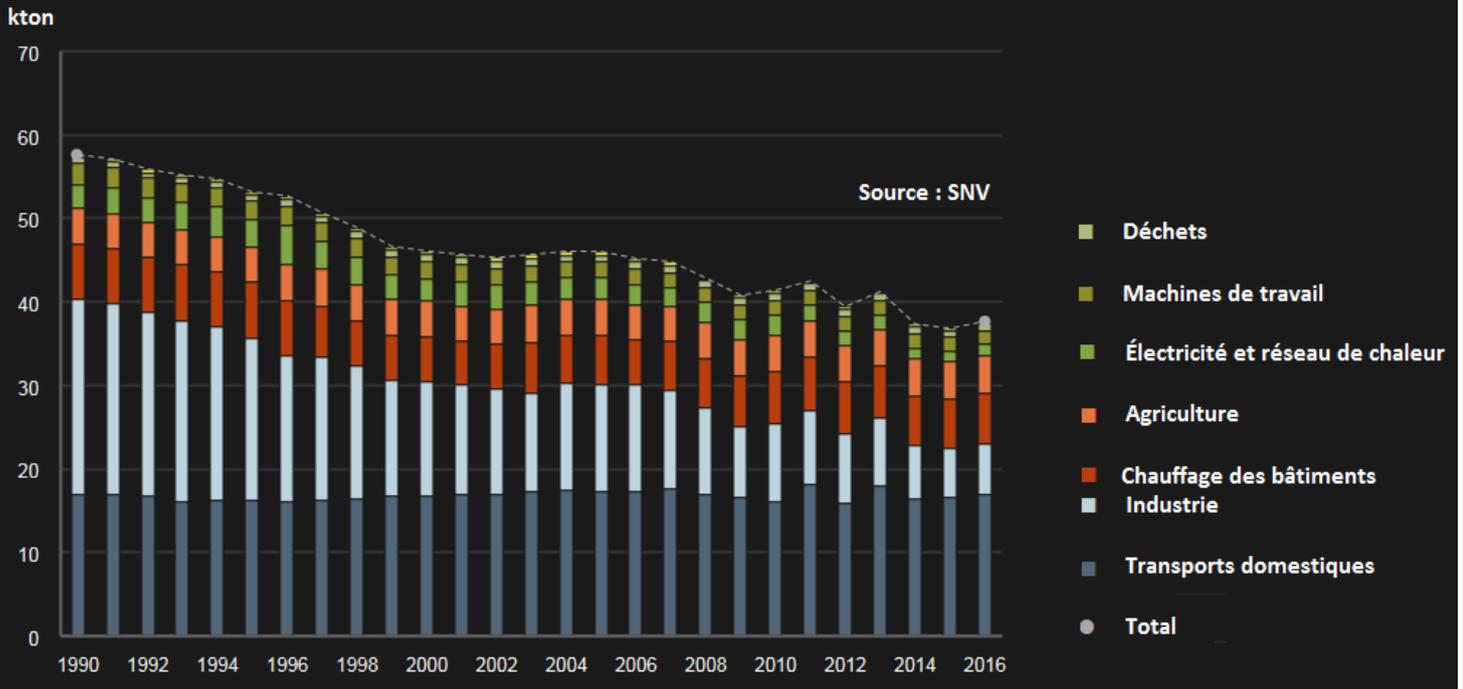
Annexe 12

Évolutions des émissions GES suédoises de certains secteurs liés aux bioénergies



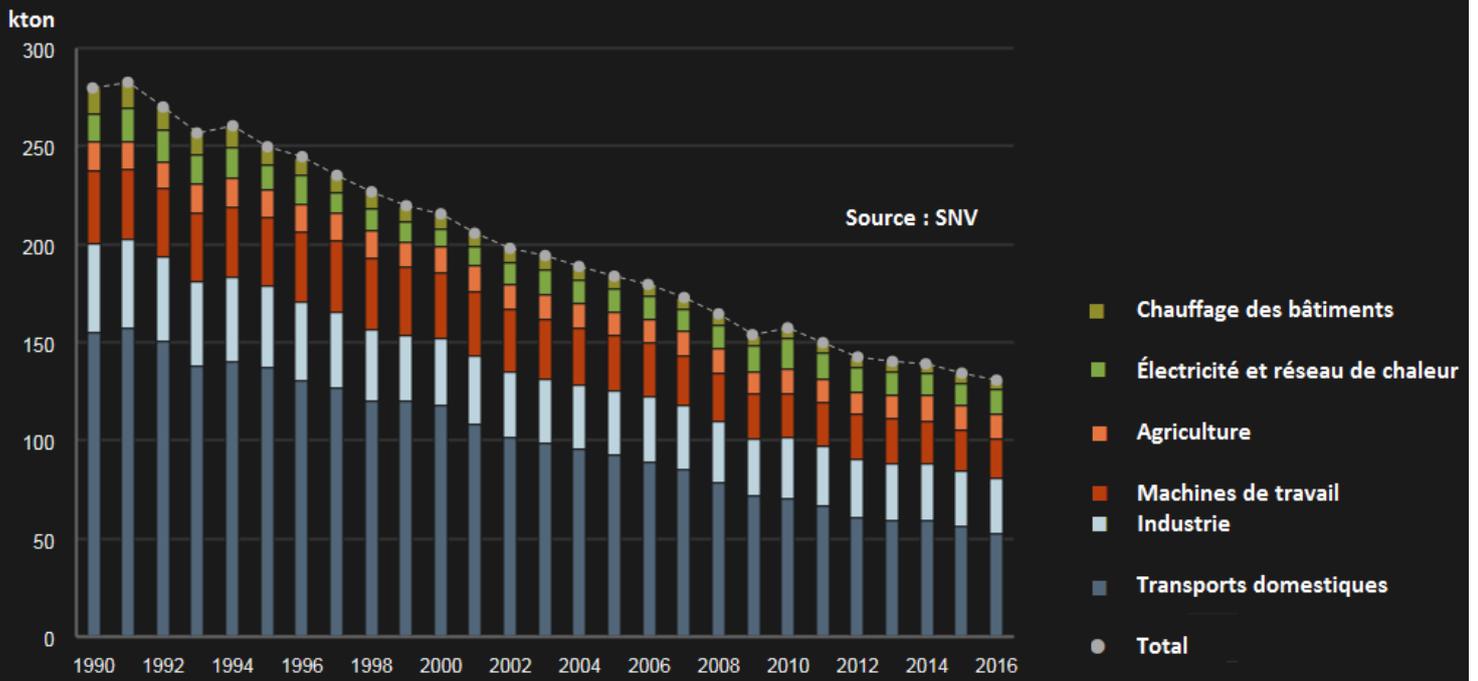
Annexe 13

Émissions de particules PM10 en Suède

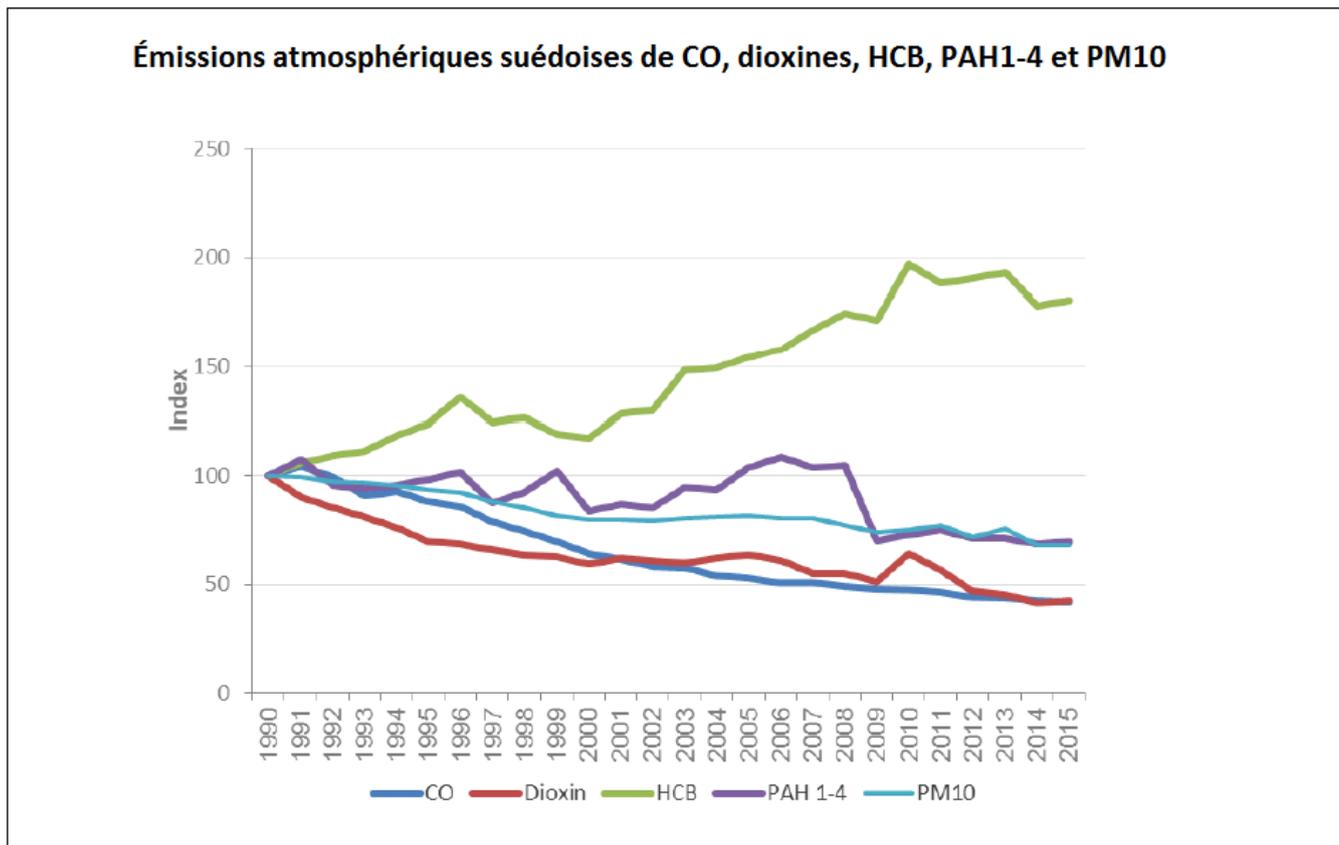


Annexe 14

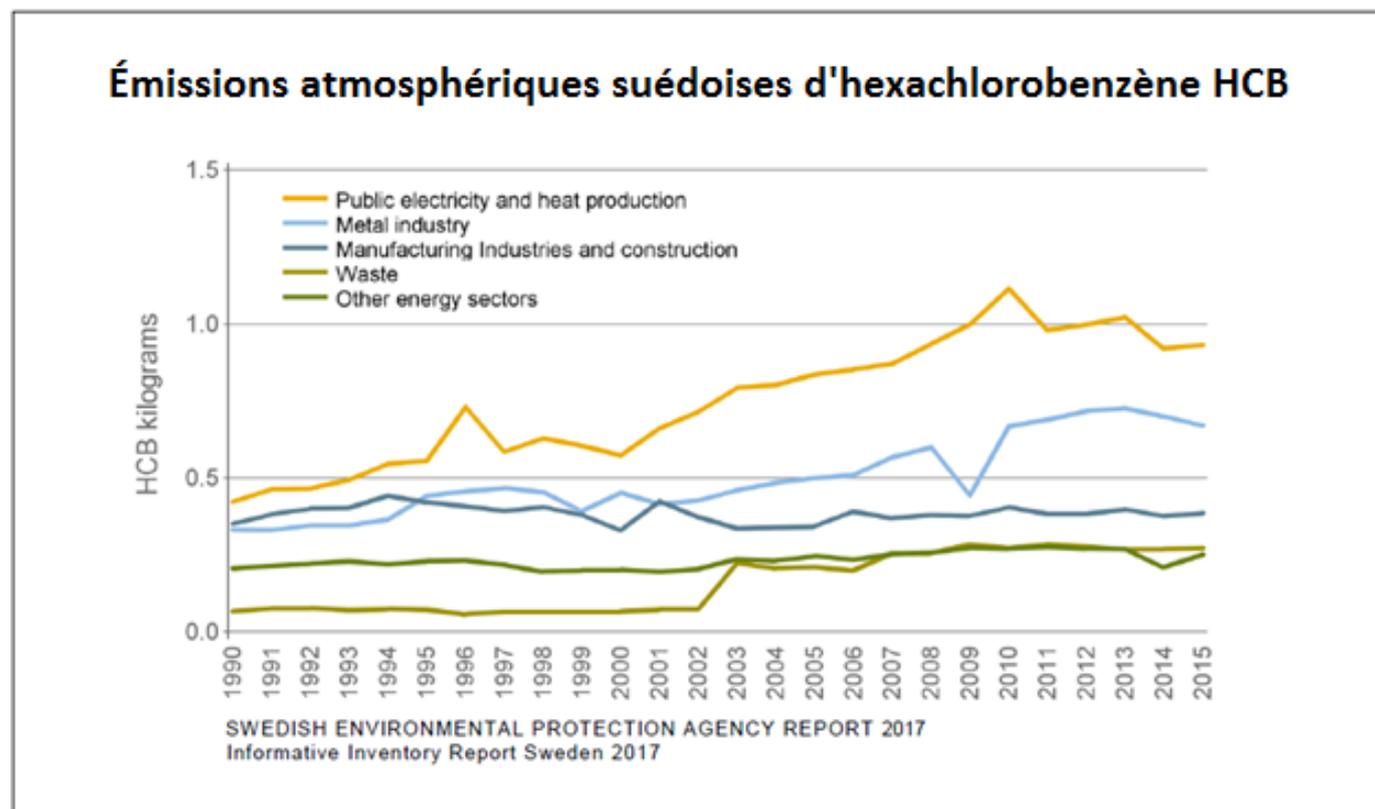
Émissions NOx en Suède



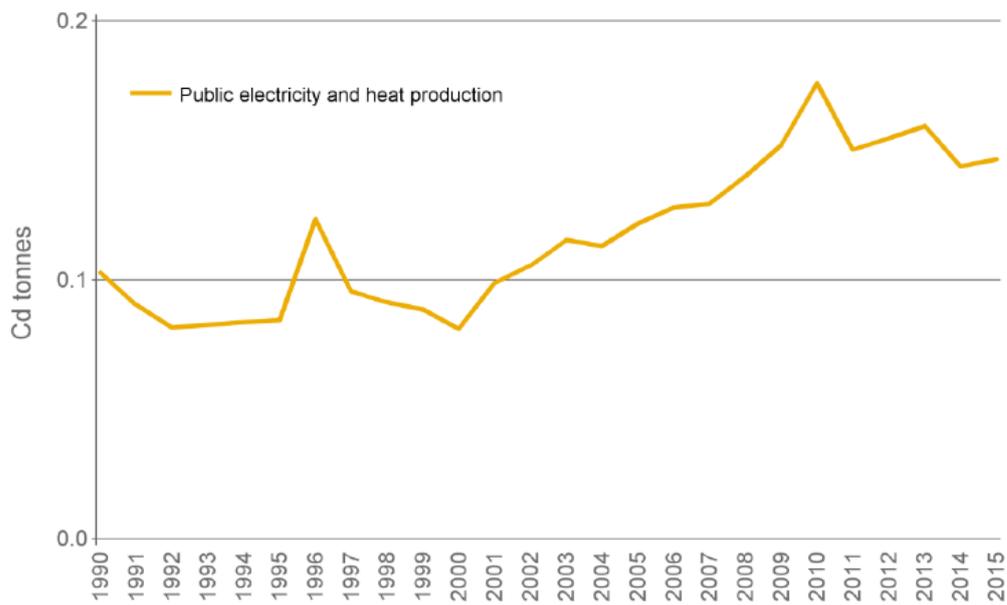
Annexe 15



Annexe 16



Émissions atmosphériques de Cadmium en Suède (des secteurs de la production d'électricité et de chaleur)



SWEDISH ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY REPORT 2017
Informative Inventory Report Sweden 2017

Clause de non-responsabilité - Le service économique s'efforce de diffuser des informations exactes et à jour, et corrigera, dans la mesure du possible, les erreurs qui lui seront signalées. Toutefois, il ne peut en aucun cas être tenu responsable de l'utilisation et de l'interprétation de l'information contenue dans cette publication.