

1. Explication du périmètre dans le calcul des émissions de GES	1
2. Typologie des transports	2
3. Contours géographiques	3
4. Flux de passagers.....	4
4.1 Listing des sources	4
4.2 Flux ferroviaires.....	5
4.3 Flux maritimes.....	6
4.4 Flux aériens	6
5. Flux de marchandises	7
5.1 Estimation des flux de marchandises à l'échelle normande.....	7
5.2 Estimation des flux de marchandises à l'échelle EPCI.....	9
5.2.1 Le secteur agricole	10
5.2.2 Le secteur des combustibles.....	10
5.2.3 Le secteur pétrolier	11
5.3 Estimations des émissions de GES	11
6. Conversion en énergie des émissions du transport non routier.....	12

1. Explication du périmètre dans le calcul des émissions de GES

Il existait initialement 2 observatoires en Normandie :

- L'OBNEC, l'Observatoire Bas Normand Énergie Climat, repris par Biomasse.
- L'Observatoire Climat Énergie Haut Normand, repris par ATMO Normandie (membre des ASSQA).

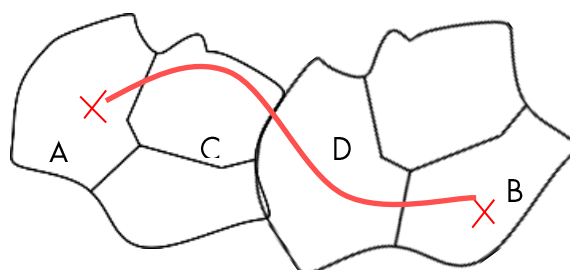
Historiquement, l'OBNEC portait le calcul des GES dans le secteur des transports routiers et non routiers. C'est pourquoi, Biomasse a repris ce volet en continuant la même approche que précédemment qui se distingue de celle employée par ATMO Normandie.

- Approche responsabilité portée par Biomasse Normandie : pour un trajet donné, on attribue les kilomètres parcourus à part égale aux seules communes de départ et d'arrivée, dans une optique de prise de décisions pour les acteurs concernés par ces flux (développement de transports en commun, de covoiturage...).
- Approche cadastrale portée par ATMO Normandie : pour un trajet donné, on répartit les kilomètres parcourus sur le territoire normand à chacune des communes traversées par le flux, en fonction des kilomètres parcourus sur chaque tronçon routier, ferroviaire ou fluvial. ATMO Normandie se doit de respecter cette méthode dans le cadre du guide PCIT 2 dans sa mission d'ASSQA.

Cette distinction des approches s'explique en raison des différents impacts des méthodologies employées. Les deux approches ne permettent pas de mettre en exergue les mêmes caractéristiques lors de la comptabilisation du flux parcourus :

- L'approche responsabilité permet de mettre en avant la responsabilité des communes de départ et d'arrivée dans l'incidence des flux de transport existants entre ces deux communes. Ceci dans une logique de prise de décision pour développer des moyens alternatifs, de mutualiser les déplacements... en vue de réduire les consommations d'énergies et les émissions de GES.
- L'approche cadastrale permet, quant à elle, d'appuyer l'impact sanitaire local des polluants.

Figure 1 : Flux selon la méthode responsabilité et la méthode cadastrale



Prenons l'exemple d'un déplacement (passagers ou marchandises), partant de la commune A et à destination de la commune B, qui traverse les communes C et D.

L'approche responsabilité attribue 50 % des émissions à la commune de départ A et 50 % des émissions à la commune d'arrivée B.

L'approche cadastrale répartit les émissions entre toutes les communes traversées par le flux. Il y a ici 4 communes traversées : A, B, C et D. La spatialisation s'effectue selon le pourcentage de route, de chemin de fer, de portion de fleuve présents sur chacune des communes.

L'approche à adopter dans la réalisation d'un PCAET est l'approche cadastrale. Ainsi, sur sollicitation, ATMO Normandie peut fournir les données à l'échelle EPCI avec une approche cadastrale. Il est alors nécessaire d'être attentif à la méthodologie employée dans le calcul des données, afin de ne pas comparer des données estimées avec des méthodologies différentes.

2. Typologie des transports

Le transport est quantifié selon deux catégories : le transport routier et le transport non routier. Ceci répond à la liste des secteurs d'activité à intégrer dans le PCAET des territoires, visant la réduction des consommations d'énergies, des émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques.

Le traitement du transport non routier est divisé en deux grandes catégories :

- Les flux de passagers.
- Les flux de marchandises.

Pour ces deux types de flux, plusieurs modes de déplacement sont considérés : le ferroviaire, le maritime, le fluvial et l'aérien.

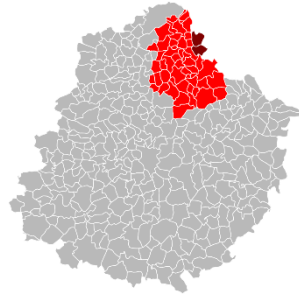
Type de flux	Source de données
Fret - Maritime	Douanes
Fret - Ferroviaire	Enquêtes SITRAM
Fret - Fluvial	Enquêtes SITRAM
Fret - Aérien	Union des aéroports Français
Passagers - Maritime	Eurostat
Passagers - Ferroviaire	SNCF
Passagers - Aérien	Union des aéroports Français

3. Contours géographiques

L'ORECAN diffuse des données à la maille EPCI sur le contour régional. Or, certains EPCI sont à cheval sur plusieurs départements ou plusieurs régions. Dans ce cas, c'est l'échelle communale qui permet de départager ce qui fait partie du suivi de l'ORECAN du reste.

Figure 2 :

CC Maine Saosnois en 2023



Dans l'exemple ci-dessus, la CC du Maine Saosnois est administrativement rattachée au département de la Sarthe, mais les deux communes en bordure font partie de l'Orne (Origny-le-Roux et Suré).

Nous utilisons le Code INSEE et pas le Code Postal qui peut être partagé par plusieurs communes ou bien multiple pour une seule commune (cf. table ci-dessous).

Commune	Code Insee	Code Postal
Valambray	14005	14370
		14540
		14190
Cauvicourt	14145	

Enfin, les contours des communes et des EPCI peuvent varier au cours du temps (principalement dans le sens des fusions de communes). Il convient donc d'avoir une méthodologie rigoureuse pour pouvoir rendre compte de ces changements sans risquer d'omettre ou de compter en double certains déplacements.

Pour cela, nous considérons comme champs de base le Code INSEE à la date de réalisation du déplacement et convertissons vers le nouveau découpage communal à partir de deux fichiers INSEE mis à jour en début d'année. Il a été choisi d'attribuer les données INSEE concernant l'année N-2 à l'année du bilan en cours. Ainsi, les données INSEE de 2019 sont utilisées et attribuées à l'année 2021.

[Table de passage géographie 2003 - géographie 2023](#)

[Base des EPCI à fiscalité propre au 1^{er} janvier 2023](#)

4. Flux de passagers

Pour estimer les émissions de GES du transport non routier de passagers nous allons, dans un premier temps, recenser les flux de passagers ferroviaires, maritimes et aériens à l'échelle nationale ou régionale, puis estimer les émissions associées à ces flux régionaux, avant de les proratiser par la population de la commune ou de l'EPCI.

4.1 Listing des sources

Nous allons recourir à diverses sources pour estimer les flux de passagers du transport non routier, ainsi que les émissions de GES émises par ces différents modes de transport.

Source	Grandeur	Jeux de données	Modes de déplacement
INSEE	Population par commune	Recensement INSEE	Passagers - Ferroviaire
INSEE	Population par EPCI	Recensement INSEE	Passagers - Maritime Passagers - Aérien
SNCF	Nombre de voyageurs par gare	Fréquentation en gares	Passagers - Ferroviaire
SDES	Nombre de voyageurs sur le transport ferroviaire régional	Données du marché français du transport ferroviaire de voyageurs et de marchandises	Passagers - Ferroviaire
Eurostat	Nombre de voyageurs par port	Passagers embarquant dans les différents ports normands	Passagers - Maritime
Union des Aéroports Français	Nombre de voyageurs nationaux et internationaux	Statistiques annuelles pour les 5 aéroports normands : Caen - Carpiquet, Cherbourg Maupertus, Le Havre - Octeville, Rouen - Vallée de Seine et Deauville	Passagers - Aérien
RTE	Taux d'électrification du réseau ferré français		Passagers - Ferroviaire
OSM	Distance en km entre chaque commune normande	Matrice des distances entre chaque commune	Passagers - Ferroviaire
ADEME	Emissions estimées en kgCO ₂ e /passager, km	Base Carbone	Tous

À partir de ces sources, nous connaissons le flux de passagers à l'échelle régionale. Nous allons alors pouvoir calculer les émissions de GES à l'échelle régionale. Pour ce faire, nous utilisons des facteurs d'émissions (FE) provenant de la Base Carbone de l'ADEME :

Modes de transports	Facteurs d'émissions (FE)
Ferroviaire	0,004 kgCO ₂ e/passager.km
Aérien < 1 000km	0,304 kgCO ₂ e/passager.km
Aérien 1 000 < x < 2 000 km	0,237 kgCO ₂ e/passager.km
Aérien > 2 000 km	0,223 kgCO ₂ e/passager.km

Nous allons dans un premier temps estimer les émissions de CO₂e à l'échelle régionale et par mode de transport non routier à l'échelle régionale. Par la suite, nous allons chercher à proratiser ces émissions régionales selon différentes clés de répartition en fonction du mode de transport utilisé, afin d'estimer les émissions à l'échelle EPCI.

4.2 Flux ferroviaires

Flux ferroviaires

- Modèle gravitaire.
- Affluence en gare.
- Distance entre la commune et la gare.
- Population de la commune.
- Proratisation du total d'émissions régionales par la population de chaque commune.

Pour estimer les émissions liées aux flux de passagers de transport ferroviaire, nous recensons dans un premier temps le transport ferroviaire de voyageurs à l'échelle régionale à partir des données du SDES. On attribue alors à ces flux de voyageurs un facteur d'émission nous provenant de l'ADEME qui est une moyenne entre les facteurs d'émissions des TER roulant au gazole et à l'électricité. Nous allons par la suite répartir ces émissions à l'échelle communale.

Pour ce faire, nous recensons l'affluence en gare à l'échelle communale. Chaque commune se voit attribuer un pourcentage en fonction de l'influence des gares au sein de sa commune à l'échelle régionale. Les communes sans gare ont donc une valeur nulle.

$$\text{Influence régionale de la gare} = \frac{\text{Nombre de voyageurs dans les gares de la commune}}{\text{Nombre de voyageurs dans toutes les gares normandes}}$$

Nous utilisons ensuite une matrice des distances qui détermine les distances existantes entre toutes les communes normandes. Cette matrice va nous permettre de déterminer la gare la plus proche de chaque commune normande. Le produit de l'influence régionale avec la distance minimum à la gare la plus proche pour chaque commune, nous fournira le facteur d'accessibilité de la gare.

$$\begin{aligned} \text{Facteur d'accessibilité de la gare} \\ &= \text{Distance minimum de la commune à la gare la plus proche} \\ &* \text{Influence régionale de la gare} \end{aligned}$$

Nous répartissons ensuite les émissions précédemment estimées à l'échelle régionale à l'aide du facteur d'accessibilité de la gare la plus proche, estimé à partir du modèle gravitaire, de la population communale et des émissions régionales précédemment estimées.

Emissions ferroviaires de passagers par commune

$$= \frac{\text{Population de la commune}}{\text{Facteur d'accessibilité de la gare la plus proche}} *$$

Emissions ferroviaires de passagers à l'échelle régionale

$$\left/ \sum_i^n \frac{\text{Population de la commune } i}{\text{Facteur d'accessibilité de la gare la plus proche de } i} \right.$$

4.3 Flux maritimes

Flux maritimes

- Passagers des ports normands.
- Distance parcourue lors du trajet.
- Proratisation du total d'émissions régionales par la population de chaque EPCI.

Nous recensons les flux de voyageurs des ports d'HAROPA avec les ports de Rouen et du Havre, et des Ports Normands Associés avec les ports de Cherbourg, Caen-Ouistreham et Dieppe.

Nous calculons ensuite la distance entre les ports normands et les différentes destinations ou provenances des flux. Nous pouvons alors estimer les émissions de GES de ces flux de passagers en recourant au facteur d'émission (FE) de la Base Carbone de l'ADEME :

$$\text{Emissions maritimes de passagers par ports} = \text{Passagers} * \text{distance parcourue} * FE$$

Enfin, l'estimation des émissions de CO₂e à l'échelle régionale, que l'on a réalisé, est proratisée par la population de chaque EPCI.

4.4 Flux aériens

Flux aérien

- Passagers des aéroports normands.
- Distinction entre plusieurs facteurs d'émissions en fonction de la distance parcourue.
- Proratisation du total d'émissions régionales par la population de chaque EPCI.

Pour les émissions provenant des flux aériens, nous recensons les passagers nationaux et internationaux. Nous recensons les passagers de 5 aéroports normands : Caen - Carpiquet, Cherbourg Maupertus, Le Havre - Octeville, Rouen - Vallée de Seine et Deauville.

Nous réalisons une moyenne des distances parcourues pour chaque aéroport. Nous appliquons ensuite pour chacun des aéroports des facteurs d'émissions (FE) différents selon les distances moyennes parcourues selon :

- La destination du vol : nationale ou internationale
- Des kilomètres parcourus : < 1 000km, < 2 000km, > 2 000km

Nous calculons ainsi les émissions en fonction du nombre de passagers nationaux, internationaux et de l'aéroport dans lequel les vols sont recensés. Nous avons calculé un facteur d'émissions pour chaque aéroport prenant en considération la distance moyenne parcourue par les vols nationaux et internationaux transitant par chaque aéroport.

$$\begin{aligned} & \textit{Emissions aériennes de passagers par aéroport} \\ & = \textit{Passagers nationaux} * \textit{FE attribué à l'aéroport normand} \\ & + \textit{passagers internationaux} * \textit{FE attribué à l'aéroport normand} \end{aligned}$$

De même que pour les émissions des flux maritimes de passagers, les flux aériens de passagers sont répartis au prorata de la population à l'échelle EPCI.

5. Flux de marchandises

La méthodologie à laquelle nous allons avoir recours pour estimer les émissions de GES issues du transport non routier de marchandises diffère de la méthodologie utilisée pour le transport routier et le transport non routier de passagers précédemment exposé. Nous n'allons pas estimer les émissions associées aux flux totaux de marchandises par mode de transport, puis les proratiser par la population communale ou à l'échelle de l'EPCI. Nous allons estimer le flux de marchandises transitant par le ferroviaire, maritime, fluvial ou aérien à l'échelle normande, avant de les répartir par EPCI selon différentes clés de répartition en fonction de la typologie de marchandises. Enfin, nous estimerons les émissions associées à ces flux de marchandises selon le mode de transport non routier utilisé.

5.1 Estimation des flux de marchandises à l'échelle normande

Nous allons dans un premier temps chercher à quantifier les marchandises transitant sur le territoire normand en fonction de leur code SITRAM. L'enquête portant sur le Système d'Information sur les TRANsports de Marchandises (SITRAM) est réalisée par le SDES et porte sur les flux de marchandises.

Pour rendre compte des différents flux de marchandises nous nous référons aux groupes de marchandises tels que définis par la Nomenclature uniforme des marchandises pour les statistiques des transports (NST 2007).

Les codes SITRAM se déclinent ainsi :

Code SITRAM	Secteurs d'activité
0	Agricole
1	Alimentaire
2	Combustible
3	Pétrole
4	Minerais
5	Métallurgie
6	Construction
7	Engrais
8	Chimie
9	Divers

Pour ce faire nous avons recours à diverses sources de données afin de quantifier, par mode de transports, les flux de marchandises recensés à l'échelle nationale.

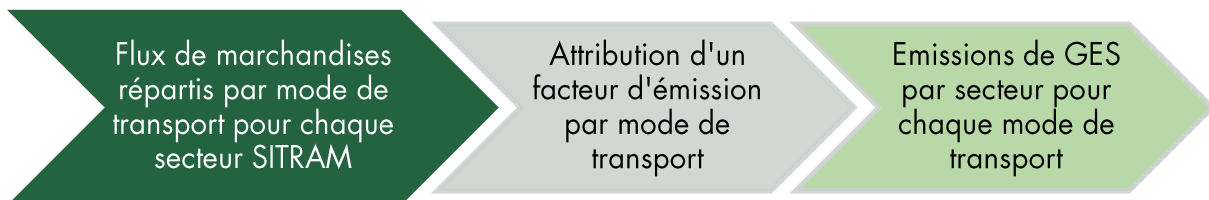
Source	Grandeur	Jeux de données	Modes de déplacement
SDES	Nombre de marchandises en tonnes.km, catégorisées selon la nomenclature uniforme des marchandises pour les statistiques de transport (NST 2007)	Enquêtes SITRAM : - flux à l'échelle nationale de 1995 à 2021 - flux à l'échelle nationale de 1996 à 2006 et 2015 puis modélisation	Fret - Ferroviaire Fret - Fluvial
	Consommations de pétrole	Données locales de l'énergie	Fret - Ferroviaire
DGDDI	Flux d'échanges de marchandises en tonnes.km à l'international : à l'importation et à l'exportation	Données annuelles des statistiques du commerce extérieur	Fret - Maritime
Union des aéroports Français	Tonnes de marchandises transitant par aéroport	Statistiques annuelles pour les 5 aéroports normands : Caen - Carpiquet, Cherbourg Maupertus, Le Havre - Octeville, Rouen - Vallée de Seine et Deauville	Fret - aérien

À partir de ces données, nous pouvons estimer les quantités de marchandises par codes SITRAM qui transitent par voies fluviales, maritimes, ferroviaires ou aériennes à l'échelle régionale.

À partir de ces tonnages de marchandises définis à l'échelle régionale, nous pouvons estimer les émissions de CO₂e à l'échelle normande par mode de déplacements.

Figure 3 :

**Attribution d'un facteur
d'émission
par mode de transport non routier**



Nous appliquons des facteurs d'émissions (FE) par mode de transport non routier :

Modes de transports	Facteurs d'émissions
Ferroviaire	0,004 kgCO ₂ e/tonnes.km

Fluvial	0,033 kgCO ₂ e/tonnes.km
Maritime	0,014 kgCO ₂ e/tonnes.km
Aérien	3,253 kgCO ₂ e/tonnes.km

L'estimation des émissions de CO₂e est réalisée à l'échelle normande avant une ventilation à l'échelle EPCI.

5.2 Estimation des flux de marchandises à l'échelle EPCI

Pour calculer les émissions de CO₂e du transport de marchandises non routier à l'échelle EPCI, nous utilisons plusieurs clés de répartition en fonction du groupe de marchandises concerné :

Code SITRAM	Groupes de marchandises	Données
0	Agricole	Surfaces Agricoles Utiles
1	Alimentaire	Effectif salarié
2	Combustible	Effectif salarié du secteur industriel
3	Pétrole	Effectif dans les raffineries
4	Minerais	Effectif salarié
5	Métallurgie	Effectif salarié
6	Construction	Effectif salarié
7	Engrais	Effectif salarié
8	Chimie	Effectif salarié
9	Divers	Effectif salarié

Les sources des données que nous utilisons pour ventiler les émissions de GES à l'échelle EPCI sont les suivantes :

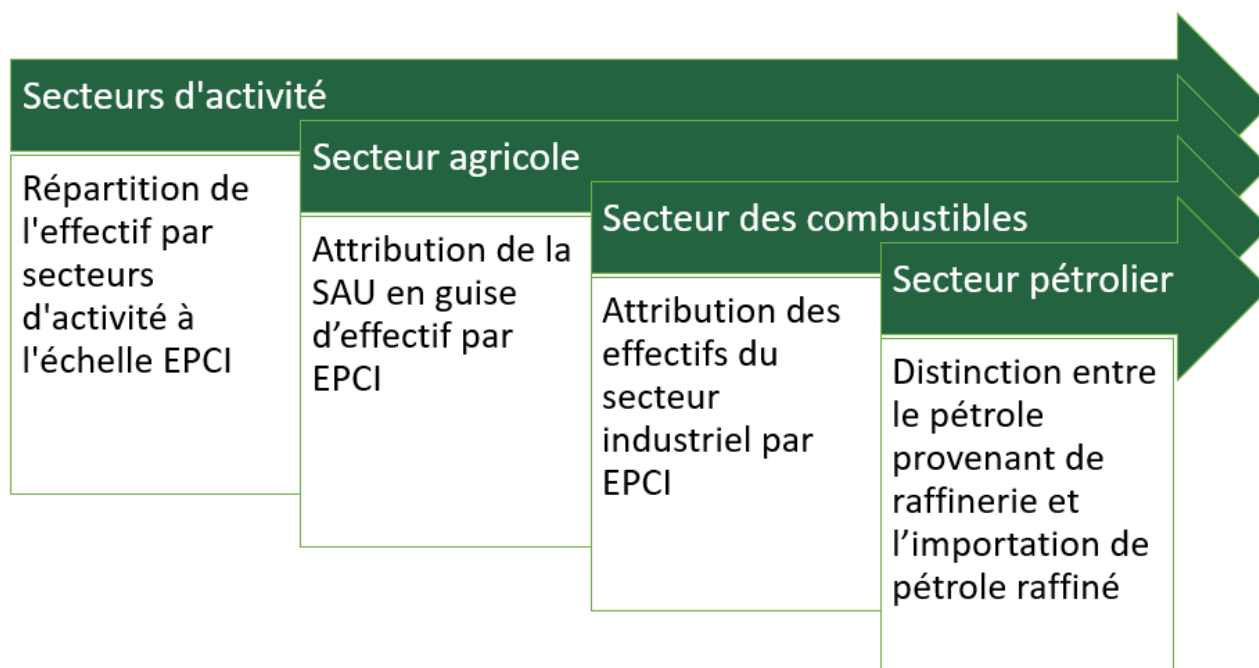
Source	Grandeur	Jeux de données
URSSAF	Employés par secteur d'activité à l'échelle communale	Effectifs salariés par code NAF
AGRESTE	Surfaces Agricoles Utiles (SAU)	Données provenant du recensement agricole effectué tous les 10 ans
SDES	Données sur les tonnes.km parcourus avec du pétrole raffiné par an à l'échelle régionale	Données locales de l'énergie régionale

INSEE	Effectif du secteur industriel à l'échelle EPCI	Recensement INSEE
ADEME	Emissions estimées en kgCO ₂ e/tonnes.km	Base Carbone

Nous disposons d'une table de passage afin d'attribuer les secteurs NAF fournis par les données URSSAF aux secteurs SITRAM, afin d'obtenir les effectifs par secteurs SITRAM.

Cependant, il existe 3 secteurs où la clé de répartition ne provient pas de l'effectif salariés des secteurs NAF recensés par l'URSSAF : l'agriculture, les combustibles et le pétrole.

Figure 4 : **Traitement des flux de marchandises par secteurs SITRAM**



5.2.1 Le secteur agricole

Pour le groupe de marchandises agricoles, l'effectif n'est pas représentatif de la part des émissions imputables à ces marchandises. Ainsi, nous utilisons les SAU pour rendre compte de l'impact de ce secteur dans les flux de marchandises. L'hypothèse fixée consiste à supposer un flux de marchandises plus important pour les territoires ayant une SAU plus élevée.

5.2.2 Le secteur des combustibles

Les marchandises d'origine combustibles (code SITRAM 2) représentent en moyenne 5 % des émissions de CO₂e en Normandie sur les 15 dernières années. Pourtant les effectifs montrent qu'une vingtaine de personnes sont employées dans ce secteur sur uniquement deux EPCI. L'effectif n'est alors pas la meilleure clé de répartition des émissions pour le secteur des combustibles. En effet, il est inclus dans ce code SITRAM, les combustibles minéraux solides, le gaz naturel, le pétrole brut et les houilles et

lignites. Ainsi, ce groupe de marchandises regroupe les combustibles auxquels a recours le secteur industriel.

On conserve alors l'effectif du secteur des combustibles qui nous ait fourni par l'URSSAF pour les deux EPCI. Pour les autres EPCI, nous utilisons l'effectif pour le secteur industriel provenant de l'INSEE, qui nous permet d'obtenir une meilleure répartition des émissions liées au secteur des combustibles.

5.2.3 Le secteur pétrolier

Pour le groupe de marchandises provenant de produits pétroliers, nous distinguons deux catégories :

- Les émissions provenant des raffineries (associées au code SITRAM 3).
- Les émissions liées à l'importation de pétrole raffiné.

Le pétrole raffiné est destiné directement à la vente pour les utilisateurs de véhicules thermiques ou de chauffage. Par conséquent les émissions dues à l'import de pétrole raffiné ne doivent pas faire fluctuer l'impact des raffineries normandes.

On utilise alors la part de chaque EPCI dans l'emploi total des raffineries. On constate alors que quatre EPCI sont concernés par des émissions provenant des raffineries (CA Caux Seine Agglo, Métropole Rouen Normandie, CU Le Havre Seine Métropole, CC Yvetot Normandie).

5.3 Estimations des émissions de GES

Une fois la clé de répartition définie par groupes de marchandises nous allons attribuer à ces secteurs des émissions de CO₂e en fonction du mode de transport emprunté : ferroviaire, voies navigables, maritime ou aérien.

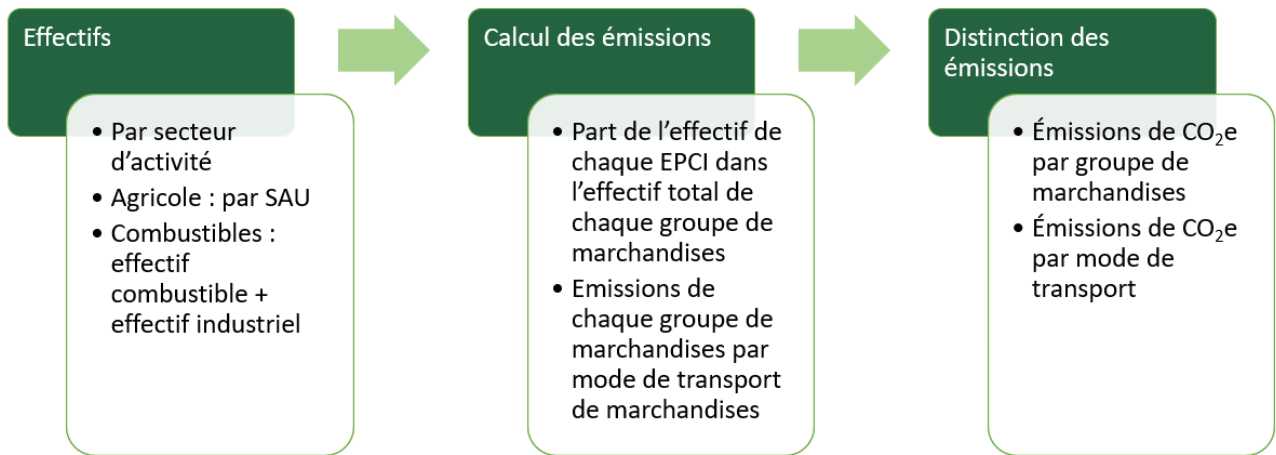
La méthodologie employée ventile les émissions de GES de chaque groupe de marchandises estimées précédemment à l'échelle régionale, en fonction de la clé de répartition définie pour chacun des groupes de marchandises par EPCI. Pour ce faire, nous calculons la part de salariés de chaque secteur sur l'effectif total du secteur par EPCI.

Nous pouvons alors répartir les émissions de GES calculées à l'échelle régionale en fonction de la part de salariés de l'EPCI employée dans chaque groupe de marchandises.

Une exception existe concernant le secteur pétrolier. Afin d'obtenir une estimation des émissions de ce groupe de marchandises, nous utilisons les consommations de pétrole raffiné fournies par le SDES à l'échelle régionale. Enfin, nous soustrayons aux émissions provenant des raffineries la consommation de pétrole raffiné, puis nous les ventilons sur la part d'emplois dans les raffineries par EPCI.

Figure 5 :

**Méthodologie de calcul des
émissions de GES
pour les flux de marchandises**



6. Conversion en énergie des émissions du transport non routier

Nous pouvons sommer les différents flux que nous avons précédemment estimés :

- Émissions ferroviaires de fret.
- Émissions maritimes de fret.
- Émissions fluviales de fret.
- Émissions aériennes de fret.
- Émissions ferroviaires de passagers.
- Émissions maritimes de passagers.
- Émissions aériennes de passagers.

Enfin, nous convertissons ces émissions en consommations d'énergie.

Les facteurs de conversion de tCO₂e vers MWh utilisés sont les suivants :

Ferroviaire électrique	Ferroviaire diesel	Maritime	Fluvial	Aérien
0,048	0,272	0,272	0,272	0,272
+ traitements				

À ce jour, ces facteurs de conversion sont appliqués sur l'entièreté de l'historique. Il existe un traitement supplémentaire effectué pour le facteur d'émission du ferroviaire. En effet, nous considérons un taux d'électrification du réseau ferroviaire à 44 %.

La formule utilisée pour le facteur de conversion du ferroviaire est la suivante :

$$\begin{aligned} & \textit{Facteur conversion ferroviaire} = \\ & (\textit{Taux d'électrification du réseau ferroviaire} * \textit{facteur de conversion ferroviaire électrique}) \\ & + \textit{facteur de conversion du ferroviaire diesel} \\ & * (1 - \textit{taux d'électrification du réseau ferroviaire}) \end{aligned}$$

Ceci nous permet alors de distinguer les consommations d'électricité et de produits pétroliers pour les flux ferroviaires pour les flux ferroviaires de marchandises et de passagers.

Glossaire

FE : Facteur d'Émissions

OSM : OpenStreetMap

NAF : Nomenclature d'Activités Françaises

NST : Standard goods classification for transport statistics

RTE : Réseau de Transport d'Électricité français

SAU : Surfaces Agricoles Utiles

SDES : Service des données et études statistiques

SITRAM : Système d'informations sur les transports de marchandises