VILLE DE LAVAL ET MUNICIPALITÉ DE LA COURONNE NORD

Étude comparative de scénarios de collecte et de traitement de matières résiduelles

Rapport final – version finale

Décembre 2008

Présenté par

DESSAU

N/Réf. : 052-P018476-0100-000-MR-0009-00

DESSAU

VILLE DE LAVAL ET MUNICIPALITÉS DE LA COURONNE NORD

Étude comparative de scénarios de collecte et de traitement de matières résiduelles

Rapport final – version finale

Préparé par :

Philippe Vaillancourt, biol., M. Sc. Env.
Spécialiste en matières résiduelles

Pamela Macquet, Spécialiste en matières résiduelles

Julien Rosset, Spécialiste en matières résiduelles

Approuvé par :

Alain Chevalier, ing., M. Env.
Chef d'équipe

Dessau inc.
1200, boul. Saint-Martin Ouest, bureau 300
Laval (Québec) Canada H7S 2E4
Téléphone : 514.281.1010
Télécopieur : 450.668.8232
Courriel : info@dessau.com
Site Web : www.dessau.com

DESSAU

ÉQUIPE DE TRAVAIL

Réalisé par :

Alain Chevalier	DESSAU
Pamela Macquet	DESSAU
Guillaume Proulx	DESSAU
Julien Rosset	DESSAU
Philippe Vaillancourt	DESSAU

Collaborateurs :

Martin Clermont	GEDDEN
Olivier Perrin	GIRUS

Comité de suivi :

Gilles Benoît	Ville de Laval
Jean-Louis Chamard	Conseiller de la couronne Nord
Guy Courchesne	Ville de Laval
Charles Dubuc	Table des Préfets et Élus de la Couronne Nord
Denis Fafard	MRC de L'Assomption
Monica Gaudet	MRC de L'assomption
André Giroux	Ville de Laval
Simon Lafrance	Communauté Métropolitaine de Montréal
Donald Longuépée	MRC de L'Assomption

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION 1

1 MISE EN GARDE ET LIMITES 3

2 VALIDATION DES DONNÉES DE RÉFÉRENCE 4

2.1 Présentation de l'étude de la CMM 4

2.2 Compilation des données de promoteurs 5

2.3 Revue d'études similaires 6

2.4 Résultats de la validation 7

3 EXPÉRIENCES AU CANADA ET DANS LE MONDE 8

3.1 Études comparables au Canada et États-Unis 8

3.2 Meilleurs exemples au Canada et dans le monde 8

4 PERTINENCE DE RETENIR LES TECHNOLOGIES D'ENERKEM ET DE PLASCO ENERGY GROUP 11

4.1 Méthodologie 11

4.2 Description des entreprises 11

4.3 Évaluation des procédés 12

4.4 Conclusion 14

5 ANALYSE DES SCÉNARIOS 15

5.1 Présentation des scénarios 15

5.2 Méthodologie d'analyse des scénarios 18

5.2.1 Étapes analysées 18

5.2.2 Bilan environnemental 19

5.2.3 Bilan des coûts 22

6 ÉVALUATION COMPARATIVE DES SCÉNARIOS 24

6.1 Méthodologie d'analyse comparative environnementale des scénarios 24

6.1.1 Méthode d'attribution des cotes 25

6.1.2 Pondération des critères environnementaux 28

6.1.3 Calcul du pointage environnemental 28

6.1.4 Classement des scénarios 28

6.2 Méthodologie d'analyse comparative des coûts 29

6.3 Analyse comparative du bilan environnemental 29

6.3.1 Classement des scénarios selon la pondération retenue 29

6.3.2 Analyse de sensibilité sur la pondération 31
6.4 Analyse comparative du bilan économique 32
6.4.1 Analyse des coûts annuels 32
6.4.2 Analyse des coûts par unité d'occupation 34
6.4.3 Analyses de sensibilité 35
6.5 Sommaire des analyses comparatives 39

7 IMPACTS DE L'AJOUT D'AUTRES MATIÈRES 41
7.1 Quantités générées 41
7.1.1 Matières générées par les ICI 41
7.1.2 Boues 42
7.2 Faisabilité technique 42
7.2.1 Faisabilité technique de l'ajout des matières ICI 42
7.2.2 Évaluation de la faisabilité technique de l'ajout des boues 44
7.3 Impacts sur le coût des scénarios 46
7.4 Impacts sur le plan environnemental 48
7.4.1 Impact de l'ajout des matières des ICI 48
7.4.2 Impact de l'ajout des boues 49
7.5 Conclusion 51

8 IMPACTS DE L'APPLICATION DU PROTOCOLE DE KYOTO ET D'UNE BOURSE DE CARBONE 52
8.1 Quantification des crédits potentiels de GES 52
8.2 Facteurs influençant les émissions de GES 54
8.3 Analyse des impacts de l'application du protocole de Kyoto 55
8.3.1 Marché réglementé ou « Cap & Trade » 55
8.3.2 Marché volontaire ou « marché off set » 56
8.3.3 Impact de l'application d'une bourse du carbone sur les scénarios analysés 56
8.4 Conclusion 57

9 ÉTUDE DES MARCHÉS POTENTIELS 59
9.1 Identification des marchés potentiels 59
9.2 Le marché du compost 59
9.2.1 Les caractéristiques du marché 59
9.2.2 Les conditions d'accès au marché 60
9.2.3 Les prix 61
9.2.4 Comparaison des marchés et débouchés 62
9.3 L'Énergie 63
9.3.1 Les combustibles dérivés des déchets 63
9.3.2 Électricité 65

9.3.3 Biogaz *66*
9.3.4 Syngaz *68*
9.4 Éthanol 68
9.5 Les autres produits 70
9.5.1 Vitrifiats *70*
9.5.2 Mâchefers *72*
9.6 Conclusion 73

10 SOURCES DE SUBVENTION DISPONIBLES 74
10.1 Programmes disponibles 75
10.1.1 Plan d'Action sur les Changements Climatiques (PACC) *75*
10.1.2 Stratégie de développement de l'industrie de l'environnement et des technologies vertes *76*
10.1.3 Fonds municipal vert *76*
10.1.4 Technologies du Développement Durable du Canada (TDDC) *77*
10.1.5 Programme d'Aide à la Recherche Industrielle PARI *78*
10.2 Conclusion 78

11 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS 79

Tableaux et figures

Tableau 2-1: Procédés analysés par la CMM 4
Tableau 3-1: Meilleures installations de gestion des matières résiduelles en Europe et Amérique du nord 10
Tableau 4-1: Évaluation des technologies Enerkem et Plasco Energy Group 13
Tableau 5-1: Sommaire du bilan environnemental des scénarios (400 000 personnes) 20
Tableau 5-2: Sommaire du bilan environnemental des scénarios (200 000 personnes) 21
Tableau 5-3: Sommaire de l'estimation des coûts des scénarios 23
Tableau 6-1: Pointage maximal de chaque critère 29
Tableau 6-2: Impacts des variations sur le classement des scénarios 36
Tableau 6-3: Sommaire des analyses de sensibilité 38
Tableau 7-1: Répartition des matières ICI - Scénarios de collecte à 2 voies 41
Tableau 7-2: Répartition des matières ICI - Scénarios de collecte à 3 voies 42
Tableau 7-3: Faisabilité de l'ajout des matières résiduelles des ICI 44
Tableau 7-4: Conditions d'intégration des boues 45
Tableau 7-5: Impacts de l'ajout de matières sur le coût à la tonne selon les matières traitées 48
Tableau 7-6 Résultats de l'analyse comparative du bilan environnemental 49
Tableau 7-7: Impacts éventuels de l'ajout des boues sur le bilan environnemental 51
Tableau 8-1 : Comparatif des quatre scénarios retenus 54
Tableau 9-1: Produits sortants des différents scénarios 59
Tableau 9-2 : Prix de vente moyen des composts selon la qualité 62
Tableau 9-3 : Sommaire des débouchés du compost 63
Tableau 9-4 : Sommaire des débouchés des combustibles au Québec 65
Tableau 9-5 : Sommaire des marchés de l'électricité 66
Tableau 9-6 : Sommaire des marchés du biogaz au Québec 67
Tableau 9-7 : Sommaire des marchés de l'éthanol 70
Tableau 9-8 : Sommaire des débouchés du vitrifiat 72
Tableau 9-9 : Sommaire des marchés des mâchefers 73
Tableau 10-1 Sommaire des subventions obtenues en gestion des matières résiduelles 74

Figure 2-1 : Bilan des réponses obtenues des promoteurs contactés 6
Figure 5-1 : Scénarios de collecte à 2 voies 16
Figure 5-2 : Scénarios de collecte à 3 voies 17
Figure 6-1: Échelles de cotation des matières traitées, rejetées ou revendues (avant ajustement de qualité) 25
Figure 6-2: Échelle de cotation des rejets liquides (avant ajustement de charge polluante) 26
Figure 6-3 : Échelle de cotation du bilan énergétique 26
Figure 6-4 : Échelle de cotation du bilan des GES 27
Figure 6-5 : Échelle de cotation des autres émissions atmosphériques 27
Figure 6-6 : Pondération retenue pour l'analyse comparative 28
Figure 6-7 : Classement des scénarios selon l'analyse environnementale 30
Figure 6-8 : Résultats de l'analyse de sensibilité sur la pondération 32
Figure 6-9 : Estimation des Coûts annuels (population de 400 000 habitants) 33
Figure 6-10 : Estimation des Coûts annuels (Population de 200 000 habitants) 33

Figure 6-11 : Comparaison des Coûts annuels par unité d'occupation, en $, pour une population de 400 000 et de 200 000 habitants 35
Figure 6-12 : Sommaire des analyses comparatives (400 000 personnes) 39
Figure 6-13 : Sommaire des analyses comparatives (200 000 personnes) 40
Figure 7-1 : Impact de l'ajout de Matières sur le coût par tonne 47
Figure 8-1 : Quantification des émissions de GES par scénario 53
Figure 9-1 : Évolution du prix de l'éthanol 2002-2008 69

Annexes

Annexe 1 Liste des promoteurs sondés
Annexe 2 Synthèse des données retenues
Annexe 3 Synthèse de la revue littéraire
Annexe 4 Bilans environnementaux détaillés
Annexe 5 Estimation détaillée des coûts par scénario

Ce document d'ingénierie est l'œuvre de Dessau et est protégé par la loi. Ce rapport est destiné exclusivement aux fins qui y sont mentionnées. Toute reproduction ou adaptation, partielle ou totale, est strictement prohibée sans avoir préalablement obtenu l'autorisation écrite de Dessau et son client.

Si des essais ont été effectués, les résultats de ces essais ne sont valides que pour l'échantillon décrit dans le présent rapport.

Les sous-traitants de Dessau qui auraient réalisé des travaux au chantier ou en laboratoire sont dûment qualifiés selon la procédure relative à l'approvisionnement de notre manuel qualité. Pour toute information complémentaire ou de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec votre chargé de projet.

REGISTRE DES RÉVISIONS ET ÉMISSIONS		
Nº DE RÉVISION	DATE	DESCRIPTION DE LA MODIFICATION ET/OU DE L'ÉMISSION
0A	Octobre 2008	Rapport final – version préliminaire
00	Décembre 2008	Rapport final - version finale

INTRODUCTION

Dans le cadre de sa compétence en planification de la gestion des matières résiduelles, le comité exécutif de la Communauté Métropolitaine de Montréal (CMM) a accordé à la firme SNC-Lavalin et Solinov (résolution numéro CE06-130) et au CIRAIG (résolution numéro CE06-105) le mandat de réaliser des études sur les technologies de traitement pouvant présenter des alternatives à l'enfouissement.

Les deux études ont été rassemblées sous un seul et même document précédé d'un préambule afin d'apporter les éclaircissements jugés nécessaires. Ce document est intitulé « Comparaison des technologies de traitement des résidus organiques et des résidus ultimes applicables à la région métropolitaine de Montréal ».

Ces études ont porté principalement sur des scénarios impliquant une collecte à trois (3) voies (Ordures-Recyclables-Organiques) et dans une moindre mesure deux (2) scénarios impliquant une collecte à quatre (4) voies (Ordures – Recyclables – Résidus verts – Résidus alimentaires). Un seul scénario impliquant une collecte à deux (2) voies a été étudié (Ordures – Compostage par la technologie Conporec).

Bien que ce rapport apporte de nombreuses réponses aux préoccupations municipales, quelques questions spécifiques au contexte des municipalités de la Couronne Nord et de Laval restent en suspens. A titre d'exemple, mentionnons :

- Quel est le gain environnemental des scénarios étudiés par rapport à l'enfouissement dans un bioréacteur comme cela se pratique actuellement dans la région métropolitaine ?
- Comme le CIRAIG indique que l'étape de la collecte est déterminante, il serait pertinent d'évaluer des scénarios comportant une collecte à deux (2) voies.

D'autre part, la ville de Laval et les municipalités de la Couronne Nord sont particulièrement intéressées par les points spécifiques suivants : le bilan des gaz à effet de serre émis à l'atmosphère et le bilan énergétique de chaque scénario, les marchés potentiels des matières valorisables, les impacts du protocole de Kyoto et d'une éventuelle bourse du carbone et les impacts d'une hausse éventuelle des coûts de l'énergie à long terme.

C'est dans ce contexte que Dessau a été mandaté par la ville de Laval, au nom de la Ville et des municipalités de la Couronne Nord, afin d'effectuer les compléments d'études requis qui permettront aux élus de prendre une décision éclairée face aux choix qui leurs sont offerts pour mieux gérer les matières résiduelles générées sur leurs territoires respectifs.

Le mandat de Dessau comprenait 10 étapes :

1- Prendre connaissance des rapports SNC-Lavalin – Solinov et du CIRAIG;
2- Prendre connaissances d'autres expériences municipales dans le monde;
3- Évaluer la pertinence de retenir les technologies d'Enerkem et de Plasco Energy Group dans l'évaluation des scénarios;
4- Étudier de nouveaux scénarios de gestion des matières résiduelles;
5- Comparer tous les scénarios entre eux;
6- Déterminer les impacts de l'ajout d'autres matières résiduelles (boues et résidus des ICI) aux matières résiduelles d'origine municipales à traiter;
7- Déterminer les impacts de l'application du protocole de Kyoto et d'une éventuelle bourse du carbone;
8- Déterminer les impacts d'une hausse éventuelle des coûts de l'énergie;
9- Déterminer les marchés potentiels pour l'énergie et le compost produit ainsi que les revenus anticipés;
10- Indiquer les sources de subvention pour des projets de traitement des matières résiduelles.

Le présent rapport final fait suite au dépôt des 10 rapports d'étape prévus au et présente le sommaire des différentes étapes ainsi qu'une interprétation globale du mandat dans son ensemble.

Certains détails et points méthodologiques ne sont pas présentés dans le rapport final afin de ne pas nuire à la compréhension des éléments pertinents de l'étude. Nous invitons le lecteur à consulter les rapports d'étape pour obtenir certains compléments d'informations

1 MISE EN GARDE ET LIMITES

Comme mentionné précédemment, il est important de préciser au lecteur que la présente étude vise à effectuer un complément à l'étude réalisée par la CMM. Cette étude portait sur des éléments techniques, environnementaux et socio-économiques. La présente étude ne traite donc pas des impacts sociaux potentiels associés au choix d'un scénario de gestion de matières résiduelles.

Mentionnons également que la présente étude vise à analyser et évaluer différents scénarios de gestion de matières résiduelles, non pas à un niveau de détail important, mais plutôt de manière simplifiée, i.e. sous un angle « macroscopique ».

En ce qui a trait à l'analyse des coûts et des impacts environnementaux des divers scénarios de gestion, il est important de noter que les résultats obtenus ne doivent pas être utilisés comme une mesure absolue des coûts et des impacts environnementaux de chaque scénario. L'analyse a pour objectif de comparer les scénarios entre eux sur une même base méthodologique. En effet, bien que nous ayons effectué des évaluations quantitatives, nous cherchions à obtenir un ordre de grandeur des coûts et de l'impact environnemental de chaque scénario analysé et non pas une estimation précise des coûts et des émissions atmosphériques par exemple.

De plus, certains impacts environnementaux n'ont pu être pris en compte étant donné l'absence de données pertinentes. Le système étudié se limite aux activités de collecte, transport et de traitement à l'installation au cours des opérations. La fabrication des équipements, la construction des infrastructures ainsi que la gestion des sous-produits lors de leur utilisation ou en fin de vie n'ont pas été pris en compte dans le bilan environnemental. Par exemple, les matières particulaires émises par les engins sur les sites de traitement n'ont pas été prises en compte et l'analyse environnementale n'intègre pas les éventuels polluants qui pourraient être contenus dans certains sous-produits ou rejets solides et liquides, ou encore l'émission de polluants lors de l'utilisation de l'utilisation des sous-produits valorisables (épandage du compost, etc.).

Enfin, il est à noter que les scénarios analysés impliquent dans certains cas des procédés émergents. Pour les fins de l'analyse comparative, ces procédés ont été considérés éprouvés et capables de traiter les matières résiduelles adéquatement, sans égard à leur niveau de développement commercial.

C'est ainsi que des études ultérieures seront requises pour valider certains aspects de scénarios qui auront été retenus en première analyse.

2 VALIDATION DES DONNÉES DE RÉFÉRENCE

2.1 Présentation de l'étude de la CMM

Comme mentionné précédemment, SNC-Lavalin et Solinov avaient notamment pour objectifs d'établir un inventaire des technologies de traitement des matières résiduelles, de sélectionner les technologies applicables et d'analyser en détails 6 d'entre elles. Les technologies analysées étaient les suivantes : compostage en système fermé, digestion anaérobie, enfouissement, incinération et gazéification.

Le compostage en andains, la pyrolyse et la gazéification au plasma n'ont pas été retenus pour cette étude en raison de leur non-applicabilité au contexte de la CMM ou de leur manque de développement au niveau commercial.

Le tableau 2-1 présente les procédés, le type de matières traitées et la capacité des infrastructures de traitement retenues par la CMM.

Tableau 2-1: Procédés analysés par la CMM

Traitement	Type de matières	Tonnage annuel
Compostage	Résidus organiques	40 000 t/an
Tricompostage	Résidus organiques	125 000 t/an
Digestion anaérobie	Résidus organiques	40 000 t/an
Gazéification	Résidus ultimes	93 000 t/an
Incinération	Résidus ultimes	93 000 t/an

Dans cette étude, l'analyse des technologies s'est basée sur les éléments suivants :

- Matières traitées et capacité de l'installation
- Intrants : besoins en eau, en matériaux et en énergie
- Extrants : rejets solides, liquides et gazeux, matériaux et énergie valorisables.
- Coût : coûts d'immobilisation et coûts d'opération et de maintenance.

Les données techniques et économiques utilisées dans le rapport sont présentées sous forme de taux unitaire, soit par tonne de matières traitées, et les sources des données ne sont pas spécifiées.

Afin de valider la pertinence de ces données et la possibilité de les utiliser dans le cadre de nos analyses, nous avons comparé ces données à d'autres sources d'informations, soit les réponses aux questionnaires envoyés à des promoteurs de technologie et la revue de littérature très approfondie.

2.2 Compilation des données de promoteurs

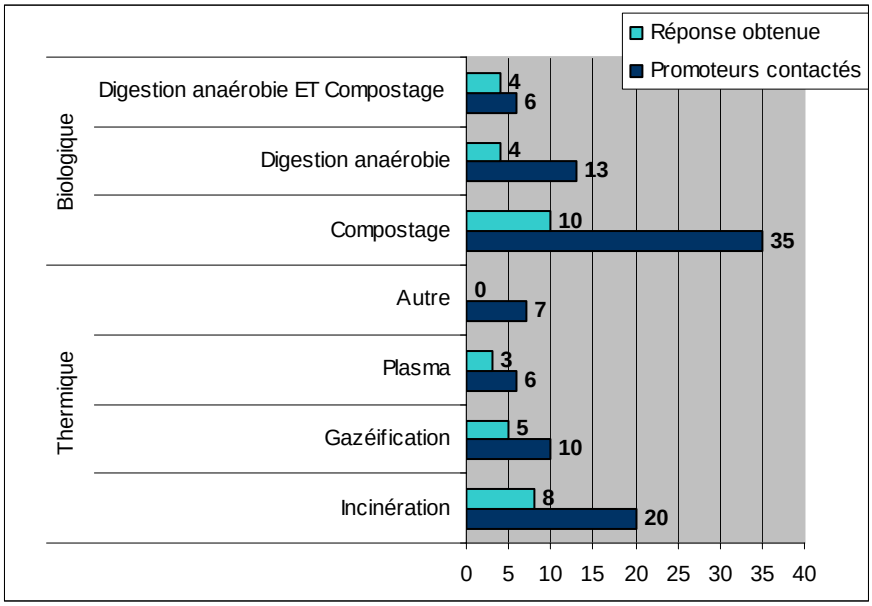
Dessau a envoyé un formulaire à près d'une centaine de promoteurs ayant développé une technologie de traitement des matières résiduelles biologique ou thermique afin d'obtenir les informations suivantes :

Ce formulaire concernait les points suivants :

- Description du procédé et type de matières traitées
- Nature des intrants
- Nature des extrants
- Aspects économiques
- Expériences pertinentes
- Possibilité de traiter les boues

Chaque promoteur qui a répondu a complété une fiche par type de traitement et de matières acceptées afin de différencier la performance du procédé selon le type d'intrants. Le taux de réponse a atteint 34 %. La figure 2-1 illustre le bilan des envois de formulaires et le suivi des réponses.

Figure 2-1 : Bilan des réponses obtenues des promoteurs contactés



La liste des promoteurs ayant été contactés est présentée à l'annexe 1.

La consultation de ces formulaires ainsi qu'une recherche d'informations supplémentaires sur les sites Internet des fournisseurs et éventuellement par des contacts téléphoniques auprès des représentants des procédés ont permis d'obtenir des données fiables pour chaque type de procédé selon la capacité et le type d'intrants. Lorsque les réponses des promoteurs étaient insuffisantes, les informations ont été recherchées dans les études disponibles.

2.3 Revue d'études similaires

En début de mandat, Dessau a réalisé une revue littéraire qui a permis de répertorier 73 études et rapports portant sur des technologies de traitement des matières résiduelles. De concert avec le comité de suivi, 33 études ont été jugées pertinentes dans le cadre de ce mandat et ont fait l'objet d'une analyse plus détaillée.

Ces études ont été choisies car elles s'inscrivaient dans une démarche semblable à celle de la ville de Laval et des municipalités de la Couronne Nord dans la recherche de technologies de traitement des matières résiduelles. La lecture de ces études a permis de compléter des données sur les différents procédés.

A l'issue de cette recherche d'informations, auprès des fournisseurs de technologie et dans les études menées précédemment, les données relatives aux procédés de traitement ont ainsi pu être compilées dans un tableau de synthèse et comparées aux données présentées au rapport de la CMM.

2.4 Résultats de la validation

Pour chaque paramètre, les valeurs minimales et maximales répertoriées ont été comparées à la donnée retenue dans l'étude de la CMM. Dans la majorité des cas, comme les chiffres de la CMM se trouvaient à l'intérieur de ces données limites, ils ont été conservés. Dans le cas de données non disponibles dans l'étude de la CMM, Dessau a utilisé les données obtenues dans des études consultées dans le cadre de ce mandat. Dans ce cas, les sources sont indiquées dans les fiches d'évaluation. A titre d'exemple, les données ont été recherchées pour la digestion anaérobie de résidus mixtes car ce scénario n'était pas pris en compte dans l'étude de la CMM.

La synthèse des données retenues à la suite de la validation est présentée en annexe 2.

3 EXPÉRIENCES AU CANADA ET DANS LE MONDE

3.1 Études comparables au Canada et États-Unis

Comme mentionné à la section précédente, la recherche d'information s'est basée en partie sur une revue de littérature très complète. Une première étape a permis de lister l'ensemble des études comparables réalisées à ce jour. Dessau a retenu les études cherchant à analyser les procédés de traitement de matières résiduelles. Les études basées sur une comparaison de procédés ont été sélectionnées en priorité. Toutefois, certaines autres études ont également été retenues en raison de leur pertinence et des données chiffrées présentées sur les procédés de traitement des matières résiduelles.

Les rapports étudiés incluaient par exemple les évaluations de choix technologiques de traitement des collectivités suivantes : Montréal, Durham et York, Niagara, Saskatoon, Sacramento, New York, Toronto, Santa Barbara, Los Angeles, Nanaimo et de la conférence régionale des élus de l'Estrie.

Dessau a ensuite réalisé une fiche de lecture pour chacune de ces études dans le but de présenter la démarche adoptée par le mandataire de l'étude, la méthodologie appliquée, le champ d'application et les technologies étudiées et enfin, les principaux résultats.

Cette revue de littérature a permis de réaliser un état des lieux des technologies analysées à ce jour et de commencer à observer les avantages et inconvénients de chaque procédé. Les méthodologies présentées ont également aidé à la réalisation du mandat par la suite.

Un tableau de synthèse des études retenues est présenté à l'annexe 3.

3.2 Meilleurs exemples au Canada et dans le monde

L'approche retenue pour identifier les meilleures pratiques technologiques repose sur la revue des études réalisée à l'étape précédente et sur des contacts auprès de représentants de l'industrie. De plus, DESSAU s'est adjoint les services de la firme française GIRUS qui a permis à DESSAU de profiter de sa connaissance du contexte européen de la gestion des matières résiduelles. GIRUS a travaillé conjointement avec DESSAU sur l'identification et la documentation des installations de traitement les plus modernes et les plus performantes en Europe.

D'autre part, DESSAU s'est inscrit à divers évènements afin d'établir des contacts et d'identifier les meilleures pratiques dans le monde :

- IT3 - Twenty-Seventh Annual International Conference on Thermal Treatment Technologies organisée par le Air & Waste Management Association (AWMA) du 12 au 16 mai 2008 à Montréal;
- IFAT 2008 - 15th International Trade Fair for Water – Sewage – Refuse – Recycling organisée du 5 au 9 mai 2008 à Munich;
- Journée d'information et d'échange sur la Valorisation des matières résiduelles du 27 mai 2008 à St-Hyacinthe.

Lors des contacts effectués auprès des principaux promoteurs de technologies, DESSAU les a questionnés sur leurs meilleurs exemples d'installations au Canada et dans le monde. Mentionnons enfin, que certains élus de la CMM ont participé à des missions techniques (Japon et Europe).

Le tableau 3-1 présente les meilleurs exemples d'installations de gestion des matières résiduelles qui ont été retenus.

Les principales raisons ayant motivé ces choix portent sur :

- La grande qualité des produits générés (compost, biogaz, etc.);
- Les hauts rendements obtenus (taux de diversion à l'enfouissement, bilan énergétique);
- La flexibilité de la technologie;
- Les expériences les plus récentes;
- Les prix de revient compétitif.

Les fiches des meilleures installations sont présentées dans le rapport d'étape 2.

Tableau 3-1: Exemples retenus d'installations de gestion des matières résiduelles dans le monde

Mode de traitement	Localisation	Matières traitées	Capacité (T/an)	Prix de revient ($/T)	Procédé
Digestion anaérobie	Toronto (Dufferin), Ontario	MOSS	30 000	116	BTA
	Montpellier, France	RM et MOSS	203 000	135	Vinci/Kompogas
	Lille, France	MOSS et RV	140 000	n/d	Linde
Compostage en usine	London, Ontario	MOSS	150 000	53,5	Orgaworld
	Murianette, France	RM	30 000	n/d	Veolia
	Delaware, USA	RM	41 500	117	Conporec
	Launay-Lantic, France	RM	33 000	80	SMITOM/CEMAGREF
Incinération	Harrisburg, USA	RM	300 000	125	Covanta
	Lyon, France	RM	150 000	n/d	VALORLY (NOVERGIE)
	Paris, France	RM	460 000	n/d	Tiru/Sita
	Guerville, France	RM	90 000	n/d	Onyx/Veolia
Gazéification	Ottawa, Ontario	RM	36 500	60	Plasco
	Karlsruhe, Allemagne (usine fermée)	RM	225 000	187	Thermoselect
	Westbury, Qc	Bois	12 000	415	Enerkem
	Budapest, Hongrie	RM	10 000	n/d	Pyroflam
	5 installations japonaises visitées lors de la mission technique	RM et résidus ICI	84 000 à 120 000	n/d	Alter NRG (Westinghouse Plasma), Ebara, JFE (Thermoselect), Mitsui, Nippon Steel

Note : MOSS : Matières organiques séparées à la source;
RV : résidus verts; RM : résidus mixtes
1 euro = 1,65$ (hypothèse)

4 PERTINENCE DE RETENIR LES TECHNOLOGIES D'ENERKEM ET DE PLASCO ENERGY GROUP

Le domaine de l'environnement évolue rapidement depuis déjà quelques années, en particulier certaines technologies de traitement/valorisation des matières résiduelles. A cet égard, deux (2) technologies émergentes canadiennes ont franchi des étapes importantes de leur développement depuis peu : Enerkem et Plasco Energy Group. C'est dans ce contexte que la ville de Laval et les municipalités de la Couronne Nord se sont demandé si ces technologies devaient être retenues pour les étapes subséquentes de la présente étude. DESSAU a ainsi élaboré une méthodologie d'analyse pour répondre à cette question.

4.1 Méthodologie

La méthodologie retenue a consisté, dans un premier temps, à obtenir de ces entreprises les données et informations techniques nécessaires à l'évaluation des procédés. Par la suite, des critères d'évaluation ont été identifiés par DESSAU et validés par le comité de suivi de l'étude. Les critères d'évaluation, qui comportent les volets environnementaux, technique et économique, sont :

- Pour les extrants (volet environnemental) : rejets atmosphériques, rejets solides ultimes, matières valorisables;
- Pour les intrants (volet technique) : flexibilité de la technologie, capacité, consommation de ressources;
- Pour la fiabilité technologique (volet technique) : expérience acquise, risques technologiques;
- Pour les coûts (volet économique) : investissements, tarif d'entrée (tipping fee), risque financier.

4.2 Description des entreprises

Enerkem, une entreprise québécoise, a développé une technologie de gazéification et de conversion catalytique du gaz de synthèse qui transforme les ordures d'origine municipale et les résidus de la biomasse en éthanol de seconde génération et autres carburants renouvelables. L'entreprise exploite une usine pilote depuis 2003 et construit actuellement, avec son partenaire Greenfield Ethanol, une usine de taille industrielle pour la production d'éthanol cellulosique à partir de résidus de bois traité à Westbury en Estrie.

Enerkem et son partenaire débuteront bientôt la construction d'une troisième usine au Canada. Cette usine, située à Edmonton, visera la transformation des déchets domestiques en éthanol. L'entreprise est financée par Braemar Energy Venture, le Fonds de Solidarité de la FTQ et Rho Ventures.

Plasco Energy Group est une entreprise canadienne de conversion des déchets. Le système de conversion Plasco transforme des déchets solides en un gaz de synthèse propre, riche en énergie (le gaz de synthèse) et d'autres produits valorisables, avec peu d'émissions dans l'atmosphère. Une usine de 400 tonnes par jour - 150 000 tonnes par année - peut produire assez de gaz de synthèse pour générer une quantité nette d'environ 21 MW d'électricité. Le modèle d'affaires de Plasco consiste à construire l'usine, à en être propriétaire et à l'exploiter. Plasco assume en entier la responsabilité financière et les risques liés à la construction, à la mise en service et à l'exploitation courante de l'usine. Une usine de démonstration d'échelle commerciale de 100 tonnes par jour a été construite et est en exploitation à Ottawa. Plasco construira, possédera et exploitera une usine de transformation des déchets à Red Deer en Alberta. Cette installation traitera 300 tonnes de déchets par jour qui seront convertis en produits valorisables et produira plus de 15 mégawatts d'électricité qui sera utilisée dans le réseau de distribution local. Mentionnons enfin que le conseil municipal d'Ottawa a accepté de délivrer une lettre d'intention à Plasco en vue de la construction, de la possession et de l'exploitation d'une installation d'une capacité de traitement de 400 tonnes par jour.

4.3 Évaluation des procédés

Le tableau 4-1 présente les résultats de l'évaluation des procédés. A la lecture de ce tableau, nous observons que les deux technologies rencontrent de façon générale les critères d'évaluation. Quelques interrogations demeurent dont :

- L'expérience acquise est limitée (nombre d'usines en opération);
- Les procédés n'ont pas été démontrés à long terme à l'échelle commerciale;
- Les débouchés des sous-produits inertes (cendres ou vitrifiats) ne sont pas développés au Québec.

Tableau 4-1: Évaluation des technologies Enerkem et Plasco Energy Group

Groupe	Critère	Aspects évalués	Plasco Energy Group		Enerkem	
Extrants	Rejets atmosphériques	Normes québécoises	✓	Rencontre normes européennes	✓	Aucune émission
	Rejets solides ultimes	Taux de diversion	✓	Près de 100%	✓	Près de 80%
	Rejets solides ultimes	Caractéristiques	✓	Vitrifiat	✓	Résidu inerte
	Matières valorisables	Matières valorisables commercialisables ?	✓	Électricité et vitrifiat valorisables	✓	Éthanol et résidus inertes valorisables
		Prix de vente des matières	✓	11¢/kwh 9$/tonne (vitrifiats)	✓	Éthanol : 60 à 70¢ le litre
		Marchés au Québec?	✓	Électricité : Marché établi, Vitrifiats : marché à développer	✓	Éthanol : Marché établi, Résidus inerte : marché à développer
Intrants	Flexibilité du procédé	Possibilité de traiter divers types de matières résiduelles	✓	Humidité limitée Prétraitement sommaire requis	✓	Humidité limitée, prétraitement requis
	Capacité	Traitement entre 40 000 et 250 000 T/an	✓	Procédé modulaire	✓	Procédé modulaire
	Consommation de ressources	Consommation de ressources par le procédé? (électricité, eau potable, gaz, etc.)	✓	Bilan énergétique positif	✓	Bilan énergétique positif Consommation d'eau (recirculation)
Fiabilité technologique	Expérience acquise	Nombres d'installations en opération	✓	1 installation en opération	?	Aucune installation commerciale en opération
	Risques technologiques	Fiabilité du procédé	?	Pas démontré à long terme	?	Pas démontré à long terme à l'échelle commerciale
Coûts	Investissement	Montant des investissements	?	Formule BOO (Build, own, operate)	?	Formule BOO (Build, own, operate)
	Tarif d'entrée	Coût de revient	✓	60$/tonne à Ottawa	✓	40 à 60$/tonne
	Risque financier	Solidité financière du promoteur	✓	Risque faible	✓	Risque faible

✓ : Acceptable

? : Incertitude

4.4 Conclusion

Beaucoup d'études consultées dans la revue littéraire considèrent la gazéification comme étant en cours de développement technique et que cette technologie représente un certain risque technologique.

Cependant, l'analyse des procédés de Plasco Energy Group et d'Enerkem nous portent à croire que ces procédés émergents ont fait de grands progrès commerciaux au cours de la dernière année.

Le procédé de Plasco Energy Group est prometteur. Les débuts intéressants des opérations de l'usine de Plasco Energy Group à Ottawa et l'annonce de son agrandissement nous montrent que le procédé a atteint une certaine maturité commerciale. De plus, la fiabilité du processus est apparemment bonne.

De son côté, le procédé d'Enerkem/Greenfield Ethanol est également prometteur, des récents progrès au niveau commercial ont été réalisés avec l'annonce de la construction d'une usine à Westbury et à Edmonton. De plus, ce procédé s'inscrit parfaitement dans la stratégie énergétique du Québec et les usines en préparation devraient permettre le rodage commercial du procédé.

Enfin, ces deux technologies émergentes offrent un coût de revient intéressant. Ainsi, les deux procédés ont été retenus pour les étapes ultérieures à ce mandat.

5 ANALYSE DES SCÉNARIOS

Comme mentionné précédemment, l'analyse des scénarios de gestion vise essentiellement à bonifier l'étude de la CMM et à obtenir des résultats spécifiques et applicables au contexte de Laval et de la Couronne Nord. L'analyse des scénarios implique l'ensemble du système de gestion, de la collecte, au transport, traitement et élimination des résidus, et comporte trois (3) volets distincts, à savoir :

- Un bilan environnemental : matières traitées, rejetées ou revendues, rejets liquides, bilan énergétique et émissions de gaz à effet de serre (GES) et autres émissions atmosphériques;
- La validation et l'actualisation des coûts utilisés dans le rapport de la CMM;
- Une estimation détaillée et ventilée des coûts et revenus.

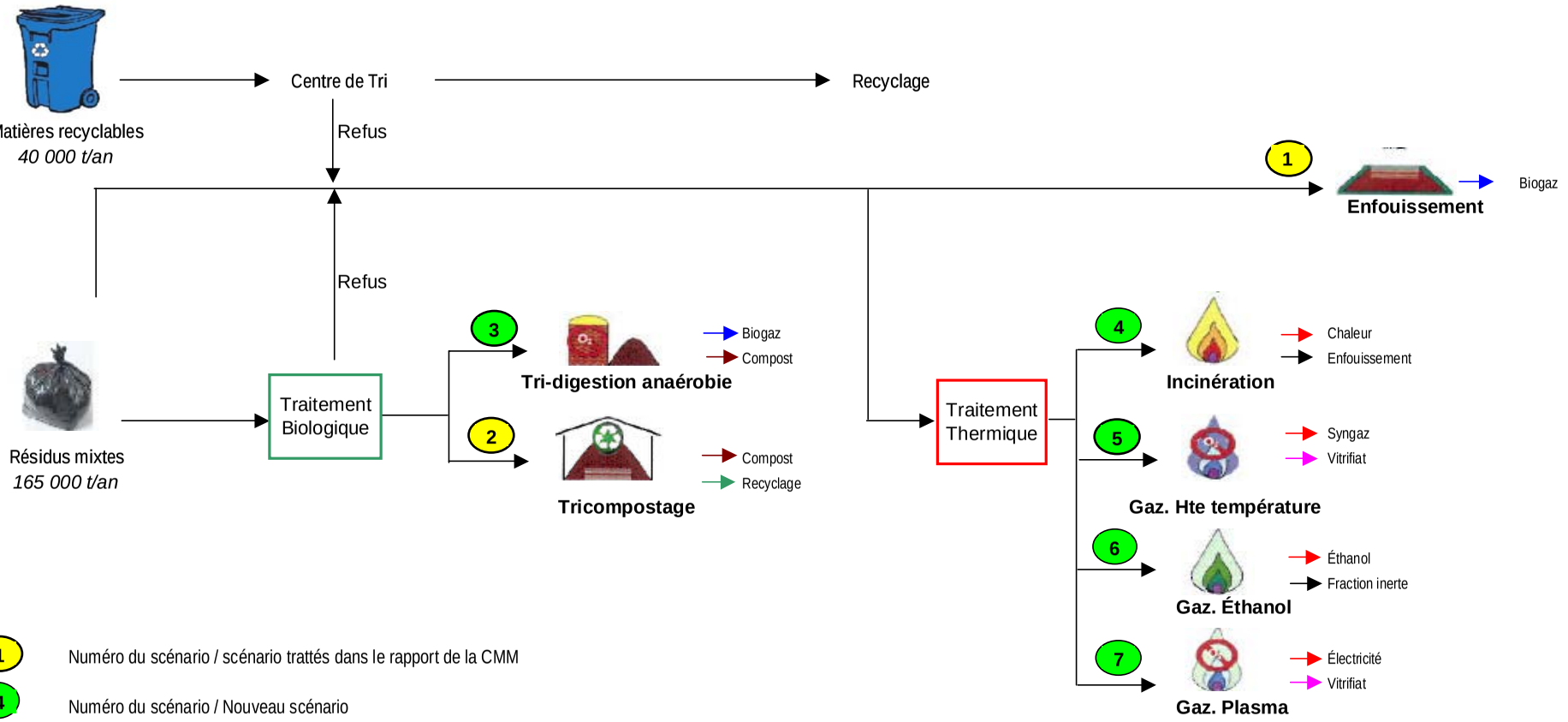
Mentionnons également que les scénarios analysés se basent sur deux bassins de population :

- 400 000 personnes : correspondant approximativement à la ville de Laval ou à la Couronne Nord séparément;
- 200 000 personnes : correspondant en gros à la moitié de la ville de Laval ou de la Couronne Nord;

5.1 Présentation des scénarios

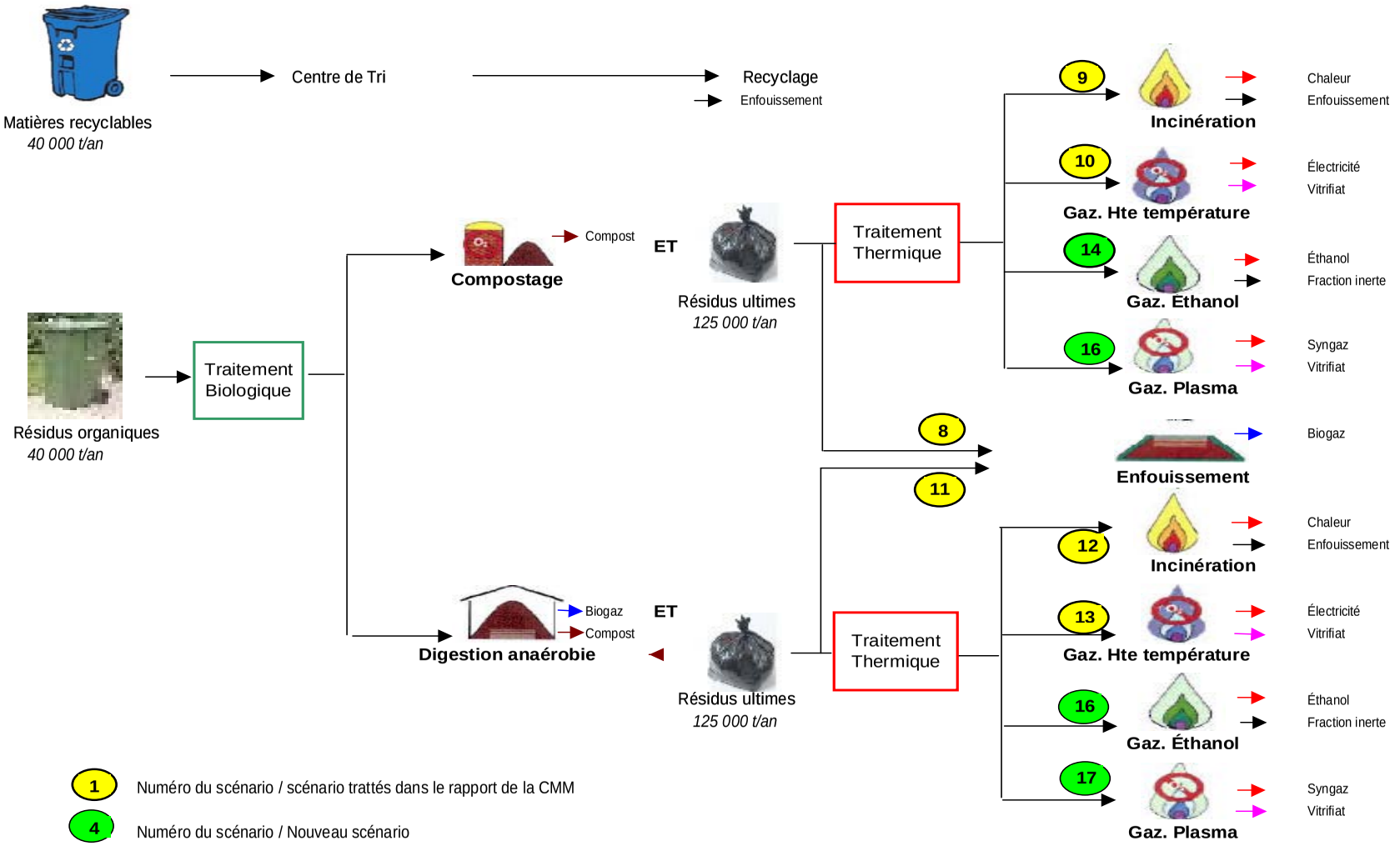
De façon à faciliter la lecture et la compréhension des divers scénarios qui seront analysés et évalués entre eux, nous les avons regroupés sous forme de graphiques. Les figures 5-1 et 5-2 résument ces scénarios.

Figure 5-1 : Scénarios de collecte à 2 voies



Source des images : Lexique des technologies de traitement des matièers résiduelles, UMQ oct-08

Figure 5-2 : Scénarios de collecte à 3 voies



Source des images : Lexique des technologies de traitement des matièers résiduelles, UMQ oct-08

5.2 Méthodologie d'analyse des scénarios

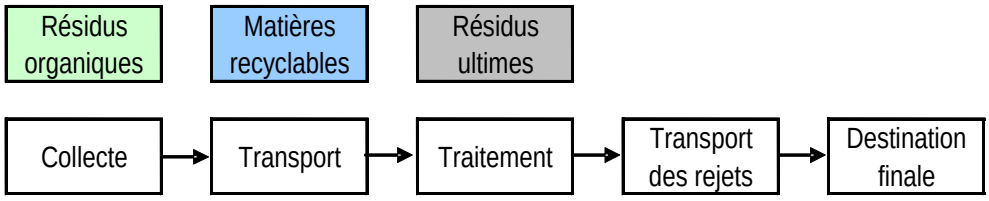
5.2.1 Étapes analysées

Pour chaque scénario, cinq étapes sont distinguées et analysées séparément, soit : la collecte, le transport du lieu de collecte au lieu de traitement, le traitement, le transport des rejets du lieu de traitement au lieu d'élimination finale et la disposition finale.

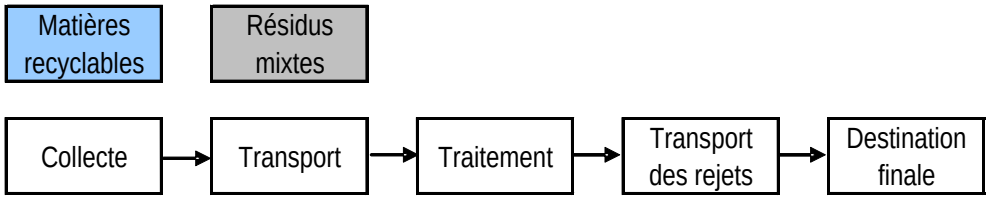
Les 5 étapes sont analysées par type de matières collectées : matières recyclables, résidus organiques et résidus ultimes. Le transport et le traitement des matières recyclables sont intégrés aux tableaux de synthèse mais ne sont pas détaillés dans chaque scénario car ils sont présents pour tous les scénarios.

Selon les types de collecte appliqués, les étapes analysées sont les suivantes :

3 VOIES



2 VOIES



L'ensemble des 17 scénarios identifiés précédemment est analysé selon la même procédure dans le but de permettre une analyse comparative fiable et de classer les scénarios les uns par rapport aux autres selon leur bilan environnemental et selon les coûts.

5.2.2 Bilan environnemental

L'analyse environnementale des scénarios porte sur les éléments suivants :

- Les matières valorisées ou éliminées : en tonnes par an et selon la qualité des matières valorisées;
- Les rejets liquides : en volume annuel et en fonction de la charge polluante des eaux usées;
- Le bilan énergétique : production nette annuelle en GWh;
- Les émissions atmosphériques, comprenant :
  - *Les gaz à effet de serre (GES) en teq CO2 par an;*
  - *Les autres contaminants (gaz acides, précurseurs de smog, métaux lourds, composés organiques et autres contaminants) : en % par rapport à la moyenne obtenue pour tous les scénarios.*

Pour rappel, les données utilisées pour cette étape d'analyse sont les données issues de l'étude de la CMM (CIRAIG), validées par les réponses des promoteurs dans le cadre de ce mandat. Dans le cas de données non disponibles dans cette même étude, les sources sont indiquées en annexe 2.

Les hypothèses de calcul ainsi que les références méthodologiques sont présentées dans le rapport d'étape 4, de même que les détails des calculs permettant d'aboutir au bilan environnemental final pour chaque scénario.

A l'issue de cette étape, il est possible de calculer la quantité totale de matières revendues ou rejetées, le volume de rejets liquides, le bilan énergétique et le bilan des émissions atmosphériques pour chaque étape puis pour l'ensemble de chaque scénario. Les aspects qualitatifs sont intégrés dans l'analyse pour les rejets solides et liquides.

Les bilans environnementaux détaillés de chacun des scénarios ont été présentés au rapport d'étape 4. Les tableaux 5-1 et 5-2 aux pages suivantes présentent le sommaire des résultats globaux pour chaque scénario.

Les bilans environnementaux détaillés sont présentés à l'annexe 4.

Tableau 5-1: Sommaire du bilan environnemental des scénarios (400 000 personnes)

Scénario			Matières rejetées ou revendues		Rejets liquides (m3/an)	Énergie produite ou consommée (-) (Gwh/an)	Émissions atmosphériques	
			Valorisées (tonnes/an)	Enfouies (tonnes/an)			GES (t eqCO_2/an)	Autres contaminants (% par rapport à la moyenne)[1]
1	2 voies	Scénario de référence	36 000	169 000	79 430	46	44 952	23%
2	2 voies	Tricompostage	83 025	53 500	25 145	-46	-19 442	31%
3		Digestion anaérobie	73 125	53 500	69 695	20	-29 258	35%
4		Incinération sur grille avec récupération d'énergie	36 000	45 745	38 000	67	15 416	345%
5		Gazéification à haute température	47 798	5 650	60 406	248	1 418	164%
6		Gazéification avec production d'éthanol	36 000	40 300	35 441	324	-7 345	21%
7		Gazéification au plasma	63 027	4 215	51 481	178	7 088	69%
8	3 voies	Compostage et enfouissement	52 000	133 000	62 510	-1	26 845	24%
9		Compostage et incinération	52 000	39 625	31 124	41	15 818	268%
10		Compostage et gazéification à haute température	60 938	9 250	48 098	178	4 400	131%
11		Digestion anaérobie et enfouissement	48 000	133 000	73 310	24	24 245	25%
12		Digestion anaérobie et incinération sur grille	48 000	39 625	41 924	66	13 218	269%
13		Digestion anaérobie et gazéification à haute température	56 938	9 250	58 898	203	1 800	132%
14		Compostage et gazéification avec production d'éthanol	52 000	35 500	29 185	252	-14 715	22%
15		Digestion anaérobie et gazéification avec production d'éthanol	48 000	35 500	39 985	277	-17 315	23%
16		Compostage et gazéification au plasma	72 475	8 163	41 336	125	9 027	59%
17		Digestion anaérobie et gazéification au plasma	68 475	8 163	52 136	150	6 427	60%

Note 1 : Les autres contaminants émis dans les émissions atmosphériques sont présentées en pourcentage par rapport à la moyenne de l'ensemble des scénarios.
Mise en garde : Les données présentées n'ont pas pour objectif de représenter une mesure absolue et visent à permettre la comparaison des scénarios.

Tableau 5-2: Sommaire du bilan environnemental des scénarios (200 000 personnes)

Scénario			Matières rejetées ou revendues		Rejets liquides (m3/an)	Énergie produite ou consommée (-) (Gwh/an)	Émissions atmosphériques	
			Valorisées (tonnes/an)	Enfouies (tonnes/an)			GES (t eqCO_2/an)	Autres contaminants (% par rapport à la moyenne)[1]
1	2 voies	Scénario de référence	18 000	84 500	39 715	23	22 476	23%
2	2 voies	Tricompostage	41 513	26 750	12 573	-23	-9 721	31%
3		Digestion anaérobie	36 563	26 750	34 848	10	-14 629	34%
4		Incinération sur grille avec récupération d'énergie	18 000	22 873	19 000	33	7 708	344%
5		Gazéification à haute température	23 899	2 825	30 203	124	709	163%
6		Gazéification avec production d'éthanol	18 000	20 150	17 721	162	-3 673	21%
7		Gazéification au plasma	31 514	2 107	25 740	89	3 544	68%
8	3 voies	Compostage et enfouissement	26 000	66 500	31 255	-0,4	13 422	25%
9		Compostage et incinération	26 000	19 813	15 562	20	7 909	268%
10		Compostage et gazéification à haute température	30 469	4 625	24 049	89	2 200	131%
11		Digestion anaérobie et enfouissement	24 000	66 500	36 655	12	12 122	26%
12		Digestion anaérobie et incinération sur grille	24 000	19 813	20 962	33	6 609	269%
13		Digestion anaérobie et gazéification à haute température	28 469	4 625	29 449	102	900	132%
14		Compostage et gazéification avec production d'éthanol	26 000	17 750	14 593	126	-7 357	23%
15		Digestion anaérobie et gazéification avec production d'éthanol	24 000	17 750	19 993	138	-8 657	24%
16		Compostage et gazéification au plasma	36 238	4 081	20 668	62	4 513	59%
17		Digestion anaérobie et gazéification au plasma	34 238	4 081	26 068	75	3 213	60%

Note 1 : Les autres contaminants émis dans les émissions atmosphériques sont présentées en pourcentage par rapport à la moyenne de l'ensemble des scénarios.
Mise en garde : Les données présentées n'ont pas pour objectif de représenter une mesure absolue et visent à permettre la comparaison des scénarios.

5.2.3 Bilan des coûts

Les coûts unitaires fournis dans le rapport de la CMM ont été utilisés comme information de base pour l'estimation des coûts des scénarios. Ces coûts unitaires ont été validés et éventuellement corrigés à l'aide des réponses obtenues auprès des promoteurs contactés lors de l'étape 1 du mandat. Les données non disponibles dans l'étude de la CMM ont été évaluées en fonction des expériences des villes de Laval et de la couronne Nord et des autres études consultées dans le cadre de ce mandat (rapport d'étape 2). Dans ce cas, les sources sont indiquées dans les fiches d'évaluation.

Enfin, les coûts unitaires de collecte et de transport ont également été validés auprès de la ville de Laval et des municipalités de la Couronne Nord afin de refléter les coûts réels encourus sur le territoire visé.

Pour chaque scénario, les coûts et les revenus des cinq (5) étapes sont évalués par type de matières collectées (résidus mixtes, résidus organiques, matières recyclables et résidus ultimes). Ainsi, pour chaque type de matières et pour chaque étape, les coûts et les revenus sont présentés en $/an, en $/unité d'occupation (u.o.) et en $/tonne.

Les coûts comprennent la collecte, la fourniture, la distribution et l'entretien de bacs roulants, le transport et le traitement. Les hypothèses de calculs ainsi que les références méthodologiques sont détaillées dans le rapport d'étape 4. Il est à noter que les coûts ne comprennent pas les frais d'information, de sensibilisation et d'éducation (ISÉ), les coûts directs d'administration, de gestion et de suivi des contrats et les coûts indirects d'administration générale.

A l'issue de l'estimation, il est possible de compiler le coût net pour chaque type de matières traitées et pour le scénario global. La modélisation détaillée des coûts de chaque scénario est présentée au rapport d'étape 4. Le sommaire de l'estimation des coûts des scénarios pour des populations de 200 000 et 400 000 personnes est présenté au tableau 5-3.

Il est à noter que pour les scénarios applicables à une population de 400 000 personnes, les coûts de collecte (incluant l'achat de bacs roulants) et de transport comptent en moyenne pour près de 50 % du coût des scénarios et le traitement compte en moyenne pour 44 % du coût.

Dans le cas des scénarios applicables à une population de 200 000 personnes, la proportion change légèrement et s'élève à 47% pour la collecte et le transport et à 48% pour le traitement.

Tableau 5-3: Sommaire de l'estimation des coûts des scénarios

Scénario			400 000 personnes (156 250 u.o./205 000 tonnes)			200 000 personnes (78 125 u.o./102 500 tonnes)		
			Coût net	$/u.o.	S/t	Coût net	$/u.o.	$/t
1	2 voies	Scénario de référence	23 961 000$	153$	117$	11 980 000 $	153$	117$
2	2 voies	Tricompostage	33 458 000$	214$	163$	18 544 000 $	237$	181$
3	2 voies	Digestion anaérobie	36 593 000$	234$	179$	20 194 000 $	258$	197$
4	2 voies	Incinération sur grille avec récupération d'énergie	37 348 000$	239$	182$	23 624 000 $	302$	230$
5	2 voies	Gazéification à haute température	40 270 000$	258$	196$	23 023 000 $	295$	225$
6	2 voies	Gazéification avec production d'éthanol	30 282 000$	194$	148$	15 471 000 $	198$	151$
7	2 voies	Gazéification au plasma	37 064 000$	237$	181$	18 903 000 $	242$	184$
8	3 voies	Compostage et enfouissement	33 276 000 $	213$	162$	17 138 000 $	219$	167$
9	3 voies	Compostage et incinération	45 242 000 $	290$	221$	26 871 000 $	344$	262$
10	3 voies	Compostage et gazéification à haute température	46 831 000 $	300$	228$	26 103 000 $	334$	255$
11	3 voies	Digestion anaérobie et enfouissement	33 876 000 $	217$	165$	17 438 000 $	223$	170$
12	3 voies	Digestion anaérobie et incinération sur grille	45 842 000 $	293$	224$	27 171 000 $	348$	265$
13	3 voies	Digestion anaérobie et gazéification à haute température	47 431 000 $	304$	231$	26 403 000 $	338$	258$
14	3 voies	Compostage et gazéification avec production d'éthanol	37 702 000 $	241$	184$	19 570 000 $	250$	191$
15	3 voies	Digestion anaérobie et gazéification avec production d'éthanol	38 302 000 $	245$	187$	19 870 000 $	254$	194$
16	3 voies	Compostage et gazéification au plasma	42 839 000 $	274$	209$	22 170 000 $	284$	216$
17	3 voies	Digestion anaérobie et gazéification au plasma	43 439 000 $	278$	212$	22 470 000 $	288$	219$

u.o. : unités d'occupation

Les estimations détaillées de coûts par scénarios sont présentées à l'annexe 5.

6 ÉVALUATION COMPARATIVE DES SCÉNARIOS

L'analyse des scénarios s'est déroulée selon deux méthodes différentes pour le bilan environnemental et le bilan des coûts. Pour le bilan environnemental, plusieurs critères d'évaluation ont du être intégrés afin d'obtenir une évaluation globale. Cette agrégation de critères a exigé la mise en place d'une démarche analytique spécifique. Pour l'estimation des coûts, un seul critère est analysé, soit le prix de revient (incluant l'amortissement des immobilisations, les coûts d'opérations et les revenus).

6.1 Méthodologie d'analyse comparative environnementale des scénarios

Afin d'obtenir un pointage environnemental global, l'évaluation comparative environnementale des scénarios s'est déroulée en quatre étapes :

1. Obtention d'une cote pour chaque critère environnemental;
2. Pondération des cotes;
3. Calcul du pointage environnemental global pour chaque scénario;
4. Classement des scénarios selon cinq classes.

Le bilan environnemental de chaque scénario présenté à la section précédente permet la comparaison sur une même base des scénarios selon les cinq critères d'analyse environnementale retenus, soit la quantité et la qualité des matières traitées, rejetées ou revendues, le volume de rejets liquides et leur qualité, le bilan énergétique annuel, le bilan des émissions de GES et des autres émissions atmosphériques.

Pour chaque critère, l'écart entre le résultat minimum et le résultat maximum a été subdivisé en cinq classes égales. Une cote de 1 à 5 est attribuée à chaque classe. Cette cote est utilisée pour noter les scénarios, selon la position du scénario par rapport aux classes, reflet de son impact sur l'environnement. Les cotes peuvent varier de 1 (impact très négatif) à 5 (impact faible ou positif).

La multiplication de la cote par le facteur de pondération puis la sommation des notes permettent d'attribuer une note finale aux scénarios et de sélectionner les meilleurs du point de vue environnemental.

6.1.1 Méthode d'attribution des cotes

La méthode d'attribution de la cote pour chacun des critères environnementaux analysés est présentée dans les paragraphes suivants. Pour chaque scénario et pour chacun des critères environnementaux, une cote, située entre 1 et 5 est ainsi attribuée.

6.1.1.1 Matières traitées, rejetées ou revendues

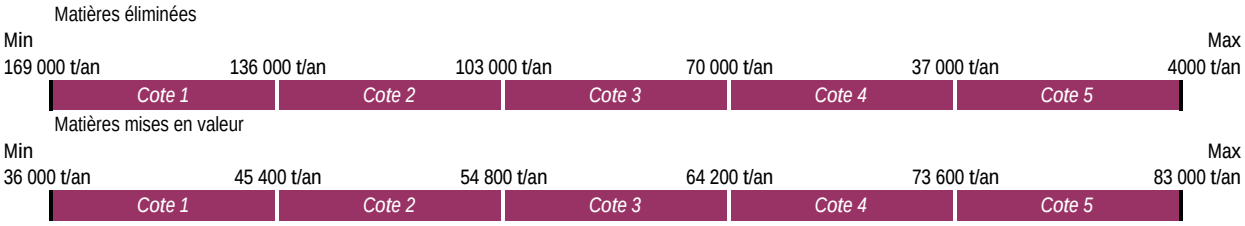
La quantité de matières rejetées ou mises en valeur et la qualité de ces matières ont été prises en compte dans l'attribution de la cote. Dans un premier temps, pour chaque scénario, une cote de 1 à 5 a été attribuée selon la quantité de résidus solides éliminée. Ensuite, une seconde cote est attribuée selon la même méthode afin d'évaluer la quantité de matières mises en marché par le scénario.

De ces deux cotes, une moyenne est retenue. S'il y a lieu, la moyenne est arrondie à la hausse ou à la baisse en fonction d'une appréciation qualitative du scénario par rapport aux autres sur ce critère.

Enfin, la moyenne est ajustée à la hausse si le scénario permet aussi la mise en marché d'une matière telle que du compost de qualité élevée (+2) ou de qualité moindre (+1).

De cette manière, à la lecture du bilan des matières traitées, rejetées ou revendues, il a été possible d'attribuer une cote variant de 1 à 5, selon les échelles présentées à la figure 6-1.

Figure 6-1: Échelles de cotation des matières traitées, rejetées ou revendues (avant ajustement de qualité)



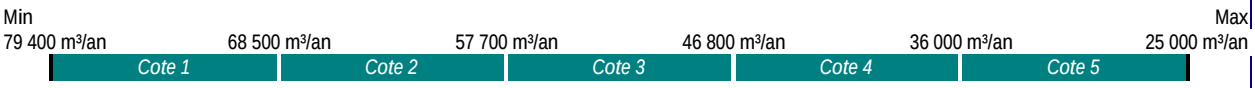
6.1.1.2 Rejets liquides

En ce qui concerne les rejets liquides, la quantité de rejets liquides (en volume annuel) a été considérée. Lors de l'évaluation, chaque scénario s'est vu attribuer une cote de 1 à 5 selon les quantités de liquides à traiter.

De cette manière, à la lecture du bilan des rejets liquides, il a été possible d'attribuer une cote variant de 1 à 5, selon l'échelle présentée à la figure 6-2.

La charge polluante des rejets liquides produits a aussi été prise en compte en haussant la cote lorsque le scénario produit un rejet liquide de qualité potable ou qui ne nécessite pas de traitement (+1). C'est le cas des scénarios utilisant la gazéification.

Figure 6-2: Échelle de cotation des rejets liquides (avant ajustement de charge polluante)

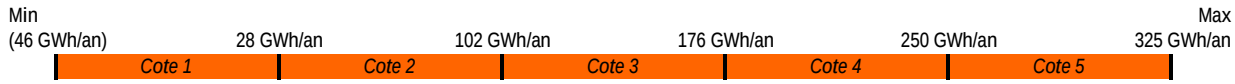


6.1.1.3 Le bilan énergétique

La production nette (ou consommation nette) d'énergie de chaque scénario a été calculée en estimant la production d'énergie et la consommation à toutes les étapes de gestion. Toutes les données ont été rapportées en gigawatt-heure (GWh) afin de faciliter la comparaison des différentes sources d'énergie (diesel, gaz, biogaz).

Dans l'attribution de la cote, le bilan énergétique net du scénario a été considéré et l'écart entre le minimum et le maximum a été divisé en 5 classes égales. De cette manière, à la lecture du bilan énergétique, il a été possible d'attribuer une cote variant de 1 à 5 selon la classe du scénario. L'échelle de cotation est présentée à la figure 6-3.

Figure 6-3 : Échelle de cotation du bilan énergétique



De cette manière, un scénario consommateur d'énergie se verra attribué la cote 1 car son bilan net est de moins de 28 GWh/an. Un scénario très producteur d'énergie obtiendra une cote de 5.

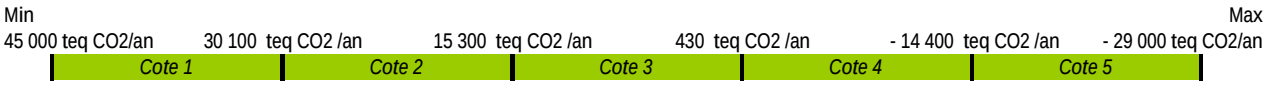
6.1.1.4 Le bilan des gaz à effet de serre

Le bilan net des émissions de gaz à effet de serre a été calculé en considérant l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre produites pour chacun des scénarios dans chacune de ses étapes.

Toutes les émissions ont été rapportées en tonnes équivalent CO_2 (teqCO2) afin de pouvoir compiler les différentes émissions.

Dans l'attribution de la cote, le bilan des GES net du scénario a été considéré et l'écart entre le minimum et le maximum a été divisé en 5 classes égales. De cette manière, à la lecture du bilan, il a été possible d'attribuer une cote variant de 1 à 5 selon la classe du scénario. L'échelle de cotation est présentée à la figure 6-4.

Figure 6-4 : Échelle de cotation du bilan des GES



Un scénario qui permet d'éviter des émissions de GES aura un bilan GES négatif et obtiendra ainsi une cote élevée. À l'inverse, un scénario qui émet de grandes quantités de GES obtiendra une cote de 1.

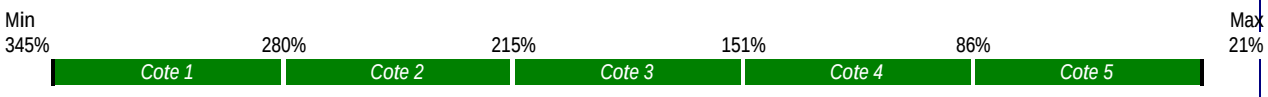
6.1.1.5 *Autres émissions atmosphériques*

Les autres émissions atmosphériques sont divisées selon 3 catégories : gaz acides (HCl, NOx, SOx), gaz précurseurs de Smog (matières particulaires, NOx) et autres contaminants (dioxines et furanes, plomb, mercure, cadmium).

Afin de compiler les données très différentes pour chaque scénario, nous avons ramené toutes les valeurs absolues en pourcentage de la moyenne pour chaque catégorie, puis calculé la moyenne des pourcentages des trois catégories pour chaque scénario. Cette moyenne, correspondant à 100% sur l'échelle de cotation, a été considérée pour attribuer la cote.

De cette manière, à la lecture du bilan, il a été possible d'attribuer une cote variant de 1 à 5 selon la classe du scénario. L'échelle de cotation est présentée à la figure 6-5.

Figure 6-5 : Échelle de cotation des autres émissions atmosphériques

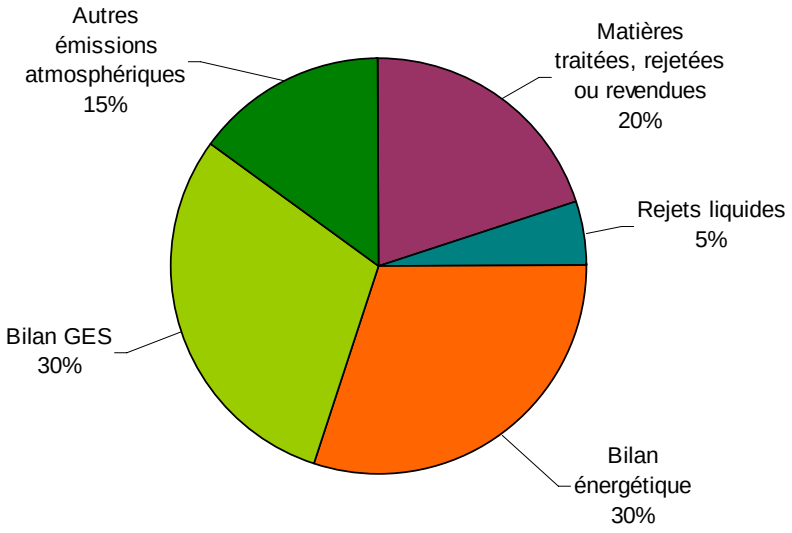


6.1.2 Pondération des critères environnementaux

Le système de cotation permet de cumuler des données ayant des unités différentes dans le but d'obtenir un pointage global pour le bilan environnemental.

Lors de la sommation des cotes, une pondération est appliquée afin de refléter les préoccupations majeures du comité de suivi. Cette pondération, adoptée par le comité lors de la réunion du 4 septembre 2008, est présentée à la figure 6-6.

Figure 6-6 : Pondération retenue pour l'analyse comparative



De façon à évaluer l'impact de cette pondération sur les résultats de l'évaluation comparative des scénarios, une analyse a également été faite en appliquant une pondération équivalente de 20 pour chacun des cinq critères.

6.1.3 Calcul du pointage environnemental

Les cotes de chaque critère sont multipliées par le facteur de pondération puis additionnées pour obtenir un pointage global pour chaque scénario. Ce pointage est compris entre 0 et 500.

6.1.4 Classement des scénarios

L'obtention des pointages globaux permet de classer les scénarios selon des rangs, du 1er au 17e. Le meilleur scénario, présentant les plus faibles impacts sur l'environnement obtient le 1er rang.

Toutefois, afin de tenir compte de la marge d'erreur qui peut s'appliquer sur les hypothèses de base, les scénarios ont été différenciés par classes. L'écart des pointages globaux entre le pointage du premier et du dernier rang a été divisé en cinq classes égales et, de la même manière que pour l'attribution des cotes, chaque scénario a été classé dans une des 5 classes en fonction du pointage.

6.2 Méthodologie d'analyse comparative des coûts

L'analyse comparative des coûts est réalisée sur la base du coût net de chacun des scénarios. Le coût net des scénarios inclut l'ensemble des coûts d'opération, d'immobilisation, d'amortissement ainsi que les revenus et est exprimé en $/an, en $/u.o. ou en $/t.

Le scénario le plus économique obtient le premier rang alors que le plus onéreux se retrouve au dernier rang. Tout comme l'analyse environnementale, l'écart entre le coût net minimal et le coût net maximal a été divisé en 5 classes égales, ce qui permet de tenir compte de la marge d'erreur qui peut s'appliquer sur les hypothèses de base.

6.3 Analyse comparative du bilan environnemental

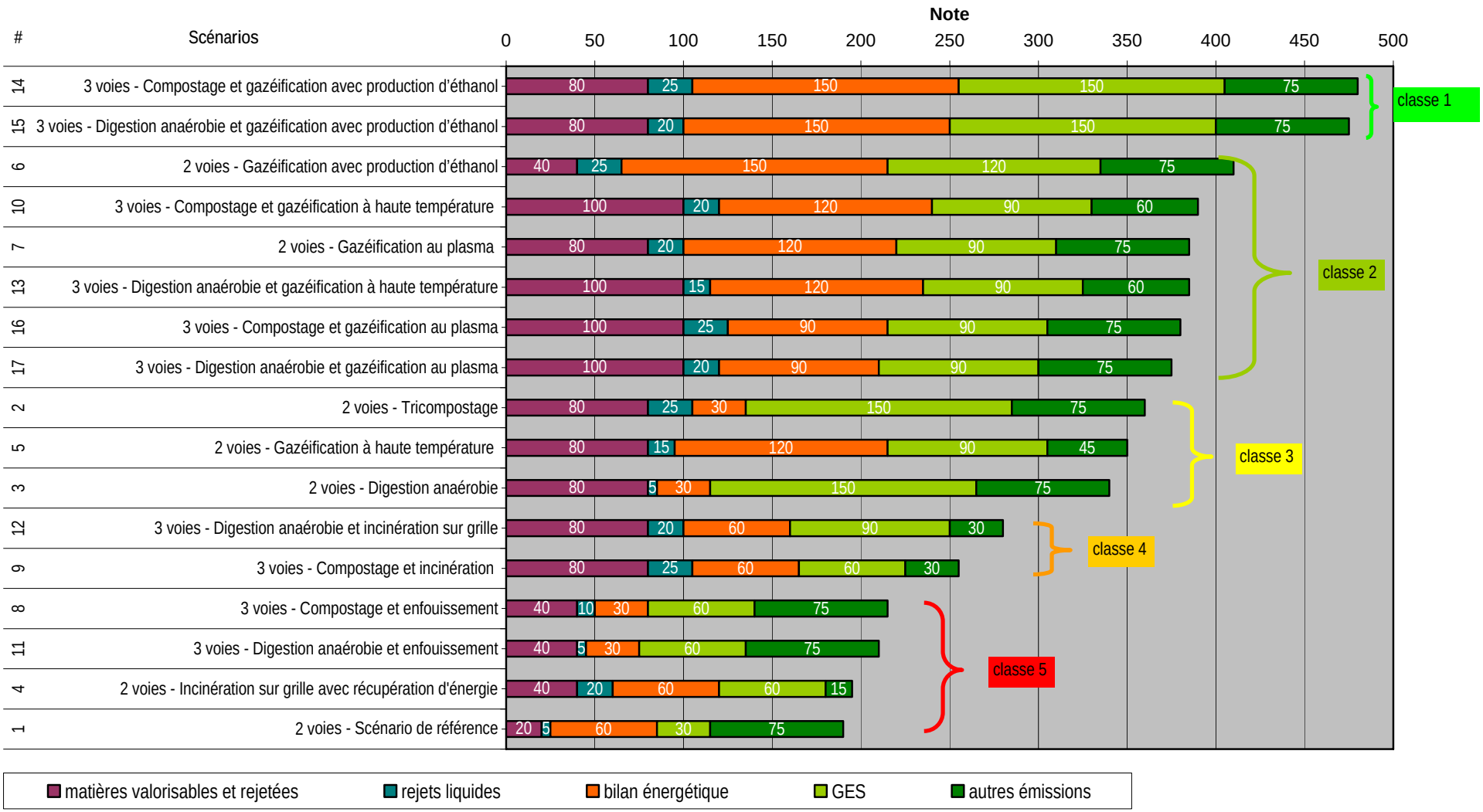
6.3.1 Classement des scénarios selon la pondération retenue

La figure 6-7, à la page suivante, présente le résultat de l'analyse comparative des bilans environnementaux des scénarios étudiés. La composition du pointage global selon les différents critères d'analyse illustre les points forts et les points faibles de chaque scénario. A titre indicatif, le tableau 6-1 présente le pointage maximal pour chacun des critères d'analyse. Le pointage est le résultat de la cote maximale multipliée par la pondération.

Tableau 6-1: Pointage maximal de chaque critère

Critère	Pondération	Cote maximale	Pointage maximal
Matières traitées, rejetées ou revendues	20	5	100
Rejets liquides	5	5	25
Bilan énergétique	30	5	150
Bilan GES	30	5	150
Autres émissions atmosphériques	15	5	75
Total	100	n. a.	500

Figure 6-7 : Classement des scénarios selon l'analyse environnementale



Il est à noter que l'analyse comparative réalisée sur la base d'une population de 200 000 personnes a produite des résultats semblables dans la mesure où les critères sont calculés sur la base de taux unitaires.

L'observation de la figure 6-7 fait ressortir les conclusions suivantes :

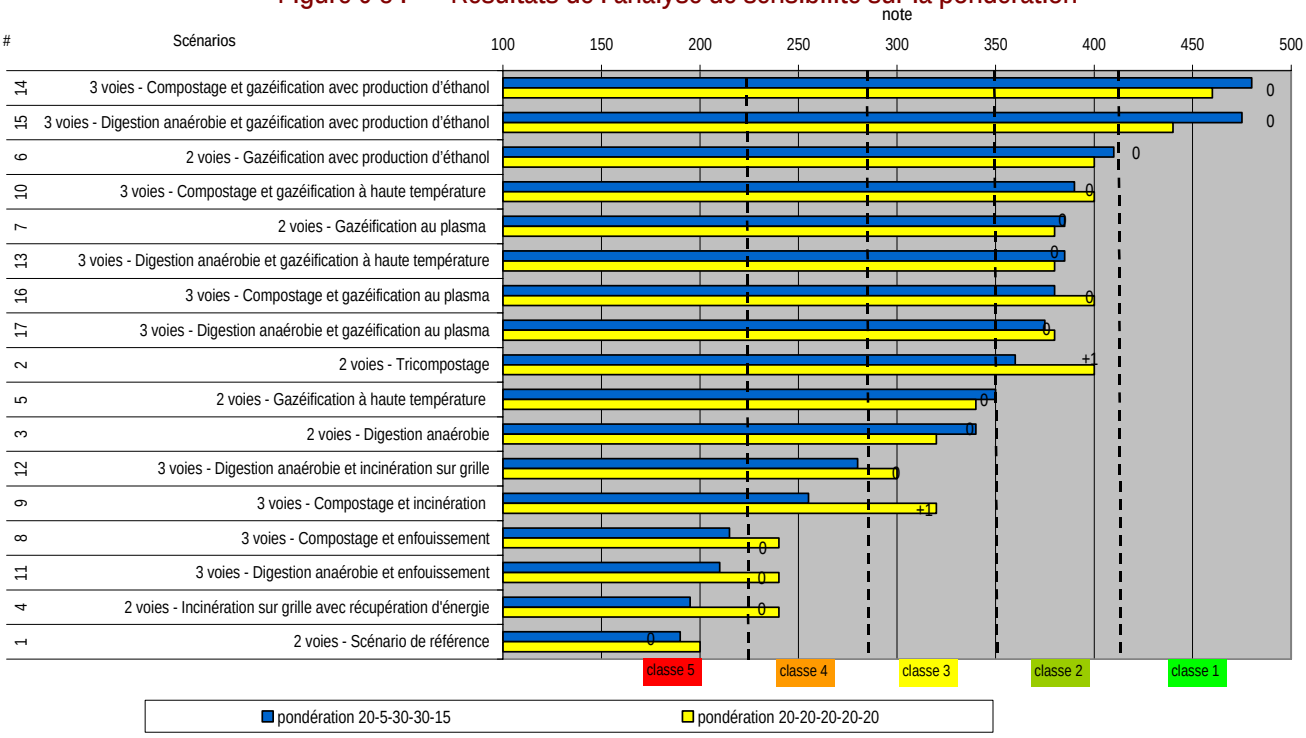
- Les 8 scénarios en tête comprennent tous un traitement thermique de type gazéification.
- Sur les 8 premiers scénarios, 6 sont basés sur une collecte à 3 voies.
- La gazéification est le procédé le mieux placé et se retrouve toujours en clase 1 ou 2, quel que soit le type de collecte. Pour la gazéification avec production d'éthanol, la mise en place d'une collecte à 3 voies augmente le pointage environnemental global de 20% et le coût de 26%. Pour la gazéification au plasma, le pointage est meilleur sans collecte à 3 voies.
- Les scénarios ayant un bilan énergétique et un bilan des émissions de GES supérieurs sont favorisés étant donné la forte pondération de ces deux critères.
- Les scénarios de collecte à 3 voies obtiennent de meilleurs pointages pour les matières valorisables et rejetées.
- L'incinération est peu performante sur l'ensemble des critères comparativement aux autres traitements thermiques.

6.3.2 Analyse de sensibilité sur la pondération

Afin de mesurer l'effet de la pondération sur l'analyse comparative des scénarios, une analyse de sensibilité a été effectuée en modifiant la pondération retenue pour l'analyse comparative (20-5-30-30-15). La figure 6-8 présente l'effet de la modification de la pondération.

Il apparaît que si une pondération égale pour les cinq critères, soit 20-20-20-20-20, est appliquée, les scénarios 14 (gazéification avec production d'éthanol et compostage en usine) et 15 (gazéification avec production d'éthanol et digestion anaérobie) se qualifient toujours dans la classe supérieure. Ces deux scénarios sont suivis par 7 scénarios dans la seconde classe.

Figure 6-8 : Résultats de l'analyse de sensibilité sur la pondération



Cette figure indique pour chaque scénario si l'utilisation de la nouvelle pondération entraîne un changement de classe (+1) ou non (0).

De façon générale, l'application de cette pondération réduit l'importance du bilan énergétique et du bilan des GES. L'analyse de sensibilité a donc tendance à faire reculer certains scénarios de traitement thermique en faveur du traitement biologique, tel que le tricompostage. Le scénario 9, compostage et incinération, est aussi avantagé car la pondération de référence le pénalisait sur son bilan énergétique et son bilan de GES.

Cependant, la modification de la pondération n'a pas pour effet de modifier de façon importante le classement des scénarios.

6.4 Analyse comparative du bilan économique

6.4.1 Analyse des coûts annuels

Les figures 6-9 et 6-10 présentent les résultats de l'analyse comparative du prix de revient annuel, en $, pour 400 000 personnes et 200 000 personnes.

Figure 6-9 : Estimation des Coûts annuels (population de 400 000 habitants)

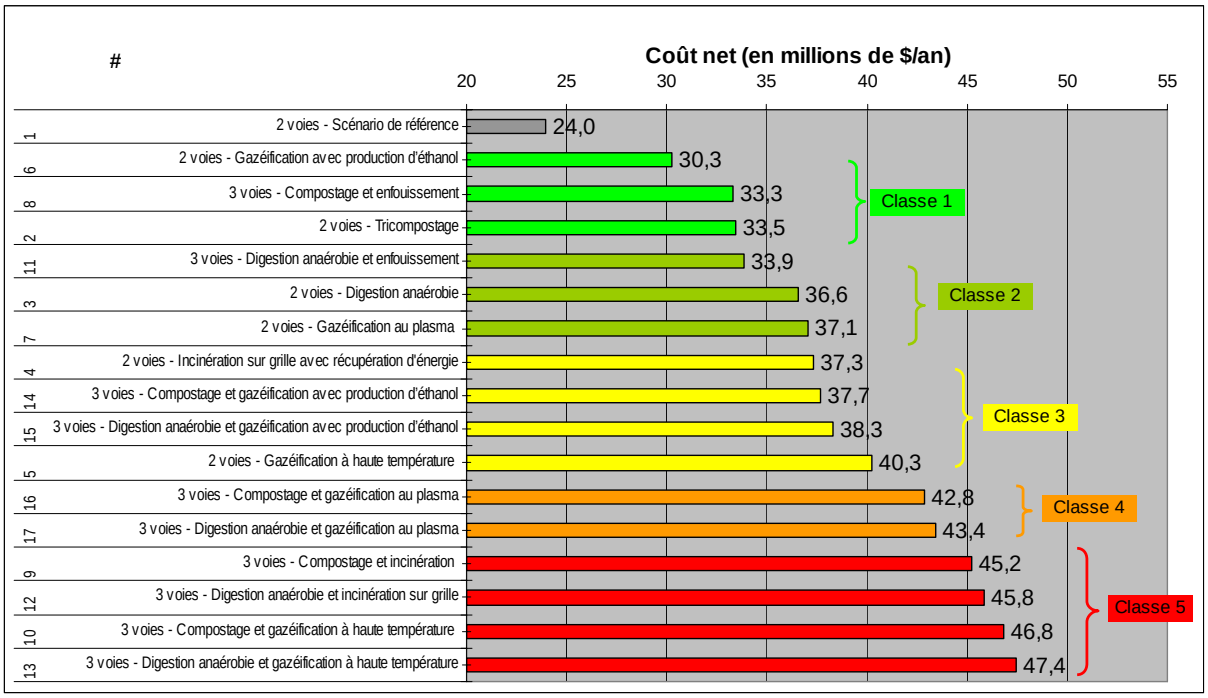
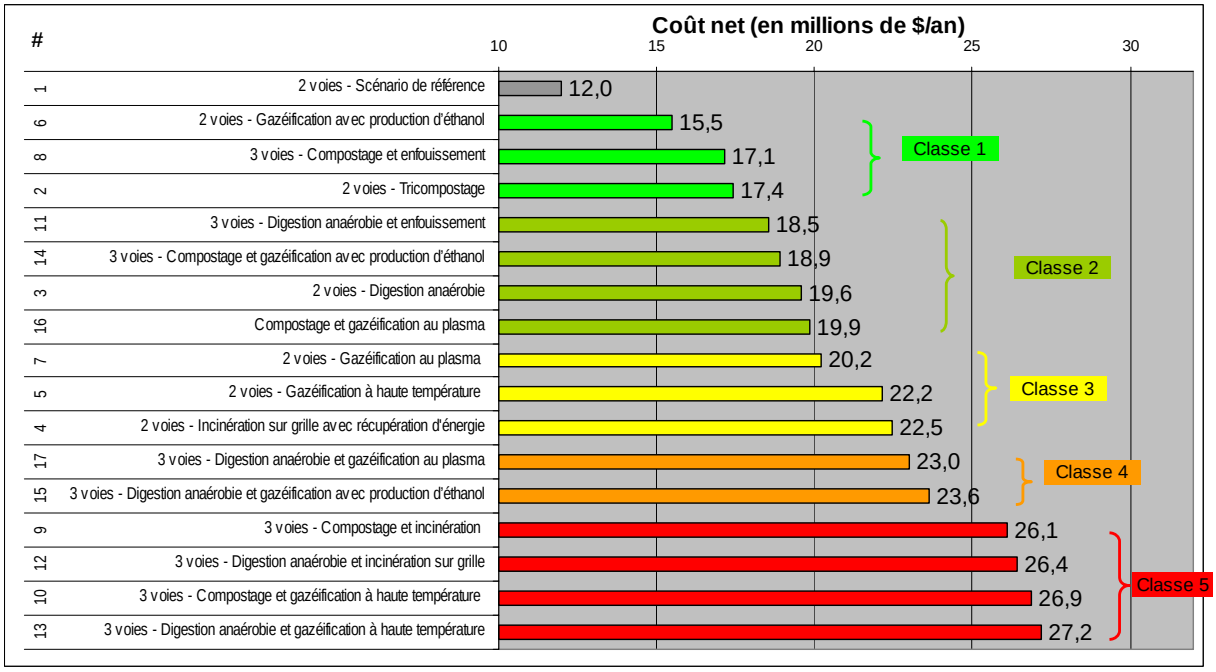


Figure 6-10 : Estimation des Coûts annuels (Population de 200 000 habitants)



L'analyse comparative du prix de revient pour une population de 400 000 habitants montre que le scénario de référence est le moins coûteux, à 24,0 M$, et se situe loin devant les autres scénarios puisqu'un écart de 28% le sépare de la deuxième position. Les scénarios 6 (30,3 M$), 8 (33,3 M$) et 2 (33,5 M$), suivent dans une première classe de coûts et ensuite, 3 scénarios se trouvent dans la classe de coûts suivante (entre 33,9 et 37,1 millions $).

La première classe regroupe deux scénarios à deux voies, soit le procédé de gazéification avec production d'éthanol et le tricompostage, ainsi qu'un scénario à 3 voies, le compostage et l'enfouissement.

On constate que les scénarios les plus dispendieux sont les scénarios à trois voies qui regroupent le traitement biologique des résidus organiques puis le traitement thermique des résidus ultimes, à l'exception des scénarios basés sur le procédé de gazéification avec production d'éthanol.

Il est à noter que pour une population de 400 000 ou 200 000 personnes, ce sont les mêmes scénarios qui se classent dans les cinq premières positions. Les scénarios dont le classement est modifié sont ceux utilisant une combinaison de technologies ayant des coûts de revient relativement faibles à petite échelle, tel que les procédés de gazéification au plasma, de gazéification avec production d'éthanol et de compostage en usine. De façon générale, ces scénarios ont amélioré leur classement dans l'analyse portant sur une population de 200 000 personnes par rapport à 400 000 personnes.

6.4.2 Analyse des coûts par unité d'occupation

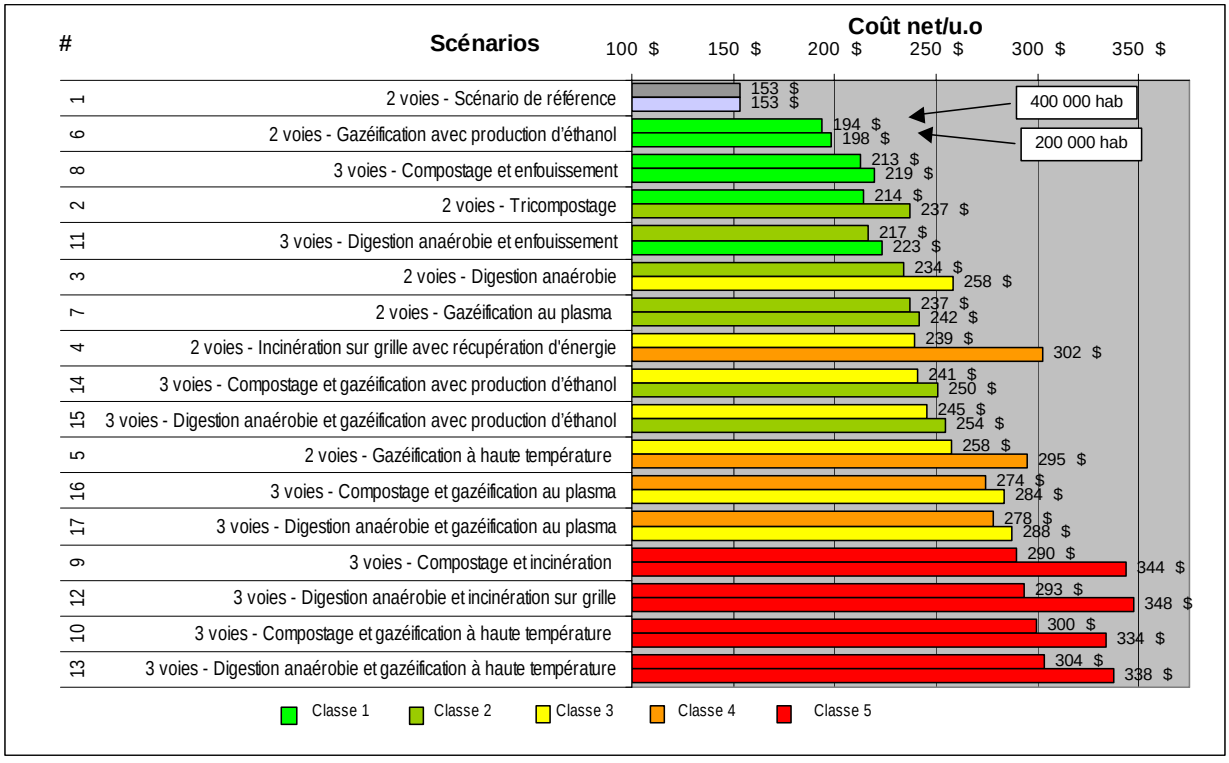
La figure 6-11 présente le coût par unité d'occupation de chacun des scénarios, pour une population de 400 000 et de 200 000 personnes.

En observant la figure, on peut constater que les coûts par unité d'occupation sont plus élevés lorsque la population desservie est plus faible. Cette différence est due aux économies d'échelle qui peuvent être réalisées avec des infrastructures de traitement de plus grande envergure.

Certains scénarios, plus sensibles à ces économies d'échelles, sont affectés davantage que d'autres par la réduction de la population desservie.

Notamment, l'incinération sur grille et la gazéification à haute température sont moins compétitives par rapport aux autres scénarios pour une population de 200 000 personnes. Ces deux technologies sont très onéreuses à cette petite échelle et vont bénéficier de grandes économies d'échelle avec l'augmentation de la quantité traitée.

Figure 6-11 : Comparaison des coûts annuels par unité d'occupation, en $, pour une population de 400 000 et de 200 000 habitants



6.4.3 Analyses de sensibilité

Afin de compléter l'analyse des résultats, des analyses de sensibilité ont été réalisées pour évaluer l'impact de l'évolution de certains facteurs économiques sur le coût global du scénario. Ainsi, nous avons cherché entre autres à mesurer :

1. L'impact sur les coûts nets annuels d'une augmentation des coûts de collecte et transport de 25% (incluant les variations des coûts de carburant);
2. L'impact d'une augmentation des coûts de traitement de 25%;
3. L'impact de l'absence de revenu de vente des sous-produits;

4. L'impact d'une augmentation des revenus de 25%;
5. L'impact d'une augmentation du prix de vente de l'électricité de 0,06 à 0,10 $/kWh;
6. L'impact d'une augmentation du tarif d'enfouissement de 40 à 60$ par tonne.
7. L'impact cumulatif sur 20 ans d'une croissance des coûts de l'énergie de 2,5 % par année;
8. L'impact cumulatif sur 20 ans d'une croissance des coûts de l'énergie de 7,5 % par année.

6.4.3.1 *Résultats des analyses de sensibilité*

Le tableau 6-2 présente les impacts des analyses de sensibilité pour chaque scénario au niveau du classement général.

Tableau 6-2: Impacts des variations sur le classement des scénarios

#	Scénarios		Classe	Analyse de sensibilité							
				1	2	3	4	5	6	7	8
1	2 voies	Scénario de référence	n.a.				↘			↘	↘
2	2 voies	Tricompostage	1	·	·	·	↘↘	↘	↘	↘↘	↘↘↘↘
3	2 voies	Digestion anaérobie	2	·	·	↗	↘	↘	·	↘↘	↘↘↘
4	2 voies	Incinération sur grille avec récupération d'énergie	3	↗	·	↗	·	↘	·	·	↘
5	2 voies	Gazéification à haute température	3	·	↘	↘	↘	↘	·	↘	↘
6	2 voies	Gazéification avec production d'éthanol	1	·	·	↘↘↘↘	①	·	·	①	①
7	2 voies	Gazéification au plasma	2	·	·	↘	↘	↗	·	↘	↘
8	3 voies	Compostage et enfouissement	1	↘	·	·	↘↘	↘	↘	↘↘	↘↘↘↘
9	3 voies	Compostage et incinération	5	·	·	↗↗	·	↗	·	·	·
10	3 voies	Compostage et gazéification à haute température	5	·	·	·	·	·	·	·	·
11	3 voies	Digestion anaérobie et enfouissement	2	·	↗	↗	↘	·	·	↘	↘↘↘
12	3 voies	Digestion anaérobie et incinération sur grille	5	·	·	↗	·	↗	·	·	·
13	3 voies	Digestion anaérobie et gazéification à haute température	5	·	·	·	·	·	·	·	·
14	3 voies	Compostage et gazéification avec production d'éthanol	3	·	↗	↘↘	·	·	·	·	↗
15	3 voies	Digestion anaérobie et gazéification avec production d'éthanol	3	·	↗	↘↘	·	·	·	·	↗
16	3 voies	Compostage et gazéification au plasma	4	·	·	·	↘	↘	·	↘	↘
17	3 voies	Digestion anaérobie et gazéification au plasma	4	·	·	·	↘	↘	·	↘	↘

Légende : ① Le scénario monte au premier rang, devant le scénario de référence;
↗ : Augmentation du classement du scénario;
↘ : Diminution du classement du scénario.

Le tableau 6-3 permet de constater que le scénario de référence est très peu affecté par les différentes analyses de sensibilité. Les écarts de coût entre le scénario de référence et les suivants sont importants. Il est cependant devancé à trois reprises par le scénario 6 (gazéification avec production d'éthanol) à cause de l'impact d'une augmentation des revenus ou du coût de l'énergie.

D'autre part, on constate que l'analyse de sensibilité sur les coûts de collecte et transport (analyse 1) de même que sur le tarif d'enfouissement (analyse 6) affecte peu le classement des scénarios. Dans le cas des coûts de collecte et transport, bien que cette composante occupe une forte part du coût des scénarios, cette part varie peu d'un scénario à l'autre. En ce qui concerne l'enfouissement, cette composante du coût occupe en moyenne une faible part du coût des scénarios. En conséquence, ces analyses de sensibilité entraînent peu de modifications au classement

À l'opposé, les analyses portant sur les revenus et les coûts de l'énergie (analyses 3, 4 7 et 8) ont un effet important sur le classement de certains scénarios. Notamment, les scénarios utilisant la gazéification avec production d'éthanol ont été grandement affectés par l'absence de revenus (effet négatif) ou l'augmentation du prix de vente de l'éthanol (effet positif).

Enfin, le coût de traitement de gazéification au plasma est grandement affecté par le prix de vente de l'électricité. À l'usine d'Ottawa, le tarif est de 60$ par tonne, en considérant des revenus de vente d'électricité à 0,11 $/KWh. Lorsque les revenus de vente d'électricité sont ramenés au tarif de vente québécois (0,06 $/KWh basé sur l'hypothèse du rapport de la CMM), le tarif s'élève à 120$ par tonne. La possibilité d'obtenir une entente sur la vente d'électricité à environ 0,10 $/KWh a donc une influence importante sur le coût de revient de la technologie et sur son classement.

Le tableau 6-3 présente un sommaire global de toutes les analyses de sensibilité. Pour chaque scénario, on y retrouve le nombre de fois qu'ils se retrouvent dans la première ou dans la deuxième classe.

Tableau 6-3: Sommaire des analyses de sensibilité

Scénario		Nombre de 1ere classe	Nombre de 2e classe	Nombre de 1ere et 2e classe
1	Scénario de référence	n.a.	n.a.	n.a.
6	Gazéification avec production d'éthanol	8	0	8
2	Tricompostage	4	2	6
8	Compostage et enfouissement	3	3	6
11	Digestion anaérobie et enfouissement	2	4	6
3	Digestion anaérobie	1	4	5
7	Gazéification au plasma	1	4	5
4	Incinération sur grille avec récupération d'énergie	0	3	3
14	Compostage et gazéification avec production d'éthanol	0	2	2
15	Digestion anaérobie et gazéification avec production d'éthanol	0	2	2
5	Gazéification à haute température	0	0	0
9	Compostage et incinération	0	0	0
10	Compostage et gazéification à haute température	0	0	0
12	Digestion anaérobie et incinération sur grille	0	0	0
13	Digestion anaérobie et gazéification à haute température	0	0	0
16	Compostage et gazéification au plasma	0	0	0
17	Digestion anaérobie et gazéification au plasma	0	0	0

Nous observons dans ce tableau que le scénario 6, collecte à deux voies avec la gazéification avec production d'éthanol, se classe premier dans la plupart des analyses, suivi du scénario 2 (tricompostage) qui se classe bien malgré qu'il soit affecté négativement par quelques analyses. Enfin, les scénarios 8 (compostage et enfouissement) et 11 (digestion anaérobie et enfouissement) se classent en général bien dans les analyses.

Les résultats des analyses de sensibilité confortent les premiers résultats observés sur les coûts. À titre de rappel, les scénarios 6, 8 et 2 se sont classés premier lors de l'analyse des coûts pour une population de 400 000 personnes. Il semble donc que les résultats de l'analyse comparative des coûts soient assez robustes.

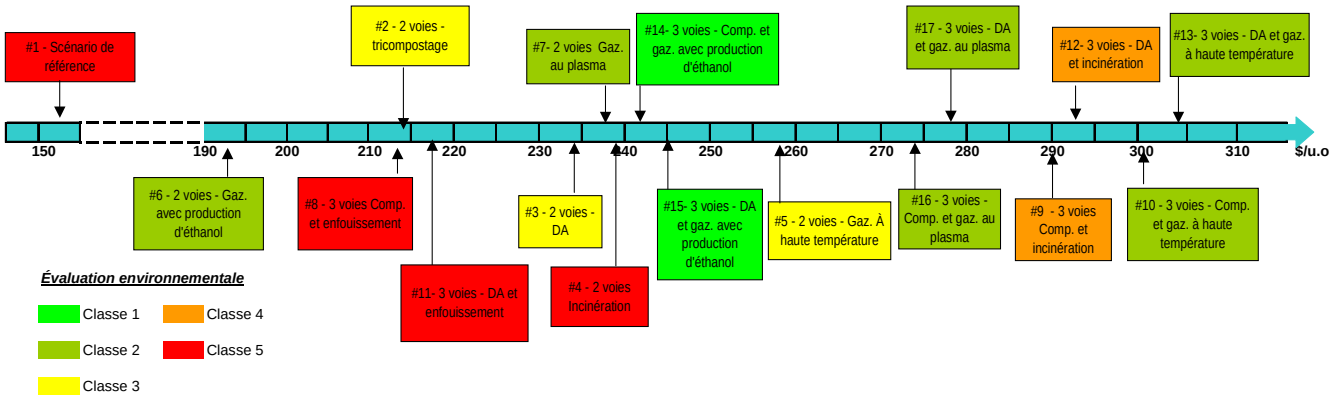
6.5 Sommaire des analyses comparatives

La figure 6-12 illustre le résultat de l'analyse comparative du bilan environnemental et du coût des scénarios, en $/u.o, pour une population desservie de 400 000 personnes. La figure 6-13, à la page suivante illustre le résultat pour une population de 200 000 personnes.

Sur la figure, chaque scénario est positionné sur une échelle de coût selon son coût net par unité d'occupation. L'analyse comparative du bilan environnementale est illustrée par la couleur des cases qui font référence au classement du scénario.

Plus un scénario se situe à gauche sur l'échelle, moins le coût net est élevé. Les cases vertes représentent les classes 1 (vert clair) et 2 (vert foncé) de l'analyse comparative environnementale.

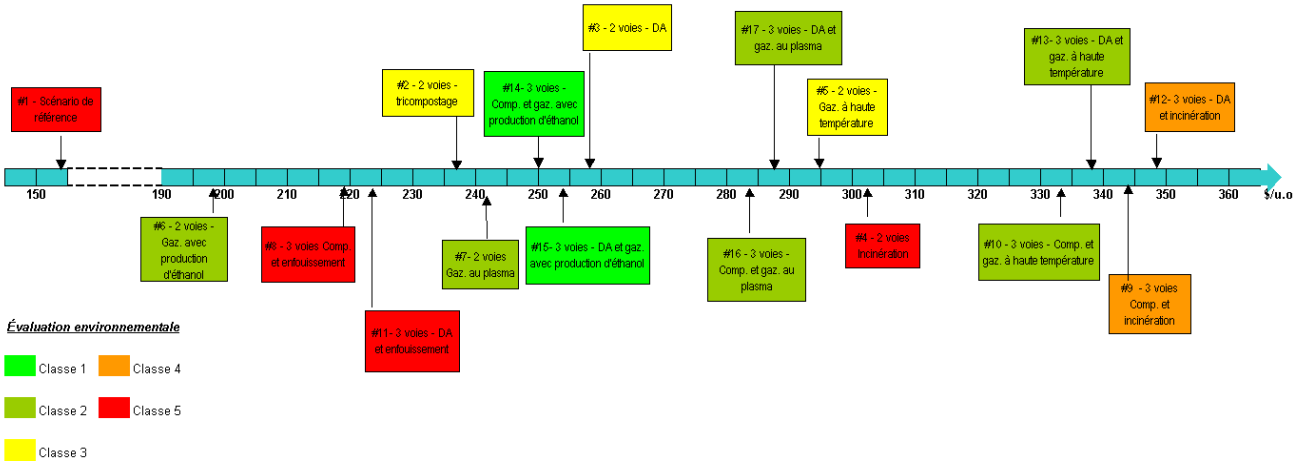
Figure 6-12 : Sommaire des analyses comparatives (400 000 personnes)



L'observation de cette figure permet de constater que les scénarios ayant obtenu les pires pointages environnementaux (en rouge) se retrouvent plutôt à gauche dans l'échelle de coût.

À l'opposé, le scénario 6 (2 voies – gazéification avec production d'éthanol) se retrouve parmi les scénarios les moins onéreux tout en ayant un classement environnemental élevé (classe 2). Les scénarios 14 et 15, deux scénarios de collecte à 3 voies impliquant la gazéification avec production d'éthanol obtiennent également un bon classement global, puisqu'ils ont obtenu la première classe au niveau environnemental et se situent au centre de l'échelle de coût.

Figure 6-13 : Sommaire des analyses comparatives (200 000 personnes)



L'observation de cette figure permet de constater que l'analyse pour 200 000 personnes diffère peu de l'analyse pour 400 000 personnes.

Le scénario 6 (2 voies – gazéification avec production d'éthanol) se retrouve toujours parmi les scénarios les moins onéreux tout en ayant un classement environnemental élevé (classe 2). Les scénarios 14 et 15, deux scénarios de collecte à 3 voies impliquant la gazéification avec production d'éthanol obtiennent toujours un bon classement global pour une population de 200 000 personnes.

7 IMPACTS DE L'AJOUT D'AUTRES MATIÈRES

Cette section vise à évaluer l'impact de l'ajout d'autres matières dans les scénarios sur le plan environnemental et économique. Les matières pouvant être ajoutés sont les matières résiduelles générées par les industries, les commerces et les institutions (ICI) ou les boues de stations d'épuration et de fosses septiques.

7.1 Quantités générées

7.1.1 Matières générées par les ICI

Selon les données du PMGMR de la CMM, la génération de matières résiduelles des ICI pour Laval et la Couronne Nord en 2001 était de l'ordre de 0,693 tonnes par an par personne. Sur une base de 400 000 personnes, on estime ainsi la production de matières résiduelles des ICI à environ 277 048 tonnes pour l'année 2008.

Advenant qu'il n'y ait pas d'obligation d'utiliser les éventuelles infrastructures municipales, nous avons posé comme hypothèse que 70% de cette quantité seront traités par les infrastructures considérées tandis que les 30% restant seront pris en charge par les entrepreneurs privés qui utiliseront d'autres sites de traitement ou d'élimination. La quantité totale à traiter en provenance des ICI serait ainsi de l'ordre de 193 934 tonnes par an.

En fonction de leur composition globale[1], les 193 934 tonnes provenant des ICI seraient orientées comme suit :

Tableau 7-1: Répartition des matières ICI - Scénarios de collecte à 2 voies

Filière	Quantité de référence (tonnes)	Matières provenant des ICI (tonnes)	Part des matières ICI (%)
Traitement des matières recyclables	40 000	105 015	72%
Traitement des résidus mixtes	165 000	88 919	35%

[1] Ottawa, 2007. Rapport sur la caractérisation des déchets ICI Projet d'établissement d'une stratégie 3 R pour les secteurs ICI. Rapport préparé par Genivar, Kelleher Environmental et Jacques Whitford. 5 juin 2007.

Tableau 7-2: Répartition des matières ICI - Scénarios de collecte à 3 voies

Filière	Quantité de référence (tonnes)	Matières provenant des ICI (tonnes)	Part des matières ICI (%)
Traitement des matières recyclables	40 000	105 015	72 %
Traitement des matières organiques	40 000	24 048	38 %
Traitement des résidus mixtes	125 000	64 871	34 %

7.1.2 Boues

Selon les estimations du PMGMR, en 2001, la production de boues par les villes de Laval et de la Couronne Nord serait de l'ordre de 45 493 tonnes pour l'année 2008. A titre d'illustration, cette quantité :

- Constituerait 22 % de la quantité totale des matières à traiter pour les scénarios 2 voies;
- Doublerait la quantité de matières organiques à traiter pour les scénarios 3 voies.

7.2 Faisabilité technique

7.2.1 Faisabilité technique de l'ajout des matières ICI

Les quantités de matières résiduelles des ICI, ainsi que leur composition, sont susceptibles de modifier le fonctionnement de certaines filières de traitement.

Globalement, les matières provenant des ICI diffèrent de celles générées par le secteur résidentiel et cela peut nécessiter une étape supplémentaire de préparation, tel que le broyage de matières volumineuses ou encore le contrôle des matières ayant des caractéristiques spécifiques.

Toutefois, l'ensemble des procédés de traitement étudiés acceptent ce type de résidus. L'ajout de ces matières peut être favorable ou non selon le type de traitement. Ainsi, la composition des résidus ICI favorise leur intégration dans les traitements thermiques, car leur valeur calorifique est plus importante que les matières résiduelles résidentielles.

L'installation de gazéification de Budapest[2] illustre la faisabilité technique de ce type de traitement pour les matières générées par les ICI, puisque l'installation traite des déchets industriels.

Par contre, leur intégration dans les traitements biologiques dépend du scénario de gestion. Dans un système de collecte 2 voies, le traitement biologique (tri-compostage ou digestion anaérobie) des matières ICI a peu d'intérêt du fait de la faible proportion de matières organiques (incluant le bois) dans les résidus ICI, soit 20% contre 58% pour les résidus résidentiels.

Mentionnons toutefois que les résidus provenant des commerces de détails et alimentaires constituent une avenue intéressante pour la valorisation par traitement biologique (compostage et digestion anaérobie).

Selon la proportion des matières en provenance des ICI dans le mélange entrant, cette caractéristique pourrait rendre le traitement biologique inefficace. De plus, la présence de plastiques supplémentaires et de bois traité peut avoir un impact négatif sur la qualité du compost. Des études complémentaires devraient donc être menées pour vérifier l'applicabilité de ces traitements, si ces scénarios étaient retenus.

Seuls les scénarios de collecte à trois voies pourraient intégrer sans difficultés les matières organiques d'origine ICI collectées séparément. Cela est cependant conditionné à la mise en place de ce type de collecte et de tri à la source dans les ICI. Pour cette raison, il y aurait lieu de déterminer plus précisément la quantité de matières organiques qui pourraient être ramassées auprès de ces classes d'ICI.

Dans le cas du traitement des matières recyclables, il est considéré que les ICI mettent en place des systèmes de collecte des fibres, plastiques, métaux et verre qui seront dirigés vers un centre de tri des matières recyclables.

[2] Rapport d'étape 2 – Meilleures installations en Europe Fiche E8 –- Budapest, Hongrie - Serpac Environnement – P.I.T. Pyroflam

Tableau 7-3: Faisabilité de l'ajout des matières résiduelles des ICI

Filière	Faisabilité Scénarios 2 voies	Faisabilité Scénarios 3 voies
Recyclage	✓	✓
Traitement biologique	✗	✓
Traitement thermique	✓	✓

7.2.2 Évaluation de la faisabilité technique de l'ajout des boues

L'acceptabilité des boues dans les différents traitements envisagés dépend de caractéristiques des procédés mais également de la nature des boues et de leur proportion dans le mélange à traiter.

7.2.2.1 Impact sur les technologies de traitement thermique

Concernant les traitements thermiques, un taux d'humidité trop élevé des boues aura un impact sur le bilan énergétique de l'installation. Le mélange des intrants doit avoir une siccité supérieure à 50% pour garantir le bon fonctionnement de l'installation et la quantité maximale de boues autorisée généralement est de l'ordre de 20 % du mélange initial. Au-delà de 10%, certaines modifications du procédé seront éventuellement requises[3].

Toutefois, cette quantité varie selon la siccité des boues. Les boues d'une siccité élevée, supérieure à 40%, sont préférées car elles réduiront moindrement le pouvoir calorifique interne (PCI) du mélange. Dans le cas où la siccité des boues est inférieure à 40%, les boues peuvent être séchées préalablement en utilisant la chaleur générée par le procédé mais cette étape supplémentaire de prétraitement contribuera à diminuer le bilan énergétique de l'unité de traitement.

7.2.2.2 Impact sur les technologies de traitement biologique

Les installations de digestion anaérobie peuvent traiter les boues sans aucune difficulté; certaines unités sont mêmes dédiées au traitement de ces matières. La quantité de boues admissible varie selon les procédés mais ne semble pas limitée. L'ajout de boues peut même aider à atteindre le taux d'humidité optimal pour le mélange initial. Idéalement, les boues doivent avoir un taux de siccité de 20 -25 % au maximum[4].

[3] Informations tirées des réponses des promoteurs.
[4] *Idem*

Concernant les installations de compostage (scénario 2 voies ou 3 voies), le traitement des boues est faisable. La quantité admise ainsi que le taux d'humidité des boues ne sont pas limités car le taux d'humidité du mélange sera ajusté en augmentant la quantité de substrats ajoutée. Ceci aura toutefois un impact sur les coûts et sur le dimensionnement des infrastructures. Idéalement, le taux de siccité admissible est de 18 à 25 %[5].

Le tableau 7-4 résume les conditions de traitements des boues dans les procédés.

Tableau 7-4: Conditions d'intégration des boues

Traitement	Contraintes	
	Quantité	Qualité
Traitements thermiques	10 - 30 % du mélange selon les procédés.	Siccité idéale de 40 %. Ou boues déshydratées à 20 % avec séchage préalable sur site'
Compostage	Variable, ajustement de la quantité de substrats	Siccité de 18 – 25 %, Vérifier la teneur en métaux lourds et pathogènes
Digestion anaérobie	Aucune limite	Siccité de 18 – 25 %, Vérifier la teneur en métaux lourds et pathogènes

Pour les scénarios à 2 voies, les boues pourraient être traitées sans difficultés majeures car elles représenteraient près de 20% du mélange initial. Leur siccité serait à vérifier mais, dans tous les cas, une déshydratation est généralement effectuée avant le transport au site de traitement afin de limiter les coûts de transport et faciliter leur intégration dans le procédé. Il sera nécessaire de prévoir une fosse de réception des boues avec un système de désodorisation et une étape de mélange des matières. Selon les débouchés retenus pour le compost, certaines analyses pourraient être également requises avant le traitement pour valider la qualité des boues.

[5] *Idem*

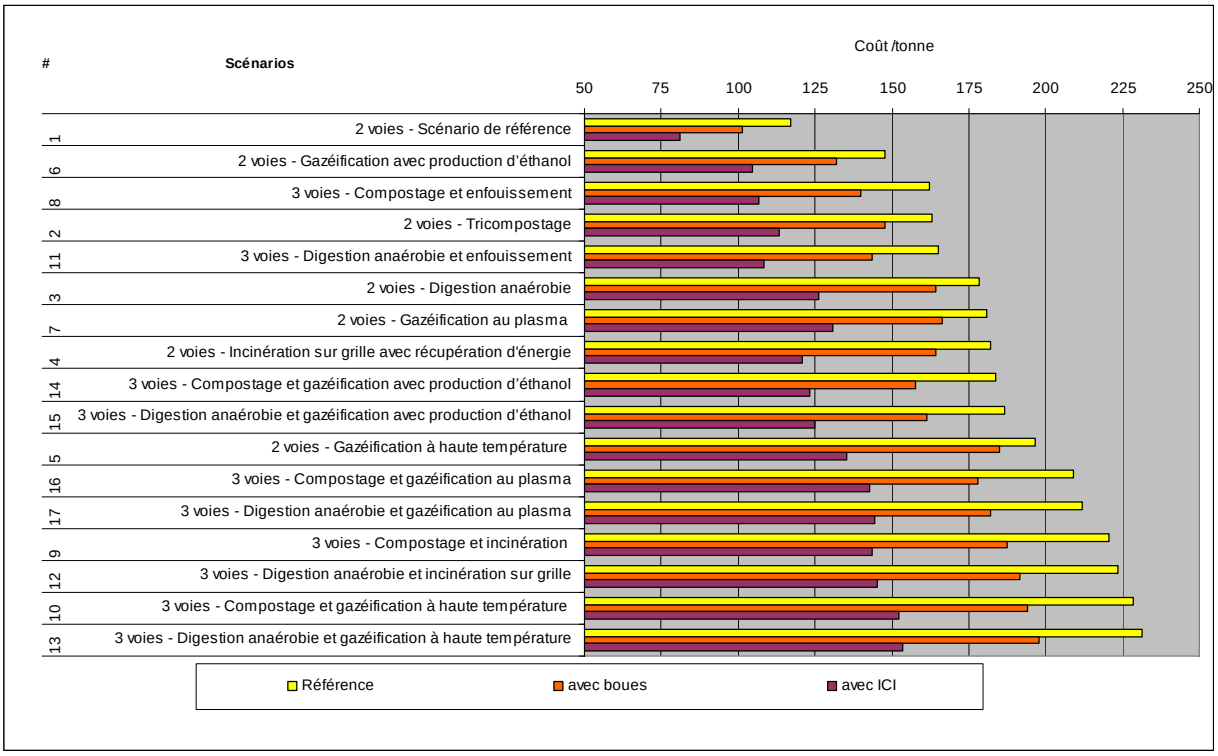
Pour les scénarios à trois voies, l'intégration des boues est envisageable mais une attention particulière devra être apportée à la qualité des boues, en particulier, la teneur en métaux lourds, car la proportion de boues par rapport au tonnage rural est élevée. L'ajout de ces matières engendrera un doublement de la capacité de traitement des installations.

7.3 Impacts sur le coût des scénarios

L'ajout de matières aux scénarios de gestion des matières résiduelles peut être intéressant si cet ajout permet aux municipalités de réaliser des économies d'échelle sur les coûts de traitement. Ces économies sont observables sur coût à la tonne des scénarios comme base de comparaison. Le coût à la tonne est utilisé en divisant le coût net (incluant le coût de l'ajout des boues ou des ICI) par le nombre total de tonnes traitées.

La comparaison du coût de traitement à la tonne permet de vérifier si l'ajout des boues et des matières résiduelles générées par les ICI affecte le classement initial des scénarios sur les coûts, basé sur une population de 400 000 habitants.

Figure 7-1 : Impact de l'ajout de Matières sur le coût par tonne



La figure 7-1 montre que l'ajout de matières réduit le coût par tonne des différents scénarios. Cette réduction atteint 35% dans certains scénarios avec l'ajout de matières ICI. Le tableau 7-5 présente l'impact de l'ajout des boues ou des matières des ICI sur le classement des scénarios.

Si l'intégration des matières générées par les ICI a tendance à faire baisser les coûts unitaires de tous les traitements, elle modifie peu le classement des scénarios de classe 1, soit les scénarios 8 (compostage + enfouissement), 6 (gazéification avec production d'éthanol) et 2 (tricompostage) qui demeurent en première classe.

L'ajout des matières générées par les ICI favorise l'incinération, qui voit ces scénarios mieux classés. Le scénario 4 atteint ainsi la classe 2 avec l'ajout des matières ICI.

Tableau 7-5: Impacts de l'ajout de matières sur le coût à la tonne selon les matières traitées

#	Description du scénario		400 000 personnes	Ajout des Boues		Ajout des ICI	
			Classe	Classe	Impact	Classe	Impact
1	2 voies	Scénario de référence	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	2 voies	Gazéification avec production d'éthanol	1	1		1	
8	3 voies	Compostage et enfouissement	1	1		1	
2	2 voies	Tricompostage	1	2	↘	1	
11	3 voies	Digestion anaérobie et enfouissement	2	1	↗	1	↗
3	2 voies	Digestion anaérobie	2	3	↘	3	↘
7	2 voies	Gazéification au plasma	2	3	↘	3	↘
4	2 voies	Incinération sur grille avec récupération d'énergie	3	3		2	↗
14	3 voies	Compostage et gazéification avec production d'éthanol	3	2	↗	2	↗
15	3 voies	Digestion anaérobie et gazéification avec production d'éthanol	3	3		3	
5	2 voies	Gazéification à haute température	3	5	↘↘	4	↘
16	3 voies	Compostage et gazéification au plasma	4	4		4	
17	3 voies	Digestion anaérobie et gazéification au plasma	4	4		5	↘
9	3 voies	Compostage et incinération	5	5		4	↗
12	3 voies	Digestion anaérobie et incinération sur grille	5	5		5	
10	3 voies	Compostage et gazéification à haute température	5	5		5	
13	3 voies	Digestion anaérobie et gazéification à haute température	5	5		5	

7.4 Impacts sur le plan environnemental

7.4.1 Impact de l'ajout des matières des ICI

Pour chaque scénario pour lequel il est possible de traiter les matières générées par les ICI, les impacts environnementaux dus à l'ajout des matières sont calculés et les impacts totaux du scénario sont révisés. La qualité de sous-produits est également révisée si les matières ajoutées ont une influence sur ce paramètre. Comme les taux de génération de rejets sont unitaires, les émissions sont ajustées en intégrant le tonnage supplémentaire traité. Dans le cas des émissions de gaz à effet de serre (GES), comme le taux d'émission est influencé par la composition des matières, les taux d'émissions unitaires ont été modifiés pour chaque procédé pour tenir compte de la modification de la composition du flux de matières à traiter due à l'ajout des matières générées par les ICI.

Le tableau 7-6 présente l'impact de l'ajout des matières des ICI sur le bilan environnemental des scénarios.

Tableau 7-6 Résultats de l'analyse comparative du bilan environnemental

#	Description du scénario		400 000 personnes	Ajout des ICI	
			Classe	Classe	Impact
14	3 voies	Compostage et gazéification avec production d'éthanol	1	1	
15	3 voies	Digestion anaérobie et gazéification avec production d'éthanol	1	1	
6	2 voies	Gazéification avec production d'éthanol	2	1	↗
10	3 voies	Compostage et gazéification à haute température	2	2	
7	2 voies	Gazéification au plasma	2	2	
13	3 voies	Digestion anaérobie et gazéification à haute température	2	1	↗
16	3 voies	Compostage et gazéification au plasma	2	2	
17	3 voies	Digestion anaérobie et gazéification au plasma	2	2	
2	2 voies	Tricompostage	3	2	↗
5	2 voies	Gazéification à haute température	3	2	↗
3	2 voies	Digestion anaérobie	3	2	↗
12	3 voies	Digestion anaérobie et incinération sur grille	4	4	
9	3 voies	Compostage et incinération	4	4	
8	3 voies	Compostage et enfouissement	5	5	
11	3 voies	Digestion anaérobie et enfouissement	5	5	
4	2 voies	Incinération sur grille avec récupération d'énergie	5	5	
1	2 voies	Scénario de référence	5	5	

L'intégration des matières ICI entraîne peu de modifications au classement des différents scénarios.

On constate que les cinq premières positions sont attribuées aux mêmes scénarios avec ou sans les résidus ICI. Cependant, on retrouve maintenant 4 scénarios dans la première classe. Les écarts de note entre les premiers scénarios ont donc diminué.

7.4.2 Impact de l'ajout des boues

La modélisation du bilan environnemental des scénarios n'a pas été effectuée pour l'ajout des boues étant donné le peu de données précises disponibles sur l'influence des boues sur les taux unitaires utilisés pour la réalisation des bilans environnementaux. Toutefois, les promoteurs contactés au cours du mandat ont fourni certaines informations relatives au traitement des boues.

Ainsi, pour les procédés de traitement thermique, l'intégration des boues aura les impacts suivants :

- Diminution du pouvoir calorifique inférieur (PCI) du syngaz dans les sites de gazéification et donc réduction du bilan énergétique;
- Augmentation probable de la présence de métaux lourds dans les cendres, donc possibilité de nuire à leur valorisation.

Cependant, si le taux de carbone et le taux d'humidité du mélange initial répondent aux critères de fonctionnement, ces impacts seront minimisés.

En ce qui concerne la digestion anaérobie, l'ajout de boues aura un impact sur la production de biogaz car les boues ont une valeur méthanogène moindre que les résidus ménagers, ce qui a pour effet de réduire la production de biogaz par tonne de matières traitées. De plus, selon la composition des boues, la qualité de sous-produits pourra être affectée.

Pour les procédés de compostage, l'ajout des boues dans le mélange à traiter pourrait augmenter la teneur en métaux lourds du compost ainsi que les probabilités de présence d'éléments pathogènes dans le compost. A l'inverse, les boues ont un effet bénéfique sur la proportion d'éléments fertilisants dans le compost, ce qui peut être avantageux si le compost est utilisé à des fins agronomiques. Le tableau 7-7 présente l'influence de l'ajout des boues sur le bilan environnemental des scénarios.

Tableau 7-7: impacts éventuels de l'ajout des boues sur le bilan environnemental

Traitement	Impacts négatifs	Impacts positifs
Traitements thermiques	Augmentation éventuelle de la teneur en métaux lourds des cendres; Réduction possible du bilan énergétique.	
Compostage	Augmentation éventuelle de la teneur en métaux lourds du compost Probabilité de présence de pathogènes.	Augmentation de la valeur fertilisante du compost. Augmentation de la quantité de compost produit
Digestion anaérobie	Réduction éventuelle de la qualité des sous-produits.	Augmentation de la quantité de méthane produite Augmentation de la quantité de compost produit

7.5 Conclusion

En conclusion, l'ajout de matières résiduelles des ICI et de boues permet de réduire le coût unitaire de traitement applicable aux infrastructures étant donné les économies d'échelles qui peuvent être réalisées lors du dimensionnement des installations.

Cependant, l'impact de l'ajout des matières peut varier significativement selon la nature et la qualité de la matière ajoutée à la chaîne de traitement. L'ajout d'unités de prétraitement pourrait s'avérer nécessaire et l'ajout des matières peut affecter le bilan énergétique et le bilan environnemental des infrastructures visées.

8 IMPACTS DE L'APPLICATION DU PROTOCOLE DE KYOTO ET D'UNE BOURSE DE CARBONE

Afin de déterminer les impacts de l'application du Protocole de Kyoto et de la mise en œuvre d'une éventuelle bourse du carbone à Montréal, nous avons procédé à une évaluation qualitative des bilans de gaz à effet de serre (GES) effectués lors de l'analyse environnementale. La présente évaluation est basée sur une population de 400 000 habitants. Cette approche permet de comparer les émissions de tonnes équivalent CO_2 ($teqCO_2$) en unité de crédits de carbone. Les taux d'émissions de GES étant des $teqCO_2$ par tonne de matières traitées, le résultat de la quantification des émissions de GES pour une population de 200 000 personnes est la moitié des émissions pour 400 000 personnes. Elles ne seront donc pas présentées dans cette section.

Tel que mentionné dans le rapport de la CMM (CIRAIG), l'approche de l'ACV (analyse de cycle de vie) découle d'un courant de pensée holistique qui tient compte de l'extraction et du traitement des matières premières ainsi que des processus de fabrication, de transport et d'utilisation et de gestion des déchets en fin de vue utile. La pensée cycle de vie a comme principal objectif de permettre la réduction des impacts globaux des produits et services, en orientant la prise de décision. Nous avons préconisé cette approche afin de faciliter la comparaison des scénarios.

En effet, un bilan des GES ne peut pas se limiter au système en fonctionnement sur lequel nous avons travaillé pour les évaluations précédentes. Selon les protocoles de calculs développés actuellement, le bilan doit intégrer les émissions supplémentaires ou évitées en amont et en aval de l'étape de traitement pour pouvoir conclure sur un scénario.

La méthodologie détaillée de calcul des émissions et des crédits de GES a été présentée dans le rapport d'étape 7.

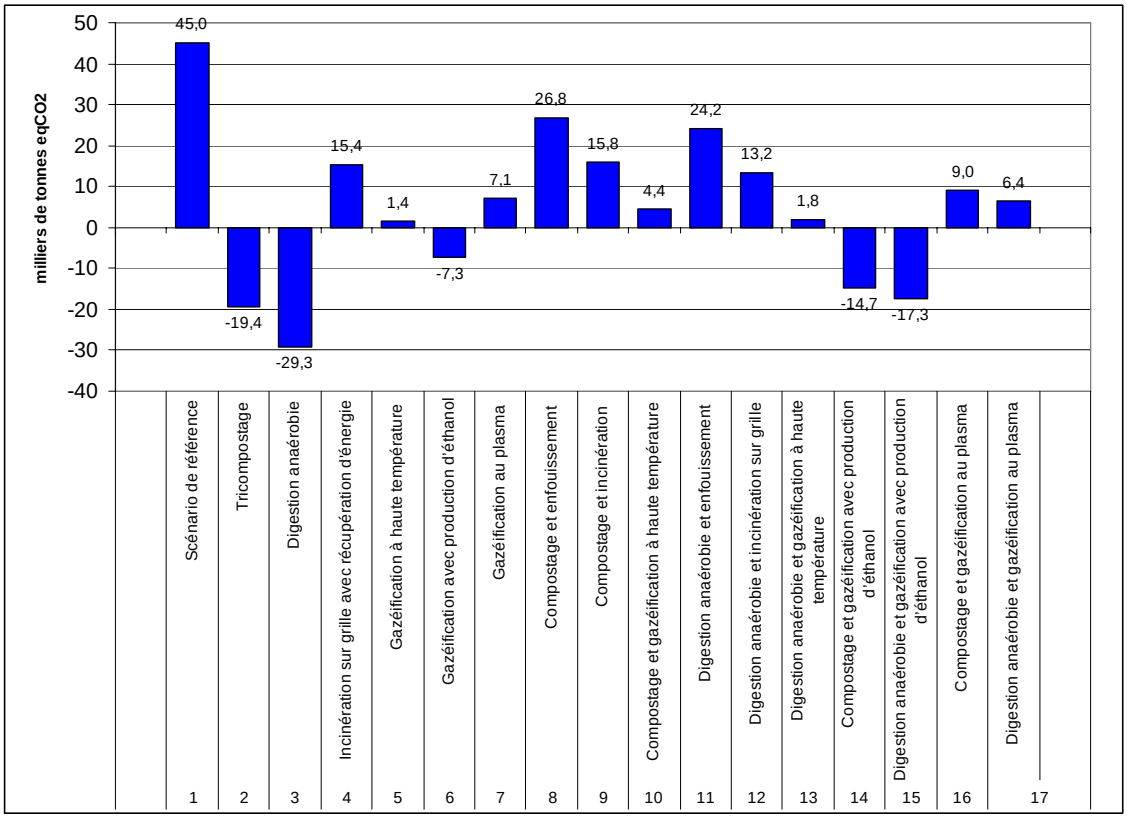
8.1 Quantification des crédits potentiels de GES

Les résultats des calculs de quantification du bilan des GES de chacun des scénarios sont présentés à la figure 8-1.

Le marché des crédits de carbone étant encore à ses balbutiements, les crédits de carbone associés à des émissions négatives pourraient être contestés. En effet, comment expliquer que les quantités de réduction d'eCO_2 obtenues soient supérieures à celles présentées dans le scénario de base.

Une étude complémentaire nous permettrait de valider cette dernière hypothèse auprès des marchés anticipés.

Figure 8-1 : Quantification des émissions de GES par scénario



Les quantités illustrées dans la figure 8-1 représentent le bilan net d'eCO_2 en tenant compte de toutes les activités des scénarios. Cependant, le bilan net peut différer de la quantité d'eqCO_2 éligibles comme crédits de carbone. En effet, les calculs de crédits de carbone sont soumis à un protocole validé officiellement pour être vendus. Or, aucun protocole n'a été validé à ce jour au Canada.

En ce qui nous concerne, afin d'éviter la double comptabilité des GES, la portion des émissions d'eCO_2 en provenance des activités de recyclage n'a pas été prise en compte dans le calcul des crédits de carbone potentiellement éligibles au marché du carbone.

Ainsi, en excluant les activités de recyclage dans le calcul des crédits éligibles par rapport au scénario de référence, les scénarios ont été classés de la même manière que pour les analyses comparatives, afin de tenir compte des marges d'erreur pouvant provenir des calculs effectués.

À la lumière des résultats obtenus, quatre scénarios sont classés premier. Le tableau 8-1 présente le comparatif de ces quatre scénarios. Ainsi, le différentiel en tonnes d'émissions eCO_2 (crédits de carbone de disponibles) des quatre scénarios retenus se situe entre 57 982 et 67 798 tonnes d'eCO_2, avec une moyenne oscillant autour de 62 000 tonnes d'eCO_2. Cette quantité représente le nombre de tonne d'émissions évitées par rapport au scénario de référence. Cela est l'équivalent de retirer de la circulation près de 21 000 petites voitures faisant chacune 20 000 km par année.

Tableau 8-1 : Comparatif des quatre scénarios retenus

Scénarios de gestion			Crédits de carbone TeqCO2
1	2 voies	Scénario de référence	0
3	2 voies	Digestion anaérobie	67 798
15	3 voies	Digestion anaérobie et gazéification avec production d'éthanol	62 267
14	3 voies	Compostage et gazéification avec production d'éthanol	59 667
2	2 voies	Tricompostage	57 982

Seuls ces scénarios sont retenus pour illustrer l'impact de l'application d'un marché du carbone dans les sections suivantes.

8.2 Facteurs influençant les émissions de GES

Les émissions de GES de chacun des scénarios sont affectées par une série de différents facteurs. Les facteurs d'influence majeure sont :

- L'évitement des émissions de méthane lors de l'enfouissement des résidus mixtes et ultimes non traités;
- La récupération du méthane pour des fins énergétiques lors de la méthanisation;

- L'évitement des émissions reliées à la production d'énergie grâce au remplacement des énergies fossiles par les sous-produits des procédés de traitement, particulièrement bénéfique dans le cas de l'utilisation d'éthanol en remplacement de l'essence ordinaire.

Ces facteurs comptent pour la grande part des réductions d'émissions quantifiées dans les scénarios présentés au tableau 8-1.

8.3 Analyse des impacts de l'application du protocole de Kyoto

En décembre 1997, le Canada et 160 autres États membres de la *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques* (CCNUCC) se sont réunis à Kyoto, au Japon, pour élaborer un accord international ayant pour objet de réduire les effets des changements climatiques par la réduction des émissions des gaz à effet de serre, les GES.

De cet accord, sont apparus des mécanismes de marché qui ont été favorisés par les pays ayant ratifié le protocole. L'un d'eux est la bourse du carbone. C'est un marché de négociation et d'échange de crédits d'émission de gaz à effet de serre (droit de polluer). Il existe plusieurs bourses du carbone dans le monde. Le marché du carbone peut être divisé en deux groupes : un marché réglementé ou communément appelé « Cap & Trade » et le marché volontaire, appelé « Off-Trade ».

Depuis l'implantation des bourses de carbone en janvier 2005, les échanges crédits de carbone n'ont cessé d'augmenter. Ainsi, de 2005 à 2007 et pour l'ensemble de la planète, nous sommes passés de 0,7 milliard de tonnes d'eCO_2 de réduction consciente à plus de 2,98 milliards de tonnes d'eCO_2, soit une croissance de l'ordre de 425 %.

Il est extrêmement difficile de prévoir les prix à venir. À titre d'exemple, sur un marché à terme à Londres, pour 2010, le prix anticipé est de 10 $ la T.M. d'eCO_2. La fourchette de prix pourrait s'étendre de 10 $ à 100 $ la T.M, d'eCO_2. La tendance évolutive du prix du crédit de carbone pour les 5 ou 10 prochaines années pourrait s'aligner, comme étalon de référence, sur celui du prix du baril de pétrole.

8.3.1 Marché réglementé ou « *Cap & Trade* »

Le marché de l'Europe est un marché réglementé opérant dans un contexte «*Cap & Trade*». Ainsi, les installations fixes d'une puissance supérieure à 20 MW se voient attribuer des quotas d'émission d'eCO2.

Chaque début d'année, ces installations doivent détenir un nombre de quotas équivalent à leurs émissions de l'année précédente sous peine de sanctions. Les quotas en excédent peuvent être échangés sur le marché à des entreprises qui émettent plus que ce que leur permet leur quota. L'idée est que les entreprises qui peuvent réduire leurs émissions pour un faible coût pourront ainsi vendre leurs droits d'émission à des entreprises qui ne sont pas en mesure de réduire leurs émissions d'eCO2. La sanction de non-respect pour une entreprise qui dépasse ses quotas, depuis 2008, est de 100 €/T.M. d'eCO_2, soit près de 150 $ CA la T.M. d'eCO_2. Mentionnons que l'entreprise a également l'obligation d'acheter des permis en règle. La principale bourse facilitant les transactions de crédits d'eCO2 est l'*European Climate Exchange*[6].

8.3.2 Marché volontaire ou « *marché* off set »

Le marché volontaire, ou le marché off set, regroupe près de 10 % de la valeur totale des crédits de carbone pour l'année 2007, soit un montant avoisinant les 6 milliards de $US. Ces marchés permettent à des individus ou des organisations d'acheter des « bons carbone » à des projets de réductions d'émission de gaz à effet de serre ou de capture du carbone. Ces bons servent à compenser les émissions des acheteurs. On peut transiger ces crédits sur des bourses volontaires telles que le Chicago Climate Exchange[7] et tout récemment la bourse de Montréal[8] qui a vu le jour en mai 2008. Il est possible de les vendre sur des marchés à terme, via des courtiers spécialisés ou encore avec une vente directe avec un acheteur privé.

Le marché volontaire est destiné aux organismes qui n'ont pas d'obligations réglementaires visant la diminution des émissions de GES, comme c'est le cas au Québec et au Canada.

8.3.3 Impact de l'application d'une bourse du carbone sur les scénarios analysés

En tenant compte du contexte international du marché du carbone pour les scénarios retenus, nous pouvons dresser un portrait des impacts quantitatifs de l'application du Protocole de Kyoto et d'une éventuelle bourse de carbone. Ainsi, toujours par rapport au scénario de référence :

- La valeur moyenne des scénarios optimums (voir tableau 8-1), en terme de réduction des GES, offrirait un potentiel de récupération annuel des crédits de carbone de l'ordre de 62 000 T.M. d'eCO_2 ;

[6] http://www.europeanclimateexchange.com/default_flash.asp)
[7] http://www.chicagoclimatex.com/

- Les revenus annuels provenant de la vente des crédits pourraient s'élever entre 248 000 $CA et 620 000 $ CA selon le type de bourse utilisé, ainsi :
  - *Une vente immédiate, via la bourse de Chicago, à un prix de 4 $CA la T.M. d'$eCO_2$ pourrait générer des revenus annuels de l'ordre de 248 000 $ CA ou 1,59 $/u.o.*
  - *Sur un marché à terme et volontaire à 10 $ la T.M. d'eCO_2, anticipé pour 2010, pourrait générer des revenus annuels de l'ordre de 620 000 $ CA ou 3,97 $/u.o.*
- Dans l'éventualité où les municipalités auraient accès au fonds technologique que le gouvernement fédéral désire mettre en place et à 15 $ la T.M., les revenus annuels seraient de l'ordre de 930 000 $CA ou 5,95 $/u.o.;
- À 40$/TM, avec accès à un marché réglementé comme en Europe, cela représenterait des revenus annuels de l'ordre de 2 480 000 $CA ou 15,87 $/u.o.

8.4 Conclusion

Nos principales conclusions portent sur l'identification des meilleurs scénarios quant à la réduction potentielle des émissions d'eCO2 ainsi que leur potentiel économique :

- Les trois principaux scénarios identifiés présentent une réduction annuelle de 62 000 TM d'eCO_2 par rapport au scénario de référence;
- Il existe un marché mondial du carbone. Actuellement pour une ville localisée au Québec, l'accès à ce marché se limite au marché volontaire. Toutefois la récente adhésion de la province du Québec au WCI[9] pourrait créer de nouvelles opportunités d'affaires pour la vente de crédits de carbone ;
- La valeur économique des crédits de carbone calculés et associés à la moyenne des trois principaux scénarios retenus est significative :
  - *À 40 $ la T.M. d'eCO_2 (prix d'un marché réglementé), les revenus de ventes des crédits peuvent représenter environ 7 % du coût des scénarios retenus;*
  - *Sur 20 ans, cela représente des revenus non actualisés de l'ordre de 49,6 millions de $.*

[8] http://www.mcex.ca/index_fr
[9] Western Climate Initiative, auquel le Québec a récemment adhéré à cette initiative

Mentionnons aussi que les flux de matières résiduelles d'origine domestique ne sont pas toujours constants et peuvent changer dans le temps. Les flux sont dynamiques tant dans leur composition qu'en ce qui a trait à leur quantité, leur valeur calorifique et à leur toxicité. Ce qui par voie de conséquence aura une influence sur les résultats anticipés.

Enfin, il règne aujourd'hui une incertitude politique par rapport aux éventuelles retombées des crédits de carbone. Si les protocoles de quantification tardent à être adoptés par nos gouvernements, les crédits risquent de ne pas voir leur valeur augmenter. Ainsi, la vente des crédits de carbone ne doit pas être prise en compte dans la capacité de financement des municipalités mais doit être considérée comme un revenu potentiel à moyen ou long terme.

9 ÉTUDE DES MARCHÉS POTENTIELS

9.1 Identification des marchés potentiels

Afin d'apprécier les possibilités de valorisation des sous-produits issus des différents traitements, nous avons analysé plusieurs études étrangères, canadiennes et québécoises, mais également obtenu des données lors d'entretiens avec des acteurs québécois concernés.

Le tableau 9-1 présente les produits générés dans les différents scénarios.

Tableau 9-1: Produits sortants des différents scénarios

Produits	Scénarios
Compost 2 voies tri-compostage et digestion anaérobie	Scénarios 2 et 3
Compost 3 voies compostage et digestion anaérobie	Scénarios 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 et 17
Électricité	Scénarios 4, 5, 7, 9, 10, 12, 13, 16 et 17
Biogaz	Scénarios 1, 3, 8, 11, 12 et 13
Syngaz	Scénarios 5, 6, 7, 10, 13, 14, 15, 16 et 17
Éthanol	Scénarios 6, 14 et 15
Vitrifiats	Scénarios 5, 7, 10, 13, 16 et 17
Mâchefers	Scénarios 4, 6, 9, 12, 14 et 15

Pour chaque produit, nous présentons l'état et les caractéristiques du marché (existant, naissant ou potentiel), les conditions d'accès au marché, ainsi qu'une fourchette de prix.

9.2 Le marché du compost

9.2.1 Les caractéristiques du marché

Il existe 40 sites de compostage au Québec autorisés à traiter des résidus d'origine résidentielle ou ICI. Seuls 30% des résidus organiques proviennent du secteur municipal, dont les trois quart sont des résidus verts.

Selon les données du Bilan 2006 de l'Association Québécoise des Industriels du Compostage (AQIC), 222 541 tonnes de composts faits à partir de matières organiques visées par la Politique québécoise ont été écoulées (vendues ou données) sur le marché en 2006 dont 73% en vrac et 27% en sacs. En prenant comme hypothèse le respect de l'objectif de valorisation de 60% de la politique québécoise, la quantité de compost produite serait multipliée par six, seulement pour le secteur municipal. Cependant, compte tenu de l'augmentation du coût des engrais, et de la diminution de l'offre de composts intégrant des résidus de bois et de déjections animales, il semble que le marché soit en mesure d'absorber cette augmentation, avec cependant des conséquences en termes d'accessibilité et de prix.

Le *Guide sur la collecte et le compostage des matières organiques du secteur municipal*[10] de Recyc-Québec distingue les marchés de volume (agriculture, sylviculture, gazon en plaque, restauration de sites dégradés, emprises sur routes, terreaux vrac) et les marchés de valeur ajoutée (détail, aménagements paysagers, golfs et terrains sportifs, terreaux sacs, pépinières, spécialités). Le compost est présenté comme très polyvalent par rapport à ses concurrents (écorces, tourbe, terre noire, perlite, fumiers, engrais de synthèse).

9.2.2 Les conditions d'accès au marché

Pour accéder à ces différents marchés, le producteur de compost doit respecter un cadre réglementaire et normatif. Les critères de qualité des composts touchent l'environnement (éléments traces), l'innocuité et la santé publique (pathogènes, corps étrangers tranchants) et certains aspects de la qualité agronomique des composts comme la quantité et la qualité de la matière organique, la maturité et la teneur en eau. Le point de vue des consommateurs se reflète également par la présence de critères de qualité directement liés à l'apparence du produit (granulométrie, humidité, corps étrangers).

Le Guide sur la valorisation des matières résiduelles fertilisantes (2004) du Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) inclus les composts, toujours considérés comme des matières résiduelles fertilisantes (MRF). Il impose un certificat d'autorisation pour l'utilisation de compost, sauf si celui-ci a été certifié conforme à la Norme sur la qualité des

[10] Recyc-Québec. 2006. « *Guide sur la collecte et le compostage des matières organiques du secteur municipal* ».

composts CAN/BNQ 0413-200 / 2005 élaborée par le Bureau de normalisation du Québec. Cette norme détermine la qualité des composts selon 3 niveaux de qualité : AA, A et B.

Les études analysées et les interlocuteurs interrogés, nous rappellent toutes l'importance de l'aspect marketing et la nécessité de répondre à un besoin. L'étude Guilbault et Associés[11] pour Recyc-Québec (2001) a défini un mix-marketing en fonction des cibles, et précise les attentes des consommateurs suivant les marchés. Les marchés identifiés dans cette étude sont :

- Agriculture traditionnelle
- Horticulture
- Génie-civil et aménagement

Le procédé détermine certaines caractéristiques du produit fini telles que la maturité et la taille des particules, mais l'étape la plus importante pour produire un compost de haute qualité est de contrôler la qualité de la matière entrantes.

D'autres débouchés sont également envisageables, principalement pour les composts de moindre qualité. Ainsi, le compost de Sorel-Tracy (Conporec), est utilisé par les entreprises de nettoyage industriel, pour ses propriétés absorbantes, comme substitut à la sciure de bois et autres absorbants industriels. Par ailleurs, la filière énergie a été évoquée par différents interlocuteurs, sous la forme de granules ou palettes compressées. La Ville de Laval produit des granules de boues d'épuration séchées à plus de 90% de matières sèches. Ces granules sont certifiées BNQ et peuvent être utilisées comme amendement de sol mais la plus grande partie est actuellement utilisée comme combustible à la cimenterie de Ciment Saint-Laurent à Joliette

9.2.3 Les prix

L'étude de l'AQIC de 2002, définit des prix de vente moyens suivant la qualité et le conditionnement. Ces prix sont présentés au tableau 9-2.

[11] « *Étude sur la mise en marché et la commercialisation du compost* », Guilbault et associés, 2001

Tableau 9-2 : Prix de vente moyen des composts selon la qualité

Conditionnement	Qualité	Prix de vente
Sacs	AA	78 à 131 $/T
	A	68 à 75 $/T
	B	Qualité insuffisante pour vente en sac
Vrac	AA	25 à 39 $/T
	A	13 à 15 $/T
	B	2 à 21 $/T

Ces niveaux de prix intègrent des composts issus de matières « nobles » et semblent devoir être largement réévalués à la baisse pour des composts provenant de matières résiduelles, surtout dans un contexte où l'offre va certainement augmenter.

L'étude ENVIROSRIS[12] (Avril 2001) pour la ville de Toronto estime que les revenus anticipés pour le compost de bonne qualité seraient entre 10 et 50 $/T. De la même manière une évaluation est faite pour les composts de qualité inférieure, pour lesquels les revenus seraient nuls, voire négatifs, car il peut être nécessaire d'investir dans des moyens d'épandage.

Cela est confirmé par nos échanges avec les industriels du secteur qui indiquent des revenus de 2 à 20 $/T pour les composts de qualité et des coûts pour les composts de qualité inférieure, de l'ordre de 10 à 15 $/T, afin d'intégrer la livraison, voire l'épandage.

9.2.4 Comparaison des marchés et débouchés

Le tableau 9-3 présente un sommaire des différents marchés discutés dans ce rapport.

[12] « *Toronto Compost Markets Study* »

Tableau 9-3 : Sommaire des débouchés du compost

Marché	Caractéristiques	Exigence du marché	Prix
Agricole	Marché existant, mais encore peu développé pour le compost. La diminution des élevages et l'augmentation du prix des engrais pourraient faire augmenter la demande.	Produit exempt de pathogènes et de polluants, niveau A Éventuellement B, si intérêt financier.	0 à 10 $/T pour qualité A, -15 à -10 $/T pour qualité B et inférieure.
Horticole	Marché existant et important, mais concurrence d'autres substrats, telle la terre noire ou la tourbe, dont les coûts d'extraction sont très faibles.	Très exigeant en termes de propreté. AA ou A, ce qui impose un excellent tri à la source chez les citoyens.	Entre 2 et 20 $/T.
Génie-civil et réhabilitation	Marché existant, mais avec des besoins locaux importants sur une courte période correspondant aux projets.	Peu d'exigences en termes de qualité. Niveau B suffisant.	Entre -15 et -10 $/T, pour intégrer le transport.
Absorbant	Marché existant, mais limité. Volume potentiel non déterminé.	Pas de nécessité de norme. La seule exigence est d'avoir un produit sec et peu odorant.	Prix non déterminé.
Combustible	Marché potentiellement important, mais non encore développé. Problème de l'acceptabilité de la valorisation énergétique pour une filière compostage.	Produit sec et compacté. Taux de matière organique suffisant. Problème de stabilité.	Charbon 2,4$/GJ Valeur calorifique du compost sec non déterminée.

Cette section montre que différents marchés existent pour le compost pour différentes catégories. Cependant, certains producteurs de compost éprouvent de la difficulté à écouler leur compost. Ces marchés devront donc être développés davantage afin de leur permettre de répondre dans l'avenir à l'offre grandissante de compost.

9.3 L'Énergie

9.3.1 Les combustibles dérivés des déchets

Dans le cas des traitements biologiques en 2 voies (scénarios 2 et 3), les matières résiduelles passent généralement par une chaîne de tri automatisée (en amont ou aval du procédé), qui « nettoie » la matière organique, en retirant des matières valorisables (métaux), des matières inertes (cailloux, verre) et des matières à contenu énergétique élevé (plastiques mêlés à la matière organique), également appelés SRF (Solid Recovered Fuel). Ces matières peuvent représenter près de 30% des matières résiduelles entrantes et sont aujourd'hui la plupart du temps enfouies.

Cependant, la plupart des opérateurs des usines MBT (Mechanical Biological Treatment) recherchent actuellement des alternatives. La valorisation en tant que combustible de substitution en est la principale.

Une étude réalisée par Juniper[13] pour le Royaume-Uni (2005) a étudié trois types de débouchés pour les SRF : les cimenteries, les centrales thermiques et les chaudières industrielles. Il ressort que les conditions techniques et environnementales sont favorables à leur utilisation en cimenterie (haute température de combustion, recyclage des cendres dans le clinker). Au Québec, il n'y a que trois cimenteries, qui produisaient 2,7 millions de tonnes de ciment en 2006 (source : Association Canadienne du Ciment). Les besoins énergétiques sont de 13,5 millions de GJ. 675 000 à 1 350 000 GJ/an pourrait être comblés par les SRF, soit un marché entre 40 000 et 80 000 tonnes par an de SRF (valeur calorifique de 17 GJ/T). Il faut cependant noter la concurrence des pneus, du bois, du plastique et des bardeaux d'asphalte.

Les critères techniques des utilisateurs en cimenteries sont notamment la valeur calorifique, l'humidité, la composition chimique, les métaux lourds. Les autres critères sont plus économiques : les quantités disponibles doivent être suffisantes et régulières pour rentabiliser les investissements d'adaptation nécessaires à leur utilisation ; le prix par MJ doit revenir moins cher que le charbon, combustible habituellement utilisé au Québec.

Pour un prix du charbon de 2,4 $/GJ, la valeur des SRF serait au maximum de 40,6 $/T (pour une valeur calorifique de 17 GJ/T). Mais il faut retirer les amortissements relatifs aux investissements et études qui ont été nécessaires à leur acceptation par la cimenterie et le jeu de la concurrence d'autres matières pouvant faire baisser les prix.

Le tableau 9-4 présente un sommaire des débouchés des combustibles au Québec.

[13] « *Mechanical-Biological-Treatment : A Guide for Decision Makers – Processes, Policies and Markets – Annexe C : An Assessment of the Viability of Markets for MBT Outputs* »

Tableau 9-4 : Sommaire des débouchés des combustibles au Québec

Marché	Caractéristiques	Exigence du marché	Prix
Cimenterie	Demande réelle de combustibles alternatifs, mais quantités limitées. 40 000 à 80 000 t/an	La cimenterie doit investir dans des moyens; respect du cahier des charges et quantités annuelles minimum	0 – 20 $/T

9.3.2 Électricité

Comme le font déjà de nombreuses centrales privées, fonctionnant à partir de diverses sources d'énergie, il est possible de vendre l'électricité produite à Hydro-Québec, dans le cadre d'une entente sur plusieurs années. Les prix d'achat, environ 4 à 5 ¢/kWh, sont cependant assez faibles, car diminués du coût de distribution et de la marge d'Hydro-Québec.

En parallèle, Hydro-Québec peut aussi lancer des appels d'offres spécifiques, comme cela a été fait en mai dernier : 15 soumissions ont ainsi été sélectionnées, pour un total de 2004 MW pour l'achat d'énergie éolienne produite au Québec, à un prix moyen de 8,7 ¢/kWh[14]. En complément, la *Loi concernant la mise en œuvre de la stratégie énergétique du Québec et modifiant diverses dispositions législatives* (2006, c. 46) a ouvert la porte à d'autres dispositifs. Dans l'objectif de soutenir les petits producteurs, le gouvernement du Québec a demandé à Hydro-Québec de faire des propositions pour le rachat. Mais pour le moment, rien de concret n'est applicable.

Il y a enfin la possibilité de vendre son électricité sur les marchés « spot » en temps réel ou au jour le jour. Il en existe plusieurs aux États-Unis : ERCOT Market, PJM Market, New York Market, Midwest Market, et California ISO et au Canada : Independent Electricity System Operator (IESO) Ontario Market et Alberta Electric System Operator (AESO). Les prix sont cependant très volatils et l'accès à ce type de marchés requiert des compétences spécifiques.

Quel que soit le marché choisi, il est nécessaire de se raccorder au réseau d'Hydro-Québec. La démarche[15] de raccordement est assez complexe et comprend plusieurs étapes réalisées par Hydro-Québec et financées par le producteur.

[14] Hydro-Québec. Communiqué. 5 mai 2008. Appel d'offres pour l'achat de 2 000 MW d'énergie éolienne : Hydro-Québec retient 15 soumissions

[15] http://www.hydroquebec.com/transenergie/fr/commerce/pdf/demarche_a_suivre.pdf

Le tableau 9-5 présente un sommaire des caractéristiques des marchés de l'électricité.

Tableau 9-5 : Sommaire des marchés de l'électricité

Marché	Caractéristiques	Exigence du marché	Prix
Hydro-Québec	Marché existant, assez sécurisé, faisant le cadre d'ententes à long terme.	Raccordement au réseau nécessaire et respect des exigences, normes et codes	4-5 ¢/kWh
« spot » market	Marché existant, très fluctuant, heure par heure. Risques plus importants.	Raccordement au réseau nécessaire et respect des exigences, normes et codes. Accès possible aux marchés interconnectés avec le réseau québécois. Capacité à suivre et contracter sur les marchés de l'électricité requise.	Variables suivant les marchés et les périodes. Prix plus élevé qu'Hydro-Québec

Les marchés de l'électricité au Québec sont dominés par Hydro-Québec. Bien que ces marchés soient disponibles, le prix de vente est faible pour la vente d'électricité sans appel d'offres à Hydro-Québec. L'accès au marché « Spot » est une possibilité réelle pour un centre de traitement avec production d'électricité mais cela exige une gestion très rigoureuse qui n'est souvent pas à portée des entreprises dont la production d'électricité n'est pas le « core business », comme les entreprises de traitement des matières résiduelles.

9.3.3 Biogaz

Le biogaz peut être utilisé selon plusieurs modes de valorisation. On distingue quatre filières :

- Valorisation thermique sous forme de vapeur;
- Valorisation électrique (avec ou sans cogénération);
- Valorisation gazière;
- Valorisation en tant que carburant.

Le biogaz est principalement constitué de méthane combustible (CH_4) et de gaz carbonique inerte (CO_2). D'autres gaz peuvent venir s'ajouter de façon minoritaire dans la composition du biogaz : hydrogène, sulfure d'hydrogène (H_2S). Cette composition impose des traitements de nettoyage, voire de purification suivant le marché choisi. De plus, en amont de sa valorisation, le biogaz doit à minima inclure une étape séchage par condensation de la vapeur d'eau. La désulfuration du biogaz par oxydation (chimique ou biologique) est également une étape courante d'épuration.

Pour des valorisations plus poussées de type biocarburant ou injection dans un réseau de distribution du gaz, une épuration plus importante (élimination du CO_2 par décarbonatation par exemple) est nécessaire afin de rendre la composition du gaz conforme et proche de celle du gaz naturel.

Le tableau 9-6 présente un sommaire des marchés du biogaz au Québec

Tableau 9-6 : Sommaire des marchés du biogaz au Québec

Marché	Caractéristiques	Exigence du marché	Prix
Chaleur	Marché limité, dépendant uniquement de la demande locale.	Ne nécessite pas d'entreposage du biogaz, minimise les besoins de traitement. Ne nécessite pas d'infrastructures supplémentaires et investissements par conséquent faibles	7$/GJ, mais très dépendant de la demande locale
Électricité	Marché important.	Ne nécessite pas d'entreposage du biogaz, mais requiert le raccordement au réseau HT qui ne doit pas être trop éloigné, ainsi que des investissements importants et un traitement du biogaz.	4 à 5 ¢/kWh
Gazier	Marché important, mais les possibilités de vendre à différents acheteurs sont limitées.	Ne nécessite pas d'entreposage du biogaz, mais requiert le raccordement au réseau de gaz, qui doit être à faible distance, nécessite un traitement poussé du biogaz qui implique des investissements élevés et une expertise importante	5 $/GJ
Transport	Marché limité, dépendant uniquement de la demande locale. Plus important s'il existe un réseau de distribution de gaz pour les transports.	Nécessite un stockage du biogaz et un traitement très poussé, ainsi qu'une adaptation des véhicules lourds fonctionnant au diesel.	Valeur de remplacement du diesel, soit environ 1,4$/m3
Hydrogène	Marché non encore existant. Très important à l'avenir si l'hydrogène devient bien le carburant du futur.	Technologies en cours de développement.	Données indisponibles

Pour le biogaz, il existe des débouchés réels importants au Québec. Les mesures prévues au Plan d'action sur les changements climatiques 2006-2012 contribuent à pousser le développement du marché et plusieurs projets de mise en valeur des biogaz de lieu d'enfouissement existent déjà au Québec.

9.3.4 Syngaz

Le syngaz, obtenu dans les procédés de gazéification, est composé des éléments suivants dans des proportions variables suivant le procédé et les matières entrantes : H_2, CO, CO_2 et $H2O$. Il peut avoir des utilisations très similaires au biogaz.

Comme ce dernier, il peut être transformé de différentes manières, après une étape de purification ou « nettoyage »:

- Soit directement vendu à un utilisateur potentiel. Il n'existe cependant pas, à notre connaissance, de marché du syngaz brut actuellement au Québec;
- Soit directement brûlé pour la chaleur, qui est alors vendue ou utilisée;
- Soit transformé en électricité, dans un moteur à combustion interne en cycle combiné (plus d'électricité) ou en cogénération (plus de chaleur);
- Soit transformé lors d'étapes de conditionnement et reformage, en méthane pour des utilisations similaires au gaz naturel.
- Il est également possible d'en extraire l'hydrogène ou de le convertir en éthanol.

Étant donné le peu de données disponibles sur les syngaz et qu'aucune entreprise ne produit du syngaz à l'échelle commerciale actuellement au Québec, il n'y a pas actuellement de débouché pour le syngaz développé au Québec. Toutefois, nous estimons que le marché du syngaz et ses débouchés sont similaires à ceux du biogaz.

Il y a donc un marché du syngaz important au Québec pour toutes ces transformations possibles.

9.4 Éthanol

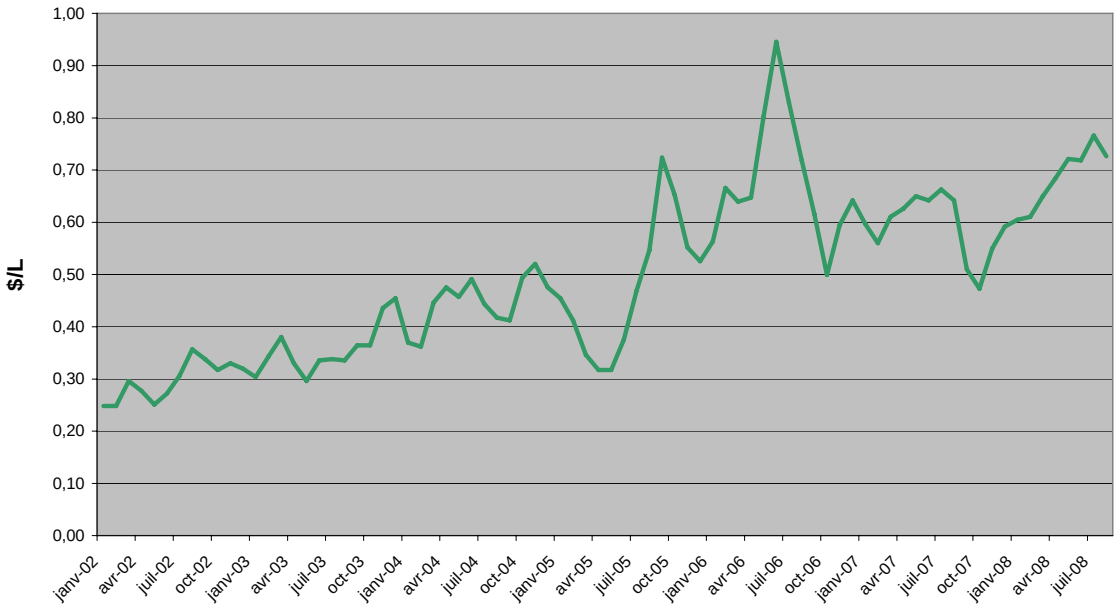
Le marché de l'éthanol est un marché mondial établi. La demande en éthanol a fortement augmenté ces dernières années, stimulée par plusieurs facteurs politiques et environnementaux. Ainsi, l'éthanol occupe une place de choix dans la stratégie énergétique du Québec 2006-2015. Il est considéré comme «*l'une des nouvelles formes d'énergie les plus prometteuses*». Un objectif de 5% d'éthanol dans l'ensemble de la consommation d'essence au Québec d'ici 2012 a été établi et le gouvernement fédéral a annoncé en décembre 2006 qu'il imposerait un contenu moyen de carburant renouvelable de 5% dans l'essence d'ici 2010.

De nombreuses usines ont été construites ou sont en projet. Elles fonctionnent à partir de productions agricoles et particulièrement les céréales. Cela rend ces projets sensibles aux augmentations du coût des matières premières, mais surtout, les critiques de l'éthanol-grain (1ère génération) de sont de plus en plus nombreuses sur son bilan énergétique, ses émissions de gaz à effet de serre et son impact sur le marché des matières premières alimentaires.

Il sera par conséquent progressivement remplacé par l'éthanol de 2e génération (fait à partir de matières non alimentaires, comme la cellulose), dont la politique énergétique entend développer l'utilisation en privilégiant la valorisation de la biomasse urbaine, forestière et agricole, ce qui va tout à fait dans le sens de l'éthanol à partir de matières résiduelles.

Le négoce de l'éthanol requiert un savoir-faire spécifique. C'est pour cela qu'Enerkem, promoteur d'une technologie de gazéification avec production d'éthanol, s'est associé à un important producteur canadien d'éthanol, Greenfield Ethanol, qui est responsable de la mise en marché. Comme le montre le graphique ci-dessous, le prix de l'éthanol a globalement tendance à augmenter ces dernières années, passant de 0,25 $/L en janvier 2002 à 0,73 $/L en août 2008.

Figure 9-1 : Évolution du prix de l'éthanol 2002-2008 ($US)



Source : site internet officiel du gouvernement du Nebraska http://www.neo.ne.gov/statshtml/66.html

On peut donc considérer que la vente de l'éthanol sera une source de revenu stable les prochaines années.

Le tableau 9-7 présente le sommaire des marchés de l'éthanol. À la lumière des informations présentées dans ce rapport, il apparaît que le marché de l'éthanol est bien établi et que la demande est en croissance constante.

Tableau 9-7 : Sommaire des marchés de l'éthanol

Marché	Caractéristiques	Exigence du marché	Prix
Biocarburant	Marché en forte croissance; offre également en croissance. Échelle régionale privilégiée, mais 10% de l'éthanol produit fait tout de même l'objet d'un commerce international.	Marché facilement accessible. Greenfield Ethanol partenaire d'Enerkem est en mesure de commercialiser l'éthanol produit auprès des pétrolières.	Assez dépendant du prix des matières premières agricoles et des exonérations de taxes. Autour de 0,6 $/L.
Éthanol industriel	Marché traditionnel; peu d'évolutions. Nous n'avons pas de données précises sur le volume de ce marché	Origine de l'éthanol (matières résiduelles) compatibilité à valider avec une utilisation en industrie pharmaceutique et agro-alimentaire.	Le prix de l'éthanol est celui établi sur le marché mondial, quelque soit son utilisation, donc identique aux biocarburants.

9.5 Les autres produits

9.5.1 Vitrifiats

Selon les promoteurs de technologies de gazéification, les vitrifiats produits sont inertes et stables. Ils peuvent être utilisés dans plusieurs applications, dont la principale est l'utilisation en sous-couche routière comme agrégat.

D'autres applications existent, telle la fabrication de pavés ou dalles (mobilier urbain), ou l'utilisation comme abrasif, mais pour lesquels nous n'avons pas de données sur le volume des marchés.

La production de granulat en 2006 était d'environ 24Mt au Québec, soit une baisse par rapport à 2005 (27Mt) et 2004 (32Mt) dont environ la moitié pour les sous-couches routières. La valeur des ventes se chiffrait à près de 90 M$ en 2006 [16].

[16] *ANNUAIRE DES MINÉRAUX DU CANADA, 2006*

La moitié de la production est consommée par la région de Montréal. Mais les ressources y sont limitées et déjà largement exploitées, ce qui oblige les utilisateurs à s'approvisionner dans les régions voisines et payer un peu plus cher du fait du transport supplémentaire.

Il faut également noter l'augmentation de l'utilisation de granulats à base de matériaux recyclés, qui sont des concurrents directs des vitrifiats. Le prix de vente des vitrifiats comme granulat devra sans doute être inférieur au prix de vente de la matière vierge ou recyclée pour se tailler une place dans le marché des granulats.

Il existe bien une norme pour les granulats à base de matériaux recyclés, NQ 2560-600 *Granulats – Matériaux recyclés fabriqués à partir de résidus de béton, d'enrobés bitumineux et de briques*, mais elle ne prévoit pas l'intégration des matières de type vitrifiat.

Ainsi, sans norme de référence, leur utilisation est conditionnée par l'obtention d'un certificat d'autorisation, qui implique de démontrer l'innocuité et la stabilité du vitrifiat par des tests de lixiviation notamment. Il est à noter que plusieurs études confirment l'innocuité des vitrifiats, notamment, le programme VIVALDI en France en 1998.

Le tableau 9-8 présente le sommaire des débouchés des vitrifiats pour le Québec. Les informations obtenues sur la valorisation des vitrifiats nous indiquent qu'il existe des marchés pour cette matière mais que les vitrifiats viennent en concurrence directe avec des matières vierges et recyclées dans les différents marchés.

D'autre part, puisqu'au Québec il n'existe pas de production de vitrifiat à l'échelle commerciale, les marchés québécois devront être développés.

Tableau 9-8 : Sommaire des débouchés du vitrifiat

Marché	Caractéristiques	Exigence du marché	Prix
Granulats	Marché très important, tendu dans les grandes métropoles. Concurrence des autres matériaux recyclés.	Demande de CA. Spécifications des utilisateurs, relatives à leurs propriétés physico-mécaniques et granulométriques.	Autour de 4-5$/T (pierre concassée)
Fabrication de dalles ou pavés	Marché assez important	Non déterminé	Non déterminé
Abrasifs	Marché limité. Concurrence du verre.	Compte-tenu des risques de diffusion de polluants, débouché peu probable	Non applicable

9.5.2 Mâchefers

Les mâchefers, une fois maturés, criblés et broyés peuvent faire l'objet d'une valorisation en sous-couche routière. Ce type de valorisation est notamment pratiqué en France. Ce marché est identique à celui décrit au point précédent portant sur les vitrifiats.

Le MDDEP a sorti un guide[17] en 2002, indiquant les conditions réglementaires pour la valorisation de telles matières, ainsi que la série d'analyses nécessaires pour montrer le comportement du matériau dans l'environnement, dont les objectifs sont notamment de s'assurer de son innocuité et de sa stabilité physique et chimique dans le temps. Suivant les résultats, les matériaux sont classés en 3 catégories, définissant les utilisations possibles ou interdites.

Le tableau 9-9 présente le sommaire des marchés des mâchefers. Le marché est potentiellement très important mais les mâchefers entrent directement en concurrence avec des matières vierges ou recyclées. Tout comme les vitrifiats, le prix de vente devra sans doute être inférieur au prix des matières vierges ou recyclées pour se tailler une place dans le marché.

[17] Guide de valorisation des matières résiduelles inorganiques non dangereuses de source industrielle comme matériau de construction – juin 2002

Tableau 9-9 : Sommaire des marchés des mâchefers

Marché	Caractéristiques	Exigence du marché	Prix
Granulats	Marché très important, tendu dans les grandes métropoles. Concurrence des autres matériaux recyclés.	Demande de CA. Spécifications des utilisateurs, relatives à leurs propriétés physico-mécaniques et granulométriques. Problème de l'acceptabilité sociale pour l'utilisation de ce type de matériaux dans l'environnement	Autour de 4-5$/T (pierre concassée)

9.6 Conclusion

Il existe des marchés potentiels pour toutes les matières produites dans le cadre des scénarios de gestion des matières résiduelles qui ont été analysés au cours de ce mandat. Certains marchés sont bien développés alors que d'autres sont inexistants au Québec.

Certains marchés peuvent être considérés comme sûrs, tels que ceux de l'énergie et d'autres doivent être considérés comme potentiels mais ils sont présentement inexistants.

Les marchés du compost sont bien connus, cependant, les débouchés et le prix de vente varient grandement selon la qualité obtenue et certains producteurs éprouvent actuellement des difficultés à écouler certains composts.

Les marchés et débouchés potentiels pour les matériaux granulaires, tels que les vitrifiats et les mâchefers sont biens connus à l'extérieur du Québec. Toutefois, ils ne sont pas utilisés à cette fin au Québec. Ces débouchés devront donc faire l'objet d'un développement dans le cadre réglementaire québécois.

10 SOURCES DE SUBVENTION DISPONIBLES

Le principal objectif de cette section est de présenter sommairement les différents programmes de subventions disponibles au Québec pour des projets de traitement des matières résiduelles. Il est à noter que ce rapport ne vise que les programmes de subventions et non les programmes d'investissement ou de prêt aux entreprises œuvrant dans le domaine de l'environnement. Le sujet abordé dans cette section est abordé plus en détails dans le rapport d'étape 10.

Le tableau 10-1 présente la liste des projets ayant fait l'objet d'une subvention. Il est à noter que certains programmes ne publient la liste des projets subventionnés qu'après la réalisation du projet. Certains projets récents qui ont obtenu une subvention peuvent ainsi ne pas figurer dans le tableau 10-1.

Tableau 10-1 Sommaire des subventions obtenues en gestion des matières résiduelles depuis 2001

Titulaire	Projet	Technologies utilisées	Source de subvention	Montant octroyé ($)
MRC Lajemmerrais	Étude de faisabilité pour la collecte et le compostage de déchets organiques (2001)	Tri-compostage	Fonds Vert Municipaux	28 560 $
Sherbrooke	Étude de faisabilité pour la récupération du biogaz produit par les déchets enfouis (2001)	N/A	Fonds Vert Municipaux	41 250 $
La Pocatière	Étude de faisabilité pour la gestion des matières putrescibles municipales et commerciales (2004-2005)	Compostage en andains à la ferme	Fonds Vert Municipaux	90 000 $
Québec	Étude de faisabilité d'un centre régional de compostage des matières organiques (2005)	Compostage en usine et en andains	Fonds Vert Municipaux	175 000 $
MRC de Rocher-Percé	Étude de faisabilité sur la collecte et le compostage (2006)	Compostage	Fonds Vert Municipaux	87 000 $
Winnipeg	Étude de faisabilité pour le compostage de biosolides en tas dans un climat froid (2001)	Compostage en andains	Fonds Vert Municipaux	60 420 $
Salaberry-de-Valleyfield	Production d'énergie thermique par conversion des boues en sable inerte	Oxydation Humide au Plasma	Ministère des Ressources Naturelles	2 000 000 $
Montréal Centrale Gazmont	Construction et exploitation d'une unité de gazéification de la biomasse à la centrale Gazmont (2006)	Gazéification Biothermica	Technologie du Développement Durable Canada	2 200 000 $
Usine de Westbury	Installation durable de production d'alcool – construction d'une usine de démonstration de12 000 tonnes de résidus riches en biomasse par année. (2006)	Gazéification Enerkem	Technologie du Développement Durable Canada	2 700 000 $
Sherbrooke	Unité pilote de production de biocarburants à partir de déchets solides urbains (2002)	Gazéification Enerkem	Technologie du Développement Durable Canada	720 000 $
Berthierville	Complexe vert industriel pour la récupération d'énergie de multiples sources avec production de gaz (2005)	Dépôt Rive-Nord	Technologie du Développement Durable Canada	2 835 000 $
Ottawa	Unité pilote de gazéification des déchets solides (2005)	Gazéification au plasma	Technologie du Développement Durable Canada	9 500 000 $
Nexterra	Développement de systèmes de gazéification de déchets de bois (2005)	Gazéification Nexterra	PARI-CNR NRCAN	720 000 $

Les sections suivantes présentent une description des différents programmes en activité au Québec.

10.1 Programmes disponibles

10.1.1 Plan d'Action sur les Changements Climatiques (PACC)

Le *Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques* du Québec, développé par le MDDEP, bénéficie d'un budget global de 1,55 milliard de dollars sur 6 ans. Ce programme a été révisé en décembre 2007; parmi les 26 mesures du plan, trois mesures visent à favoriser la valorisation énergétique du biogaz.

- Mesure 14 : Programme biogaz (38 M$)

L'appel d'offres, lancé le 18 février dernier, s'adresse notamment aux propriétaires de lieux d'enfouissement intéressés à présenter de nouveaux projets de captage et d'élimination, ou de valorisation, des biogaz générés par les lieux d'enfouissement non visés par les obligations de captage et d'élimination prévues au Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles.

- Mesure 15 : Programme sur la valorisation de la biomasse forestière, agricole et municipale (124 M$)

Cette mesure vise la mise en place de programmes d'aides pour le traitement et la valorisation de la biomasse d'origine municipale. Cette mesure vise à favoriser l'émergence des bioénergies au Québec et l'installation de digesteurs anaérobies sur le territoire québécois.

- Mesure 20 : Programme d'aide à la recherche et à l'innovation technologique visant la réduction et la séquestration des GES (135 M$)

La mesure 20 vise à instaurer des programmes pour soutenir la recherche et l'innovation technologique visant la réduction de GES.

10.1.2 Stratégie de développement de l'industrie de l'environnement et des technologies vertes

La Stratégie de développement de l'industrie québécoise de l'environnement et des technologies vertes est développée par le Ministère du Développement Économique, de l'Innovation et de l'Exportation (MDEIE). Elle a pour buts de conjuguer le développement économique et l'atteinte d'objectifs environnementaux, et de faire de cette industrie, une industrie phare, au rayonnement international et axée sur l'innovation.

Seule l'industrie peut obtenir une subvention de ce programme et non les municipalités. Pour réaliser cette vision, la stratégie repose sur cinq (5) axes d'intervention :

- Appuyer le développement des entreprises (37 M$)
- Soutenir le développement des technologies vertes (237,5 M$)
- Mettre à contribution le marché local (0,6 M$)
- Favoriser l'internationalisation (6,3 M$)
- Soutenir la mobilisation du secteur

10.1.3 Fonds municipal vert

Le Fonds municipal vert (FMV) a été créé par le gouvernement du Canada en 2000 afin de stimuler les investissements dans des projets municipaux novateurs axés sur l'environnement qui permettent aux collectivités canadiennes de progresser dans la voie du développement durable. Le gouvernement du Canada a choisi de confier l'établissement et la gestion de ce Fonds à la Fédération canadienne des municipalités (FCM). La FCM dispose d'un budget de 550 millions de dollars. Ce fonds :

- Offre des prêts à faible taux d'intérêt et des subventions aux municipalités qui donnent l'exemple en matière de développement durable; et
- Favorise le renforcement des capacités et facilite le partage des connaissances et de l'expérience que des leaders municipaux ont acquise dans le cadre d'études et de projets financés par le FMV.

Deux (2) volets concernent plus spécifiquement la gestion des matières résiduelles, à savoir : les études (Études de faisabilité et essais sur le terrain, subventions pouvant atteindre 50 % des coûts, jusqu'à concurrence de 350 000 $) et les projets d'immobilisation (Prêts et prêts accompagnés d'une subvention pouvant atteindre 80 % des coûts).

Le programme 2008 du Fonds Municipal Vert a instauré comme condition d'obtention d'une aide, l'atteinte d'un taux de diversion d'au moins 50% des matières résiduelles résidentielles, ce qui rend plus difficile l'obtention d'une subvention de la part du Fonds. Toutefois, cette condition pourrait être modifiée dans les prochains mois[18].

10.1.4 Technologies du Développement Durable du Canada (TDDC)

Technologies du développement durable du Canada (TDDC) est une fondation à but non lucratif qui finance et appuie le développement et la démonstration de technologies propres visant à trouver des solutions aux problèmes de changement climatique, de la qualité de l'air, de l'eau et du sol, lesquelles auront des répercussions bénéfiques sur la santé des Canadiens ainsi que sur leur environnement et la vie économique du pays.

TDDC est une fondation autonome qui a reçu 1,05 milliard $ du gouvernement du Canada dans le cadre de son engagement à créer un environnement durable et une qualité de vie élevée pour tous les Canadiens. TDDC exploite deux fonds qui visent le développement et la démonstration de solutions technologiques novatrices.

- Fonds technologique du DD :

  D'une valeur de 550 millions $, le fonds Technologies du DD a pour objectif de soutenir la dernière phase de développement et de démonstration pré-commerciale de solutions de technologies propres.

- Fonds de biocarburants ProGen :

  D'une valeur de 500 millions, le Fonds de biocarburants ProGenMC de TDDC vise à soutenir la création d'installations de démonstration novatrices à grande échelle qui produiront les combustibles renouvelables et coproduits de la prochaine génération.

[18] Jacques Hébert. Conseiller régional pour le Québec à la FCM. Congrès de l'Union des Municipalités du Québec. 22 octobre 2008

Jusqu'ici, TDDC a mené à bien douze cycles de financement et accordé une aide à 144 projets pour un total de 342 millions $. Ce montant s'est ajouté à un financement de 800 millions $ versé par d'autres partenaires, la valeur totale des projets s'élevant 1,14 milliard $.

10.1.5 Programme d'Aide à la Recherche Industrielle PARI

Le Programme d'aide à la recherche industrielle du CNRC (PARI-CNRC) offre un éventail de services de consultation de nature technique et commerciale ainsi qu'une possibilité d'aide financière à des petites et moyennes entreprises canadiennes en croissance. Le programme est dispensé par un vaste réseau intégré de 260 personnes réparties dans 100 collectivités d'un océan à l'autre. Travaillant directement avec les clients, le PARI-CNRC soutient leur recherche et développement novatrice et les prépare à la commercialisation de nouveaux produits et services.

A titre d'illustration, ce programme a subventionné l'entreprise Nexterra à hauteur de 345 000 $ pour développer de nouvelles applications de gazéification avec des chaudières et fours alimentés directement au gaz synthétique. Le PARI offre deux types d'aide financière à la recherche et au développement.

10.2 Conclusion

A la lumière de l'analyse des divers programmes de subventions en gestion des matières résiduelles, seules les subventions du Plan d'Action sur les Changements Climatiques seraient éventuellement accessibles pour les collectivités.

En ce qui a trait au Fonds Municipal vert, la condition d'atteindre un taux de diversion d'au moins 50% des matières résiduelles, rend plus difficile l'obtention d'une subvention de la part du Fonds. La modification ou l'assouplissement attendu de cette condition facilitera l'obtention d'une aide.

D'autre part, la plupart des autres programmes de subventions à l'industrie tel que le programme de subvention de Technologie de Développement Durable Canada s'adressent aux entreprises privées et permettent de financer des projets de développement technologiques, d'usine de démonstration et d'usine pilote de traitement des matières résiduelles. Dans le cas de la Ville de Laval et de la Couronne Nord, ces programmes sont peu applicables étant donné que les technologies visées sont déjà développées et ont déjà fait l'objet d'usine pilote ou de démonstration, tel que l'usine de Plasco Energy Group à Ottawa ou l'usine d'Enerkem à Westbury.

11 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Cette étude vise à compléter l'étude réalisée par SNC-Lavalin-Solinov et le CIRAIG pour le compte de la CMM en procédant à des études et à une analyse comparative de scénarios de gestion de matières résiduelles qui permettent de répondre à certaines questions soulevées par ce rapport de la CMM.

Dans un premier temps, la revue de littérature et les contacts réalisés auprès des promoteurs ont permis de dresser des bilans des impacts environnementaux et des coûts pour les 17 scénarios retenus, applicables à des populations de 200 000 et 400 000 personnes.

Une analyse comparative a été réalisée sur le bilan environnemental et le bilan des coûts de chacun des scénarios. Ces analyses comparatives ont été complétées par une série d'analyses de sensibilité et d'études complémentaires.

Le volet environnemental

Du point de vue des impacts environnementaux des scénarios, les analyses ont permis de faire les constats suivants :

- Six des huit scénarios s'étant hissé dans les classes 1 et 2 de l'analyse comparative environnementale sont des scénarios de collecte à 3 voies;
- Les scénarios impliquant des procédés de gazéification ont obtenu un pointage supérieur aux autres dans la plupart des cas;
- Tous les scénarios utilisant la gazéification avec production d'éthanol se sont hissés en classe 1 ou 2 à cause de leur bilan énergétique et des GES supérieurs aux autres modes de traitement;
- L'enfouissement est désavantagé au niveau environnemental étant donné son bilan énergétique relativement faible et ses émissions de GES élevés;
- L'incinération est désavantagée principalement à cause de ses émissions atmosphériques, de son bilan énergétique plus faible que les autres traitements thermiques et de la gestion des mâchefers.

De façon générale, ces constats correspondent à ce qui a été observé lors de la revue littéraire. Beaucoup d'études voient la gazéification comme étant supérieure au niveau environnemental. C'est notamment le cas des études réalisés pour les collectivités d'Edmonton, New York, Los Angeles, Toronto, Montréal et pour la Californie (CIWMB).

Le volet économique

Du point de vue de l'estimation des coûts des scénarios, les analyses ont permis de faire les constats suivants :

- Les coûts de collecte (incluant l'achat de bacs roulants) comptent en moyenne pour près de 47 % et les coûts de traitement comptent en moyenne pour 44 % du coût des scénarios;
- Le scénario de référence (2 voies avec enfouissement technique) est le scénario le plus économique, mais ne permettrait pas de rencontrer les objectifs gouvernementaux;
- La variation du coût de collecte et de transport influence peu le classement des scénarios;
- Les coûts de traitement des procédés de gazéification sont très affectés par leurs revenus. Une baisse des revenus de revente d'énergie affecte grandement leur rang à la baisse;
- Les quantités traitées dans les différents scénarios sont trop faibles pour que les prix de revient de l'incinération et de la gazéification à haute température soient compétitifs par rapport aux autres scénarios.

Les coûts des scénarios peuvent être affectés par de nombreux facteurs. Notamment, l'ajout des matières résiduelles provenant des ICI ou de boues permettrait de réduire le coût unitaire de traitement en permettant de réaliser des économies d'échelle avec de plus grandes infrastructures. Cependant, autant pour les boues que pour les matières ICI, le bilan environnemental peut être affecté par l'ajout en fonction de la qualité et de la nature des matières ajoutées.

D'autre part, advenant l'arrivée d'un marché réglementé du carbone au Québec, le scénario qui sera retenu pourra permettre aux collectivités d'obtenir des crédits de carbone pour les réductions des émissions de GES qui en résulte.

À cet effet, les scénarios les plus performants au niveau du bilan des GES permettraient une réduction potentielle des émissions d'environ 62 000 tonnes eqCO2 par année, soit l'équivalent de 21 000 petites voitures (20 000 km/an). La valeur de ces crédits dans un marché réglementé pourrait atteindre près de 50 M$ sur 20 ans.

Les étapes suivantes

La présente étude visait à analyser différents scénarios de manière simplifiée, i.e. sous un angle « macroscopique » et sans tenir compte de l'acceptabilité sociale des technologies étudiées. L'analyse des coûts et des impacts environnementaux avait pour objectif de comparer les scénarios entre eux sur une même base méthodologique et non de mesurer en valeur absolue les coûts et les impacts environnementaux de chaque scénario.

À la suite de cette étude, la ville de Laval et les municipalités de la Couronne Nord devront poursuivre leur réflexion qui les mènera à des choix technologiques et à l'élaboration de leur plan directeur de gestion des matières résiduelles.

Cette réflexion devra être alimentée par des analyses de risques technologiques et financiers afin de valider le choix des scénarios et leur faisabilité sur une base détaillée.

Enfin, le processus de préparation du plan directeur risque de soulever de nouvelles questions concernant notamment :

- L'identification des mesures de collecte (nombre de voies), de traitement/valorisation;
- L'identification des besoins en infrastructures et équipements;
- La détermination des quantités et des caractéristiques des résidus issus des ICI;
- Les mesures incitatives et réglementaires requises;
- Le programme de mise en œuvre, comprenant :
  - *L'identification des lieux de traitement/valorisation;*
  - *L'échéancier à court, moyen et long terme;*
  - *Le Budget de mise en œuvre*
  - *Le mode de financement, de gestion et d'opération des infrastructures;*
  - *Le plan de communication et la consultation de la population.*

À ce moment, de nouvelles études pourront être réalisées qui permettront de répondre à ces nouvelles questions et de témoigner de l'avancement des technologies émergentes de traitement et de valorisation des matières résiduelles.

LISTE DES PROMOTEURS SONDÉS

TRAITEMENTS THERMIQUES

Catégorie	Promoteur
I	Covanta Energy
I	Fisia Babcock (FBE)
I	VonRoll Inova
I	AEE Austria
I	Martin Gmbh
I	American Ref-Fuel Company
I	Sandwell
I	Energy Products of Idaho
I	Babcock et Wilcox Volund
I	Barlow projects
I	Constructions industrielles de la Méditerranée
I	Ebara
I	Foster-Wheeler
I	Groupe TIRU
I	Lentjes Gmbh
I	NAANOVO
I	E-On (anciennement Sotec)
I	Seghers-Keppel Technology
I	MVR
G	Thermoselect
G	Enerkem
G	Waste Management (Wheelebrator)
G	SenreQ International
G	TGE Tech
G	Entech Renewable Energy System
G	Waterleau
G	Global Energy Solutions
G	PRM Energy Systems Inc - PRME
G	Conzepte Technik Umwelt
G	Babcock et Wilcox Volund
Pl	Plasco Energy Group
Pl	Westinghouse plasma (Alter NRJ)
Pl	Pyrogenesis Canada
Pl	Solena Group inc.
Pl	JDI/Geoplasma inc.
Pl	Startech environmental

Catégorie	Promoteur
Py	WasteGen Ltd
Py	GEM Canada
Py	Thide
Et	Syntec Biofuel inc.
Et	Iogen
Autre	SNC-Lavallin
Pl, G	Hera Holding (Conporec)

Légende

I	Incinération
G	Gazéification
Pl	Gazéification au plasma
Py	Pyrolyse
Et	Gazéification avec production d'éthanol

LISTE DES PROMOTEURS SONDÉS

TRAITEMENTS BIOLOGIQUES

Catégorie	Promoteur
CU	Orgaworld
CU	Engineered Compost Systems
CU	Green Mountain Technologies
CU	NaturTech_LLC
CU	VCU Technology
CU	Helector Germany Gmbh(HERFOF)
CU	Cascade RCM
CU	BPR - Terreau
CU	Sani-Éco (AECON)
CU	Ferti-Val
CU	Dalsem
CU	X-Act Systems (BPR)
CU	Gicom
CU	Wright Environmental Management Inc. (WM)
CU	LMC (Longwood Manufaturing Corporation)
CU	Paygro
CU	Double-T-Equipment / Bunker
CU	Transform Compost Systems
CU	Miller Composting Corporation
CU	Farmer Automatic of America
CU	Alpheco Systems / Aergestors
CU	Thöni Industrie betriebe GmbH
CU	Ecomaster Atwanger S.p.A.
CU	HotRot Exports Ltd / New Era technologies
CU	BioSystems Solutions
CU	Keppel Seghers Inc.
CU	A-C Equipement Services
CU	Andar
CU	American Bio Tech
CU	TEG Environmental
CU	GSI ENVIRONNEMENT
CU	Ecodeco
CU	International Composting Corporation
CU	Bedminster International

Catégorie	Promoteur
DA	OWS (DRANCO process)
DA	Kompogas (Mittner)
DA	Dominion et Grimm (LIPP)
DA	Canada composting inc (BTA)
DA	Waasa / Citec
DA	ISKA Gmbh
DA	Linde-BVR-Dresden GmbH
DA	Valorga
DA	Wehrle Werk AG
DA	BTA Biotechnishe
DA	Onsite Power Systems
DA	Biotechnologica
DA	Bio-terre systems
CU, DA	Conporec
CU et DA	Global renewables (ISKA process)
CU et DA	Komptech GmbH
PI, CU, DA, G	Hera Holding (Conporec)
DA + CU	Digestcomp
CU et DA	Bio-Stab / RosRoca International

Légende

CU	Compostage en Usine
DA	Digestion Anaérobie
G	Gazéification
PI	Gazéification au plasma

DESSAU

Annexe 1 Liste des promoteurs sondés

(2 pages)

DESSAU

Annexe 2 Synthèse des données retenues

(7 pages)

Coûts unitaires et données de référence

Données de référence

Item	Taux	unité	Source
Population 1	400 000	personnes	Selon Termes de références
Population 2	200 000	personnes	Selon Termes de références
Ménages	2,56	personnes/m	Moyenne Laval-Couronne Nord
Ménages (400 000 habitants)	156 250	u.o.	Calcul
Ménages (200 000 habitants)	78 125		Calcul
Taux de d'attraction des résidus ICI	70%		
Matières recyclables des ICI total	119 685	Tonnes/an	Données PMGMR et Ottawa (2005)
Matières organiques des ICI total	33 246	Tonnes/an	Données PMGMR et Ottawa (2005)
Matières à éliminer des ICI total	124 117	Tonnes/an	Données PMGMR et Ottawa (2005)
Matières recyclables (équivaut à 50 % de récupér.)	0,256	tonnes/u.o./a	Selon Termes de références
Matières organiques	0,256	tonnes/u.o./a	Selon Termes de références
Matières générées total	1,312	tonnes/u.o./a	Selon Termes de références
Distance (collecte-traitement)	20	km	Selon Termes de références
Distance (collecte-lieu d'enfouissement)	40	km	Selon Termes de références
Distance (traitement-lieu d'enfouissement)	40	km	Selon Termes de références
Distance entre deux centres de traitement	20	km	Selon Termes de références

Coûts unitaires de collecte et de transport

Item	Coût unitaire	Unité	Source
Collecte des mat. Recyclables	29,00	$/uo	Laval/Couronne Nord (32$) moins coût du transport
Collecte des ordures ménagères	49,00	$/uo	Laval/Couronne Nord moins transport
Collecte des résidus ultimes (3 voies)	49,00	$/uo	Laval/Couronne Nord moins transport
Colecte des mat. organiques (3 voies)	29,00	$/uo	Laval/Couronne Nord moins transport
Transb. et transport de matières recyclables (20 km)	3,00	$/uo-an	0,15$/km par u.o. (selon transport collecte selective Laval)
Transport d'ordures (40 km)	6,00	$/uo-an	0,15$/km par u.o. (selon transport collecte selective Laval)
Transb. et transport de matières organiques (20 km)	3,00	$/uo-an	0,15$/km par u.o. (selon transport collecte selective Laval)
Transport des rejets (40 km)	4,50	$/tonne	0,15$/km mais 15 tonnes par voyage
Transport d'ordures (20 km)	3,00	$/uo-an	0,15$/km par u.o. (selon transport collecte selective Laval)

Coût de fourniture, distribution et entretien des bacs roulants (1 bac fourni par u.o. et pour chaque collecte)

Type de bac	Coût unitaire	Unité	Source
120 litres	10,00	$/bac/an	Laval/Couronne Nord
Bacs de 240 litres	10,00	$/bac/an	Laval/Couronne Nord
Bacs de 360 litres	10,00	$/bac/an	Laval/Couronne Nord

Coûts de traitement ($/tonne)

Traitement	Capacité de traitement (T/an)								Source
	20 000	40 000	60 000	85 000	125 000	187 500	250 000	275 000	
Centre de tri des matières recyclables	50,00 $	50,00 $	50,00 $	50,00 $	50,00 $	50,00 $	50,00 $	50,00 $	Laval/Couronne Nord
Compostage en usine (résidus organiques séparés à la so	110,00 $	85,00 $	75,00 $	60,00 $	- $	- $	- $	- $	Données promoteurs
Tri-compostage (résidus mixtes)	120,00 $	115,00 $	110,00 $	100,00 $	85,00 $	78,00 $	70,00 $	65,00 $	Données promoteurs
Digestion anaérobie (résidus organiques séparés à la sour	140,00 $	115,00 $	100,00 $	85,00 $	- $	- $	- $	- $	Données promoteurs
Digestion anaérobie (résidus mixtes)	- $	145,00 $	140,00 $	130,00 $	115,00 $	107,00 $	100,00 $	90,00 $	Données promoteurs
Incinération sur grille avec récupération d'énergie	- $	260,00 $	220,00 $	200,00 $	160,00 $	140,00 $	120,00 $	100,00 $	Données promoteurs
Gazéification à haute température	- $	280,00 $	265,00 $	250,00 $	230,00 $	215,00 $	200,00 $	185,00 $	Rapport CMM (181 500 t/an) et extrapolation du coût pour autres capacité selon donnée promoteurs de gazéification
Gaséification avec production d'éthanol	- $	70,00 $	68,50 $	66,50 $	65,00 $	62,50 $	60,00 $	55,00 $	Données promoteurs (40 à 60$ par tonne)
Gaséification au plasma	- $	120,00 $	119,00 $	117,00 $	115,00 $	112,50 $	110,00 $	110,00 $	Données Plasco (50 à 60$) ajustées selon prix de vente de l'électricité au Qc (hypothèse à 0,06 $/kwh) par rapport à Ontario (0,11 $/kwh)
Enfouissement technique (excluant redevances)	40,00 $	40,00 $	40,00 $	40,00 $	40,00 $	40,00 $	40,00 $	40,00 $	Laval/Couronne Nord

Revenus

Revenus	Coût unitaire	Unité	Source
Vente de compost (tricompostage)	1,00 $	$/tonne	Rapport CMM +1$
Vente de compost (résidus organiques séparés à la source	10,00 $	$/tonne	Rapport CMM
Vente d'électricité	0,06 $	$/kwh	Rapport CMM
Vente de biogaz	0,13 $	$/m3	Rapport CMM
Vente de syngaz	9,50 $	$/GJ	Rapport CMM
Éthanol	0,50 $	$/litres	Enerkem (0,50 à 0,60$/litre)

Bilan environnemental - données et hypothèses de base

Collecte		
Productivité RU	2,5	T/h
Capacité des camions	9	T
Consommation des camions	15	L/h
Vitesse moyenne	20	km/h
Productivité RO	2	T/h
Transport		
Vitesse moyenne -transport 1	50	km/h
Vitesse moyenne -transport 2	75	km/h
Consommation des camions	15	L/h
Capacité des camions - transport #1	9	T
Capacité des camions - transport #2	15	T
Énergie		
Diésel	9,8	kWh/L
méthane	9,42	kWh/m3
Biogaz (60% de méthane)	5,652	kWh/m3
Gaz naturel	11	kWh/m3
Syngaz	2,222	kWh/m3
Éthanol	6,56	kWh/L
1 GJ	281,6	kWh

Émissions - Consommation diésel		
Gaz à effet de serre	1,0998	kg CO2 eq/km
Gaz acides	0,0245	kg/L
SOX	0,0041	kg/L
NOX	0	kg/L
SMOG - matière particulaire	0,0034	kg/L
CO	0	kg/L
Cd	4,96E-08	kg/L
Pb	1,47E-07	kg/L
Hg	4,91E-08	kg/L
Dioxines et furanes	6,38E-10	g/L
HCL	0	kg/L
Recyclage		
Consommation d'électricité	96,2	KWh/T
Valorisables	0,9	T/T
Rejet à éliminer	0,1	T/T
Productivité	1	T/h
Capacité des camions (collecte et transport #1)	7	T
Capacité des camions (transport #2)	15	T
Consommation des camions	14	L/h
Vitesse moyenne collecte	20	km/h
Vitesse moyenne transport #1	50	km/h
Vitesse moyenne transport #2	75	km/h
Distance vers lieu de traitement	20	km
Distance lieu de traitement à lieu d'enfouissement	40	km
Enfouissement en bioréacteur		
Énergie pour équipement	7,8	MJ/T
Énergie pour équipement	2,1667	kWh/T
Consommation électricité	0,0000	kWh/T
Eaux usée	0,47	T/T
Biogaz non-capté (35%)	11,125	m3/T
Biogaz (résidus de 3 voies)	36,16	m3/T
Biogaz (résidus de 2 voies)	72,7	m3/T
Compostage système fermé		
Compost	0,4	T/T
Résidus vers l'enfouissement	0,1	T/T
Eaux usée	0	T/T
Électricité	80	kWh/T
Diésel	2,58	L/T
Digestion anaérobie		
Compost	0,3	T/T
Biogaz (résidus organiques)	120	m3/T
Biogaz (résidus mixtes)	80	m3/T
Résidus vers l'enfouissement	0,1	T/T
Eaux usée	0,27	T/T
Électricité	120	kWh/T
Diésel	3,64	L/T
Incinération		
Consommation électricité	44,1	kWh/T
Consommation combustible (diesel, autre…)	0,0	L/T
Cendres volantes	0,047	T/T
Machefer	0,2060	T/T
Énergie-Vapeur	7680	MJ/T
Énergie-Vapeur	2133	kWh/T
Énergie-Électricité	575	kWh/T
Eaux usée	0,1	T/T
Volume d'émission	8160	m3/T
Matières particulaires	0,7	mg/m3
Hg	0,005	mg/m3
Dioxines/furanes	0,031	ng/m3
HCl	0,25	mg/m3
SOX	4,5	mg/m3
NOX	59,5	mg/m3
Cd	0,0005	mg/m3
métaux lourd	0,025	mg/m3

Gazéification à haute température	Données CMM et promoteur	
Consommation électricité	360,0	kWh/T
Consommation Gaz naturel	40,0	m3/T
Consommation Gaz naturel	440,0	kWh/T
Sels mélangés	0,016	T/T
Zinc	0,0100	T/T
Soufre	0,0015	T/T
Vitrifiat	0,0440	T/T
Rejet à éliminer	0,0100	T/T
Énergie-Syngaz	2428,8	kWh/T
Eaux usée	0,35	T/T
Volume d'émission	2800	m3/T
Matières particulaires	10	mg/m3
Hg	0,0125	mg/m3
Dioxines/furanes	0,01	ng/m3
HCl	0,15	mg/m3
SOX	1,5	mg/m3
CO	5	mg/m3
NOX	24	mg/m3
HF	8	ng/m3
Cd	0,0015	mg/m3
Pb	0,07	mg/m3
Gaséification avec production d'éthanol (données Enerkem)		
Consommation électricité	160,0	kWh/T
Consommation Gaz naturel	3,2	kg/T
Consommation Gaz naturel	4,5	m3/T
Gaz naturel	0,717	kg/m3
Consommation d'eau	1,38	T/T
Boues	0,01	T/T
Compost	0,0000	T/T
Rejet à éliminer	0,2100	T/T
Énergie-Éthanol	360	L/T
Électricité	65	kWh/T
Eaux usée	0,1	T/T
Énergie-Éthanol	360	L/T
Gaséification au Plasma (données Plasco)		
Consommation électricité		kWh/T
Consommation Gaz naturel		m3/T
Consommation Gaz naturel		kWh/T
Net power output	1,2	MWh/T
Sels mélangés	0,0075	T/T
Métaux	0,0013	T/T
Soufre	0,0050	T/T
Vitrifiat	0,1500	T/T
Rejet à éliminer	0,0013	T/T
Électricité-production	1200	kWh/T
Eaux usée	0,3	T/T
Volume d'émission	2800	m3/T
Matières particulaires	10,8	g/T
Hg	1,7	mg/T
Dioxines/furanes	nd	ng/T
HCl	2,517E-27	mg/m3
SOX	33,3	g/T
NOX	66,7	g/T
Cd	0,001	mg/m3
Pb	0,012	mg/m3

Compostage en Usine - 3 voies (RO)							
		Capacité (T/an)					
Promoteur	Coûts	20 000	40 000	80 000	85 000	125 000	250 000
Engineered Compost System (ECS) - SV composter	Coûts d'immobilisation (M$)	2,5	4,5	7,5	nd	nd	nd
	Coûts d'opération ($/T)	12	10	8			
	Coût de revient ($/T)	*25*	*21*	*17*			
Engineered Compost System (ECS) - CV composter	Coûts d'immobilisation (M$)	2,64	na	na	na	na	na
	Coûts d'opération ($/T)	14		-			
	Coût de revient ($/T)	*27*					
Engineered Compost System (ECS) - AC composter	Coûts d'immobilisation (M$)	0,575	0,84	1,2	nd	nd	nd
	Coûts d'opération ($/T)	20	18	15			
	Coût de revient ($/T)	*23*	*20*	*17*			
Renewable Carbon Management LLC - Naturtech Composting (RO)	Coûts d'immobilisation (M$)	1,4	2,3	3,8	nd	nd	nd
	Coûts d'opération ($/T)	12	9	8			
	Coût de revient ($/T)	*19*	*15*	*13*			
VCU Europa Ltd (RO)	Coûts d'immobilisation (M$)	2,15	3,90	7,65	nd	nd	nd
	Coûts d'opération ($/T)	13	11	10			
	Coût de revient ($/T)	*24*	*21*	*20*			
Orgaworld (RO)	Coûts d'immobilisation (M$)	8	9	14	nd	nd	nd
	Coûts d'opération ($/T)	60	49	45			
	Coût de revient ($/T)	*100*	*72*	*63*			
OWS (RO)	Coûts d'immobilisation (M$)	20	30	35	nd	nd	nd
	Coûts d'opération ($/T)	50	40	35			
	Coût de revient ($/T)	*150*	*115*	*79*			
Cascade Renewable Carbon Corp (RO)	Coûts d'immobilisation (M$)	1,4	2,5	3,8	nd	nd	nd
	Coûts d'opération ($/T)	13	9,5	8,5			
	Coût de revient ($/T)	*20*	*16*	*13*			
Global Renewables (compostage en tunnel)	Coûts d'immobilisation (M$)	nd	35	52,5	nd	nd	nd
	Coûts d'opération ($/T)		45	35			
	Coût de revient ($/T)		*133*	*101*			
Conporec (compostage usine) (RO)	Coûts d'immobilisation (M$)	10,75	19,5	35,4	nd	nd	nd
	Coûts d'opération ($/T)	45	45	45			
	Coût de revient ($/T)	*99*	*94*	*89*			
MIN ($/T)		19	15	13	nd	nd	nd
MOYENNNE ($/T)		54	56	46	nd	nd	nd
MAX ($/T)		150	133	101	nd	nd	nd
VALEUR RETENUE ($/T)		110	85	60	-	-	-
CIRAIG-CMM (compostage en système fermé) (RO)	Coûts d'immobilisation (M$)	nd	20	nd	nd	nd	nd
	Coûts d'opération ($/T)		35				
	Coût de revient ($/T)		*85*				

Tricompostage - 2 voies (RM)							
		Capacité (T/an)					
Promoteur	Coûts	20 000	40 000	80 000	85 000	125 000	250 000
Conporec (tri-compostage)	Coûts d'immobilisation (M$)	12,5	22,7	43,4	nd	nd	nd
	Coûts d'opération ($/T)	57,5	57,5	57,5			
	Coût de revient ($/T)	*120*	*114*	*112*			
BPR - Terreau (tri-compostage)	Coûts d'immobilisation (M$)	nd	25	37	nd	nd	nd
	Coûts d'opération ($/T)		nd	nd		nd	
	Coût de revient ($/T)		*120*	*90*		*85*	
MIN ($/T)		120	114	90		85	
MOYENNNE ($/T)		120	117	101		85	
MAX ($/T)		120	120	112		85	
VALEUR RETENUE ($/T)		120	115	100		85	
CIRAIG-CMM (Tricompostage)	Coûts d'immobilisation (M$)	nd	nd	nd	nd	84,5	nd
	Coûts d'opération ($/T)					52	
	Coût de revient ($/T)					*120*	

Digestion Anaérobie - 3 voies (RO)							
		Capacité (T/an)					
Promoteur	Coûts	20 000	40 000	60 000	85 000	125 000	250 000
OWS (RO)	Coûts d'immobilisation (M$)	20	30	35	nd	nd	nd
	Coûts d'opération ($/T)	50	40	35			
	Coût de revient ($/T)	*150*	*115*	*93*			
Conporec Inc/Schwarting Biosystems-HERA (RO propres)	Coûts d'immobilisation (M$)	9,3	17,7	24	nd	nd	nd
	Coûts d'opération ($/T)	80	70	60			
	Coût de revient ($/T)	*127*	*114*	*100*			
Dominion and Grimm inc. (RO)	Coûts d'immobilisation (M$)	1,4	2,1	2,8	nd	nd	nd
	Coûts d'opération ($/T)	9	7	5			
	Coût de revient ($/T)						
	MIN ($/T)	127	114	93			
	MOYENNNE ($/T)	138	115	97			
	MAX ($/T)	150	115	100			
	VALEUR RETENUE ($/T)	140	115	100			
CIRAIG-CMM (production de biogaz)	Coûts d'immobilisation ($)	-	30	-	-		-
	Coûts d'opération ($/T)	-	45	-	-		-
	Coût de revient ($/T)		*120*				
CIRAIG-CMM (production d'électricité)	Coûts d'immobilisation ($)	-	31,5	-	-		-
	Coûts d'opération ($/T)	-	45	-	-		-
	Coût de revient ($/T)		*124*				

Digestion Anaérobie - 2 voies (RM)							
		Capacité (T/an)					
Promoteur	Coûts	20 000	40 000	60 000	85 000	125 000	250 000
Global Renewables (RO, RM ou RU)	Coûts d'immobilisation (M$)	nd	nd	nd	100	120	175
	Coûts d'opération ($/T)				57,5	50	40
	Coût de revient ($/T)				*175*	*146*	*110*
OWS (RM)	Coûts d'immobilisation (M$)	nd	nd	nd	45	55	85
	Coûts d'opération ($/T)				55	50	50
	Coût de revient ($/T)				*108*	*94*	*84*
OWS (RU)	Coûts d'immobilisation (M$)	nd	nd	nd	45	55	80
	Coûts d'opération ($/T)				60	60	65
	Coût de revient ($/T)				*113*	*104*	*97*
	MIN ($/T)				108	94	84
	MOYENNNE ($/T)				132	115	97
	MAX ($/T)				175	146	110
	VALEUR RETENUE ($/T)				130	115	100

Incinération								
		Capacité (T/an)						
Promoteur	Coûts	20 000	40 000	60 000	85 000	125 000	170 000	250 000
VonRoll Innova (RM)	Coûts d'immobilisation (M$)	-	65	95	125	165	nd	250
	Coûts d'opération ($/T)	-	-	-	-	-	nd	-
	Coût de revient ($/T)							
Covanta Energy Corproation	Coûts d'immobilisation (M$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	200
	Coûts d'opération ($/T)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	45
	Coût de revient ($/T)							*125*
WHEELABRATOR TECHNOLOGIES INC.	Coûts d'immobilisation (M$)	nd	80	95	120	140	nd	200
	Coûts d'opération ($/T)	nd	60	60	60	50	nd	30
	Coût de revient ($/T)		*260*	*218*	*201*	*162*		*110*
	MIN ($/T)	nd	260	218	201	162		110
	MOYENNNE ($/T)	nd	260	218	201	162		118
	MAX ($/T)	nd	260	218	201	162		125
	VALEUR RETENUE ($/T)		260	220	200	160		120
CIRAIG-CMM (production vapeur)	Coûts d'immobilisation (M$)	-	-	-	-	-	110	-
	Coûts d'opération ($/T)	-	-	-	-	-	95,9	-
	Coût de revient ($/T)						*161*	
CIRAIG-CMM (production électricité)	Coûts d'immobilisation (M$)	-	-	-	-	-	114	-
	Coûts d'opération ($/T)	-	-	-	-	-	91,8	-
	Coût de revient ($/T)						*159*	

Gazéification								
		Capacité (T/an)						
Promoteur	Coûts	20 000	40 000	60 000	85 000	125 000	181 500	250 000
Enerkem	Coûts d'immobilisation ($/T)	-	-	-	-	nd		nd
	Coûts d'opération ($/T)	-	-	-	-	nd		nd
	Coût de traitement incluant revenus ($/T)					*50*		*50*
Plasco	Coûts d'immobilisation ($/T)	-	-	-	-	nd		
	Coûts d'opération ($/T)	-	-		-	nd		
	Coût de traitement incluant revenus ($/T)					*60*		
Alter NRG Group	Coûts d'immobilisation (M$)	-	38	50	65	85	nd	137
	Coûts d'opération ($/T)	-	137,5	123,3	114,1	104,0	nd	96,0
	Coût de revient ($/T)		*233*	*207*	*191*	*172*		*151*
TGE Tech Ltd (RM et RU)	Coûts d'immobilisation ($)	-	1,4	2,8	4,2	5,6	nd	9,8
	Coûts d'opération ($/T)	-	26	25	23	22	nd	20
	Coût de revient ($/T)		*30*	*30*	*28*	*26*		*24*
SENREQ Canada INC (RM)	Coûts d'immobilisation (M$)	-	7	10,5	14	22	nd	40
	Coûts d'opération ($/T)	-	10,0	10,0	16,5	17,6	nd	16,0
	Coût de revient ($/T)		*28*	*28*	*33*	*35*		*32*
Thermoselect CIRAIG-CMM (production d'électricité)	Coûts d'immobilisation (M$)	-	-	-	-	-	252	-
	Coûts d'opération ($/T)	-	-	-	-	-	112,9	-
	Coût de revient ($/T)						*252*	
Thermoselect CIRAIG-CMM (production de syngas)	Coûts d'immobilisation (M$)	-	-	-	-	-	175	-
	Coûts d'opération ($/T)	-	-	-	-	-	119,0	-
	Coût de revient ($/T)		*281*	*264*	*248*	*231*	*215*	*200*
MIN ($/T)		nd	28	28	28	26	215	24
MOYENNNE ($/T)		nd	143	132	125	96	234	91
MAX ($/T)		nd	281	264	248	231	252	200
VALEUR RETENUE ($/T)			233	207	191	172	234	151

DESSAU

Annexe 3 Synthèse de la revue littéraire

(3 pages)

Annexe 3 - Synthèse de la revue littéraire

Nº Fiche	Titre	Auteur	Donneur d'ouvrage	Date/ année	Description sommaire	Conclusion
1	Évaluation des choix technologiques de traitement des matières résiduelles pour l'agglomération de Montréal	Dessau-Soprin	Montréal	Août 2006	Description/comparaison de différentes technologies applicable pour la gestion des matières résiduelles de la ville de Montréal	Classement des technologies : Gazéification > MBT> Incinération avec NRJ. 1) Avantages de gazéification sur les plans environnemental et social. Désavantages de l'ordre technico-économique (manque de maturité et des coûts). 2) Avantages de MBT sur les plans technico-économique et social (fiabilité et maturité). 2 points faibles : qualité du compost et image véhiculée. 3) Avantages de la combustion avec récupération d'énergie sur le plan technico-économique (maturité et fiabilité pour volumes importants). Désavantages : acceptation par le public et rejets. Nouveaux procédés plus performants. Consulter les fiches technologies et les listes de promoteurs en annexes
2	PGMR CMQ annexe C	Tecsult - Transfert Environnement	CMQ	Janvier 2004	Description/comparaison de différentes technologies applicable pour la gestion des matières résiduelles de la Communauté métropolitaine de Québec Rive-Nord	Technologie de traitement thermique : Pour la CMQ rive-nord, les traitements thermiques représentent un risque technologique et financier trop grand pour être considérés comme une alternative à la réfection de l'actuel incinérateur. Pour les organiques, compostage aérobie plus répandu et éprouvé; quelques exemples de traitement anaérobie à grande échelle, permet de gérer les contaminants et production de biogaz.
3	Evaluation of new and emerging solid waste management technologies	NYC Economic Development Corporation	New York	Septembre 2004	Évaluation de différentes technologies (texte et fiches) pour la gestion des matières résiduelles de la ville de New York	Les procédés émergents sont moins éprouvés que l'incinération avec récupération d'énergie, ont des coûts semblables ou plus élevés, n'opèrent pas encore aux capacités requises pour NY mais ont des performances environnementales meilleures, de plus faibles volumes de résidus ultimes à enfouir et bénéficient d'une meilleure image auprès du public. La digestion anaérobie est moins flexible que les traitements thermiques avancés et la valorisation des sous-produits est plus difficile.
4	Evaluation of « alternatives to » and identification of the preferred residuals processing system - Appendix	MacViro & Jacques Whitford	DURHAM & YORK	Mai 2006	Appendix au rapport ci-dessous. (rapport #6)	
5	Task A technical Brief : Identification and assessment of alternative disposal systems	EarthTech & MacViro	Niagara regional municipality	Janvier 2003	Avantages et désavantages de technologies alternatives de gestion des matières résiduelles. Emphase sur traitement thermique, jugé plus intéressant dans cette étude	14 promoteurs sélectionnés pour traitements thermiques, détermination des scénarios à évaluer combustion et gazéification. Évaluation à venir (task G??) et préparation d'un appel à proposition dans ce cadre.
6	Evaluation of « alternatives to » and selection of a preferred disposal system. (rapport et addendum)	EarthTech & MacViro	Niagara et Hamilton	Décembre 2005	Rapport-Addendum évaluation d'alternatives à l'enfouissement	Analyse des technologies de traitement des résidus utlimes (150 000 t/an) pour Niagara et Hamilton, comparaison MBT, enfouissement et traitement thermique, Option retenue = Traitement thermique de résidus mixtes avec récupération d'énergie et de matériaux en provenance des cendres et résidus de combustion. FINAL : site d'enfouissement disponible à Hamilton
7	City of Saskatoon waste and recycling plan	Earthtech	Saskatoon	Octobre 2007	Étape d'implantation du plan de gestion des matières résiduelle de la ville de Saskatoon.	
8	Feasibility of generating green power through anaerobic digestion of garden refuse from the Scramento Area	RIS & MacViro	Sacramento	Avril 2005	Production d'énergie à l'aide de digestion anaérobie de résidus verts.	La digestion anaérobie des résidus verts est une option faisable mais plus dispendieuse que le compostage traditionnel en système ouvert. La digestion anaérobie de résidus verts produit moins d'énergie que la digestion anaérobie d'autres matière.Les nouvelles lois en matière de qualité de l'air pourraient augmenter les prix du compostage en système ouvert ce qui avantagerait la digestion anaérobie. Une installation combinant la digestion anaérobie des résidus verts et une autre technologie de gestion des matières résiduelles semble être plus viable qu'une installation de digestion seule sur un terrain non-développé (réduction des couts et des impacts sociaux)
9	Méthanisation des déchets organiques	R. Molette et R. Cansell	Europe -Record	Février 2003	Étude sur la gestion des matières résiduelles pour la France. Inclut des exemples d'applications des principaux constructeurs européens traitant des ordures ménagères ou assiminilées	Présentation des procédés de digestion anaérobies et des installations en Europe, bilans techniques et économiques, nombreux chiffres de référence intégrés dans le tableau de comparaison finale.
10	Evaluation of Conversion Technology Processes and Products	CIWMB	CIWMB (California Integrated Waste Management Board)	Septembre 2004	Présentation générales des différentes technologies de traitement de matières résiduelles. Mention de fournisseur	Les traitements thermiques et biochimiques représentent des options viables pour la conversion des résidus mixtes après les collectes sélectives. Étant donné l'hétérogénéité des intrants et les coûts, il persiste un risque pour ces technologies. Toutefois, les technologies de conversion sont en cours de maturité technique en ce qui concerne l'efficacité et la fiabilité. La gazéification et la pyrolyse traitent presque toute la fraction organique et acceptent une matière de base plus hétérogène, y compris des plastiques contenant beaucoup d'énergie.
11	Alberta Municipal solid waste (MSW) options : integrating organics management and residual treatment / disposal	TSH Engineers	Recycling Council of Alberta et MWIN	Avril 2006	Information on existing waste diversion and organics management options and emerging residual treatment technology options for Canadian purposes	Digestion anaérobie : Peu d'expériences au Canada (Toronto et Newmarket), en Europe fonctionne pour 10 000 à 20 000 t de MO/an, de plus grosses unités ont été construites les 2 dernières années mais aucune donnée d'opération n'est disponible encore. Non recommandé pour les petites collectivités. Traitements thermiques : En carence d'oxygène : Burlington 10 t/j (Ontario), Brampton 450 t/j (Ontario), Wainright 25 t/j (Alberta) – Incinérateur à grille : Burnaby 720 t/j (BC), Québec 300 00 t/an – Gazéification : Sherbrooke 5 t/j – Plasma : Ottawa démonstration Plasco 75 t/j, Montréal démonstration Plasco 5 t/j. Selon la taille de la collectivité, incinérateurs en carence d'oxygène ou à plusieurs chambres de combustion. Pour les petites municipalités : procédés discontinus recommandés. Techniques de gazéification par torche plasma non disponibles au niveau commercial. Enfouissement sanitaire : Impact significatif de la collecte des organiques sur le fonctionnement d'un LET et avantages de la mise en place du bioréacteur sur l'environnement.
12	New and Emerging Residual Waste Management Technologies Update	Gartner Lee	Nanaïmo Regional District (Vancouver)	Mai 2004	Étude décrivant les différentes technologies pour le traitement de 130 000 t de résidus mixtes par an.	Seules les technologies de tri, de génération de RDF, le compostage et l'incinération considérées viables techniquement ET économiquement en Amérique du Nord. La digestion anaérobie, la gazéification et la pyrolyse, considérées viables techniquement, seraient trop couteuses. Les coûts sont évalués à 70 – 217 $/t. (compostage $70-99 /t, incinération : $70-180 /t; gazéification et Pyrolyse : $78-217 /t). Avantages : taux de diversion, récupération des matériaux, génération d'énergie. Pas de choix de technologie, recommandé de favoriser le recyclage et d'observer les améliorations techniques de ces procédés.
13	Analyse du cycle de vie des modes de valorisation du biogaz issu de méthanisation de la FFOM en France		ademe	Septembre 2007	Évaluation meilleur mode de valorisation du biogaz et évaluation meilleur mode de traitement des organiques (compostage VS digestion anaérobie)	La méthanisation des matières organiques est souvent préférable au compostage mais cela dépend des filières de valorisation du bogaz. Parmi les filières de valorisation du biogaz, l'utilisation comme carburant dans les bus en substitution au diesel est celle qui a le moins d'impacts au niveau de l'effet de serre, de l'acidification et de l'eutrophisation des lacs.

Nº Fiche	Titre	Auteur	Donneur d'ouvrage	Date/ année	Description sommaire	Conclusion
14	Is 100% diversion is an achievable goal?	NETTP advisory group	Toronto	Décembre 2004	Démonstration de différents scénarios afin d'atteindre 100% de diversions des matières résiduelles. Différentes technologies mais aucune analyse de promoteurs	récupération + traitement biologique = tx de diversion de 72 à 86 % récupération + traitement thermique = tx de diversion de 85 à 96 % la révision des réglementations => augmentera le taux de diversion global; le plus haut taux de diversion actuel est de 88 % (scénario de gazéification sans valorisation des inertes).
15	Mise à jour de l'expertise réalisée en 1996 par l'ADEME du procédé Eddith de la société Thide Environnement SA	Beture Environnement	ADEME	Décembre 2003	Présentation du procédé thermique Eddith (thermolyse). Présentation résumant les aspects techniques et économiques de cette technologie	Pas de comparaison de technologie, présentation d'un procédé.
16	Synthèse du l'expertise du procédé P.I.T. Pyroflam	Girus	ADEME	Février 2003	Analyse du système Pyroflam après 7 an de service.	Pas de conclusion, présentation par le promoteur. Quelques données techniques sur le bilan de masse mais pas de données sur les polluants. Incertitude sur les scories. Potentialité de développement pour les déchets spécifiques à haut PCI.
17	Canada's SUBBOR, enhanced anaerobic digestion technology : utilization of waste biomass avoids GHG emissions and provides alternate energy	VOGT GM. HOLBEIN BE	SUBBOR	Octobre 2001	Description of the SUBBOR anaerobic digestion process	Présentation digestion anaérobie. Avantages :rendement, sous-produit stable, traitement d'une large gamme de déchets. rendement énergétique de 83,2%.Pour 100 kg de résidus mixtes ss collecte de recyclables : 1,3 kg de fer, 0,7 kg d'aluminium, 19,3 kg de plastiques, 24,4 kg de digestat, 15,5 kg de résidus inertes, 26,2 kg de biogaz, 12,9 kg d'eau/vapeur.
18	Municipal waste management strategy ; technical appendices	SLR Consulting	Pembrokeshire Cardiff County council	Novembre 2004	Étude décrivant les différentes technologies pour la gestion des matières résiduelles pour le Pays de Galles (Wales). Aucun fournisseur/promoteur	• Compostage des résidus verts sur aire ouverte (éventuellement à la ferme) • Compostage fermé des résidus organiques issus de la collecte à 3 voies • Développement d'usines de tri et de récupération des matières recyclables et autres matières réutilisables; • identifier un procédé de traitement pour les résidus ultimes : MBT, valorisation thermique ou enfouissement ? à suivre.
19	Solid Waste Conversion:A review and database of current and emerging technologies	Williams et Al	CIWMB	Décembre 2003	Preliminary investigation of technologies and processes that are or can be utilized to convert post-recycled and/or post-consumer solid waste into useful products, in California	La base de données élaborée dans le cadre de cette étude est disponible sur internet. (inactif ???) Consulter l'annexe 1 pour la présentation des promoteurs et de leurs procédés. Consulter l'annexe 2 pour la présentation sommaire des installations. Données intégrées dans le tableau de référence.
20	Alternative to disposal - final report	Santa Barbara County Multi-jurisdictional Solid Waste Task Group	Santa-Barbara	Septembre 2003	Plan de travail du groupe chargé d'identifier et d'évaluer les technologies alternatives de gestion des matières résiduelles	1ère Demande, préselection et seconde demande, sélection finale : 7 promoteurs : Renewable Resources Alliance (Gazéification); Arrow Ecology (Digestion anaérobie), Ecocorp Ltd (DA), Brighstar Environnemental (Gazéification); Waste recovery system (DA),Herhof Umwelttechnik GmbH (Autre), Genehol Inc (Hydrolyse) cout de traitement moyen (l1ère demande) = 23$/t, coût moyen (2ème demande) = 19,50$/t. coûts d'immo. entre 40 et 50 M$ (pour 200 000 t/an).
21	Edmonton's Integrated Waste Management System Including Gasification	Capital Projects - Jim Shubert	Edmonton		PowerPoint presentation on the integration of a gasification plant for Edmonton waste management center	Recherche procédé de traitement des résidus de tri-compostage (100 000 t/an). Sélection du traitement thermique: réduction du volume enfoui, traitement local et immédiat, valorisation des matières et réduction de l'utilisation d'énergie non renouvelable. Retenu ENERKEM pour faible cout et existence d'autre unités. La gazéification est techniquement viable, bien acceptée du grand public, a des couts plus élevés que l'enfouissement mais génère de potentiels revenus. Nécessité d'une étude sur le prétraitement des matières.
22	Analyse comparative des technologies de traitement des matières résiduelles - version préliminaire	Groupe SM	Conférence régionale des élus de l'Estrie	Février 2007	Description/comparaison de différentes technologies applicable pour la gestion des matières résiduelles avec analyse financière	Les résultats globaux montrent que le compostage arrive nettement en tête mais n'est applicable qu'aux matières organiques triées à la source. Un second groupe, composé de la gazéification, la méthanisation, le tri-compostage et la réduction-stabilisation, a une note semblable (180) mais les incertitudes économiques sont plus importantes pour la gazéification et la méthanisation. Finalement, la pyrolyse, le CDD, l'incinération et l'enfouissement composent le dernier groupe. L'incinération et l'enfouissement ont une note inférieure à 150.
23	Final Draft Report on comparative emission study	Mac Viro Consultants inc.	Niagara regional municipality	Juin 2005	Évaluation comparative des émissions gazeuses des traitements thermiques des déchets en vue de produire de l'électricité	Les émissions respectent les normes Ontariennes, émissions/kWh produit + ou - élevées que les autres modes de production d'électricité selon les modes, émissions faibles en comparaison des autres émetteurs industriels en Ontario.
24	Task F technical Brief : Identification of Alternative Disposal Systems	EarthTech & MacViro	Niagara regional municipality	Juin 2003	Identification des modes d'implantation de technologies retenues	
25	Evaluation of alternative solid waste processing technologies	URS Corporation	Los Angeles	Septembre 2005	Étude très détaillée de différentes technologies pour la gestion des matières résiduelles de la ville de Los Angeles	Procédés biologiques, thermiques et thermiques avancés (pyrolyse/gazéification) ont scores similaires au niveau technique et économique. Avantage de gazéification et pyrolyse sur score environnemental. Avantages des traitements thermiques : Tx de diversion;Volume et valeur commerciale des sous-produits;Efficacité thermique, production d'électricité, revenu à la tonne plus élevé car les traitements thermiques convertissant toute la matière et pas seulement la matière organique; Expérience opérationnelle plus importante sur de grands volumes.
26	Gasification of Solid Waste: Applicability to Ontario Municipalities	MacViro	Toronto	Février 2005	Présentation PowerPoint qui résume bien la gazéification. Peut servir de résumé pour faire un survol rapide de cet technologie.	Évaluation des traitements thermiques. La gazéification est plus performante au niveau environnemental mais moins éprouvée, risques financiers, pas d'exemples en Amérique du Nord pour les déchets. Coûts élevés.
27	New & Emerging Technologies Applications for Residual Wastes Processing : Technologies Review Reference Manual	EarthTech & MacViro	Toronto	Décembre 2003	Étude décrivant les différentes technologies pour la gestion des matières résiduelles. Aucun fournisseur/promoteur	Présentation qualitative des technologies de traitement des matières résiduelles sans donnée chiffrée sans comparaison.
28	Metro Vancouver's New waste Plan		Metro Vancouver	Mai 2008	Article paru dans la revue Solid Waste & Recycling. Grandes lignes du nouveau plan de gestion des matières résiduelles pour la ville de Vancouver suite à l'abandon du projet de remplacement du site d'enfouissement de Cache Creek (fermeture prévue pour 2010).	Nouveau plan de gestion des matières résiduelles de la ville de Vancouver vise à augmenter le taux de diversion et à valoriser les 30% de résidus ultimes. La ville passera de 3 à 6 incinérateurs et valorisera les cendres de grille en développant les marchés. les résidus d'incinération seront enfouis.

Nº Fiche	Titre	Auteur	Donneur d'ouvrage	Date/ année	Description sommaire	Conclusion
29	Waste management options and climate change	Smith et Al	Europe	Juillet 2001	Assess the climate change impacts of options for municipal solid waste (MSW) management in the EU.	Séparation à la source des matières recyclables et compostage des organiques : flux le plus faible de GES . Pour les matières non collectées séparément : MBT (avec recyclage du métal et enfouissement des résidus stabilisés et du compost) s produisent le moins de GES. Si tous les incinérateurs récupéraient la chaleur et l'électricité, cette option serait la meilleure en terme de GES. Les émissions de GES de la pyrolyse et de la gazéification sont similaires à celles de l'incinération sur grille Globalement, les émissions de GES associées au transport sont faibles en comparaison des flux totaux du système.
30	Étude de faisabilité des technologies de traitement des matières organiques applicables aux territoire de l'agglomération de Montréal	Solinov	Montréal	Novembre 2006	Description/comparaison de différentes technologies applicable pour la gestion des matières résiduelles de la ville de Montréal	Collecter RA et RV séparément. RA : compostage en silos-couloirs dans un bâtiment, en tunnels fixes et conteneurs et en tunnels et bioréacteurs applicables aux grandes quantités de matières avec RA. RV :technologie en andains retournés est la plus avantageuse (coûts et de flexibilité) DA versus compostage : perspectives de marché pour l'énergie, grande capacité de traitement, performance de contrôle des odeurs MAIS coûts plus élevés. Privilégier DA pour les RA.
31	Analyse des scénarios technologiques de traitement des matières organiques de l'agglomération de Montréal en vue de l'ACV simplifiée de CIRAIG	Solinov	Montréal	Juillet 2007	Description/comparaison de différentes technologies applicables pour la gestion des matières résiduelles de la ville de Montréal	Les conlusions de cette étude sont applicables au contexte de la Ville de Montréal uniquement.
32	Référence Document on the Best Available Techniques for Waste incineration	Integrated Pollution Prevention control	Commission Européenne	Juillet 2005	Document d'information sur les technologies d'incinération et les technologies alternatives comme la gazéification et la pyrolise	
33	Étude comparative des technologies de traitement des résidus organiques et des résidus ultimes applicables à la région métropolitaine de Montréal	SNC-Lavalin-Solinov/CIRAIG	CMM	mai 2007	Étude de référence réalisée dans le cadre du PMGMR ayant comme objectifs d'établir un inventaire des technologies, de sélectionner les procédés applicables et d'analyser plusieurs technologies en détails	Comparaison compostage – digestion anaérobie : Compostage : flexibilité, simplicité d'opération, faible cout, faible quantité d'eaux usées Digestion anaérobie : compacité des installations, faible quantité d'agents structurants, émissions de GES plus faibles, Comparaison compostage – tricompostage : Tri-compostage : simplicité mais qualité du compost plus faible Comparaison incinération - enfouissement – gazéification : Enfouissement : flexibilité sur composition des intrants, grande surface utilisée, faible cout, solution temporaire Gazéification : taux de détournement élevé.

Annexe 4 Bilans environnementaux détaillés

(36 pages)

DESSAU

Annexe 4-1 Bilans environnementaux – population de 400 000 personnes (18 pages)

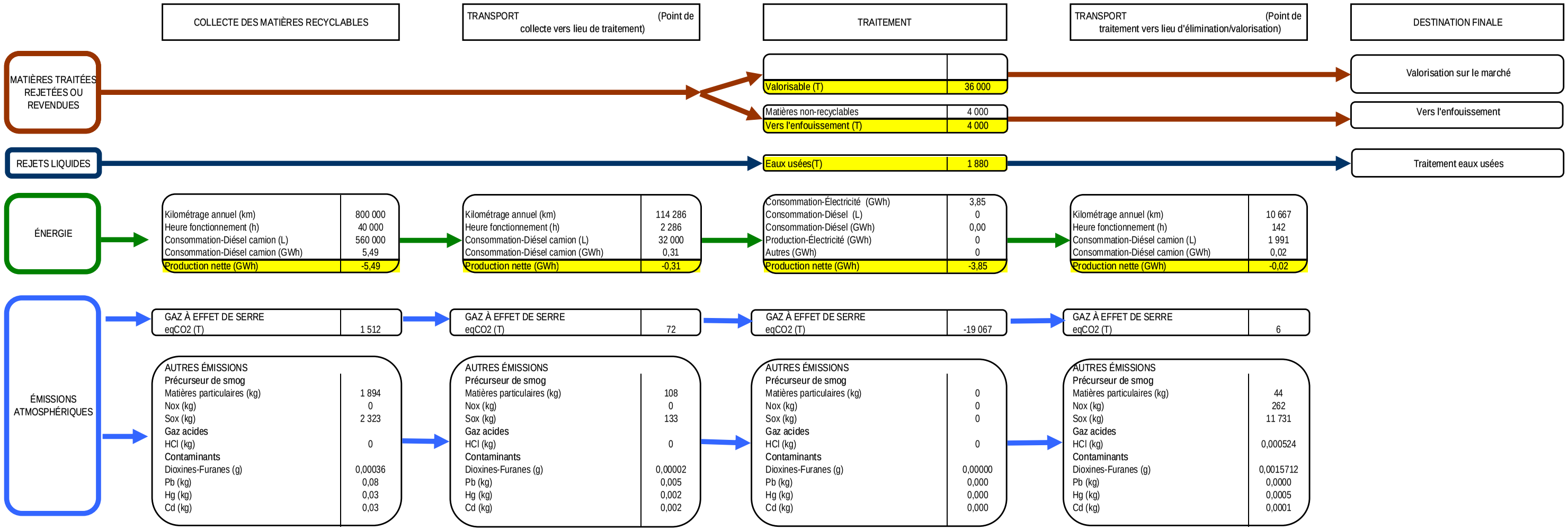
DESSAU

Modélisation environnementale de la collecte des matières recyclables -population de 400 000 personnes (1 page)

Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 400 000 personnes

SCÉNARIO Collecte des matières recyclables
TYPE DE COLLECTE Utilisée dans tous les scénarios

2e voie - Gestion des matières recyclables



Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	36 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 000
Rejets liquides (T)	1 880
Bilan énergétique (GWh)	-9,67
Gaz à effet de serre (kg eqCO2)	-17 478
Autres émissions	na

DESSAU

Modélisation environnementale des scénarios - population de 400 000 personnes (17 pages)

Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 400 000 personnes

SCÉNARIO 1 - SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE
TRAITEMENT Enfouissement en bioréacteur

1ère voie - Gestion des résidus ultimes

COLLECTE DES RÉSIDUS ULTIMES	TRANSPORT (Point de collecte vers lieu d'enfouissement)	TRAITEMENT - ENFOUISSEMENT EN BIORÉACTEUR	TRANSPORT	DESTINATION FINALE

MATIÈRES TRAITÉES REJETÉES OU REVENDUES

Valorisable (T)	0
Vers l'enfouissement (T)	165 000

→ N/A
→ N/A

REJETS LIQUIDES

Eaux usées(m³)	77 550

→ Traitement eaux usées

ÉNERGIE

COLLECTE DES RÉSIDUS ULTIMES		TRANSPORT (Point de collecte vers lieu d'enfouissement)		TRAITEMENT - ENFOUISSEMENT EN BIORÉACTEUR		TRANSPORT	
Kilométrage annuel (km)	1 320 000	Kilométrage annuel (km)	1 466 667	Consommation-Électricité (GWh)	0	Kilométrage annuel (km)	0
Heure fonctionnement (h)	66 000	Heure fonctionnement (h)	14 667	Consommation-Diésel (L)	36 480	Heure fonctionnement (h)	0
Consommation-Diésel camion (L)	990 000	Consommation-Diésel camion (L)	220 000	Consommation-Diésel (GWh)	0,358	Consommation-Diésel camion (L)	0
Consommation-Diésel camion (GWh)	9,70	Consommation-Diésel camion (GWh)	2,16	Production-Électricité (GWh)	0	Consommation-Diésel camion (GWh)	0
Production nette (GWh)	-9,70	Production nette (GWh)	-2,16	Biogaz-thermique (GWh)	68	Production nette (GWh)	0
				Production nette (GWh)	67,46		

ÉMISSIONS ATMOSPHÉRIQUES

COLLECTE DES RÉSIDUS ULTIMES		TRANSPORT (Point de collecte vers lieu d'enfouissement)		TRAITEMENT - ENFOUISSEMENT EN BIORÉACTEUR		TRANSPORT	
GAZ À EFFET DE SERRE		GAZ À EFFET DE SERRE		GAZ À EFFET DE SERRE		GAZ À EFFET DE SERRE	
eqCO2 (T)	2 673	eqCO2 (T)	594	eqCO2 (T)	59 163	eqCO2 (T)	na
AUTRES ÉMISSIONS		AUTRES ÉMISSIONS		AUTRES ÉMISSIONS		AUTRES ÉMISSIONS	
Précurseur de smog		Précurseur de smog		Précurseur de smog		Précurseur de smog	
Matières particulaires (kg)	3 349	Matières particulaires (kg)	744	Matières particulaires (kg)	123	Matières particulaires (kg)	0
Nox (kg)	0	Nox (kg)	0	Nox (kg)	0	Nox (kg)	0
Sox (kg)	4 107	Sox (kg)	913	Sox (kg)	151	Sox (kg)	0
Gaz acides		Gaz acides		Gaz acides		Gaz acides	
HCl (kg)	0	HCl (kg)	0	HCl (kg)	0	HCl (kg)	0
Contaminants		Contaminants		Contaminants		Contaminants	
Dioxines-Furanes (g)	0,00063	Dioxines-Furanes (g)	0,00014	Dioxines-Furanes (g)	0,00002	Dioxines-Furanes (g)	0
Pb (kg)	0,15	Pb (kg)	0,03	Pb (kg)	0,005	Pb (kg)	0
Hg (kg)	0,05	Hg (kg)	0,01	Hg (kg)	0,002	Hg (kg)	0
Cd (kg)	0,05	Cd (kg)	0,01	Cd (kg)	0,002	Cd (kg)	0

Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	0
Rejets vers l'enfouissement (T)	165 000
Rejets liquides (m³)	77 550
Bilan énergétique (GWh)	55,60
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	62 430
Autres émissions (% moyenne)	23%

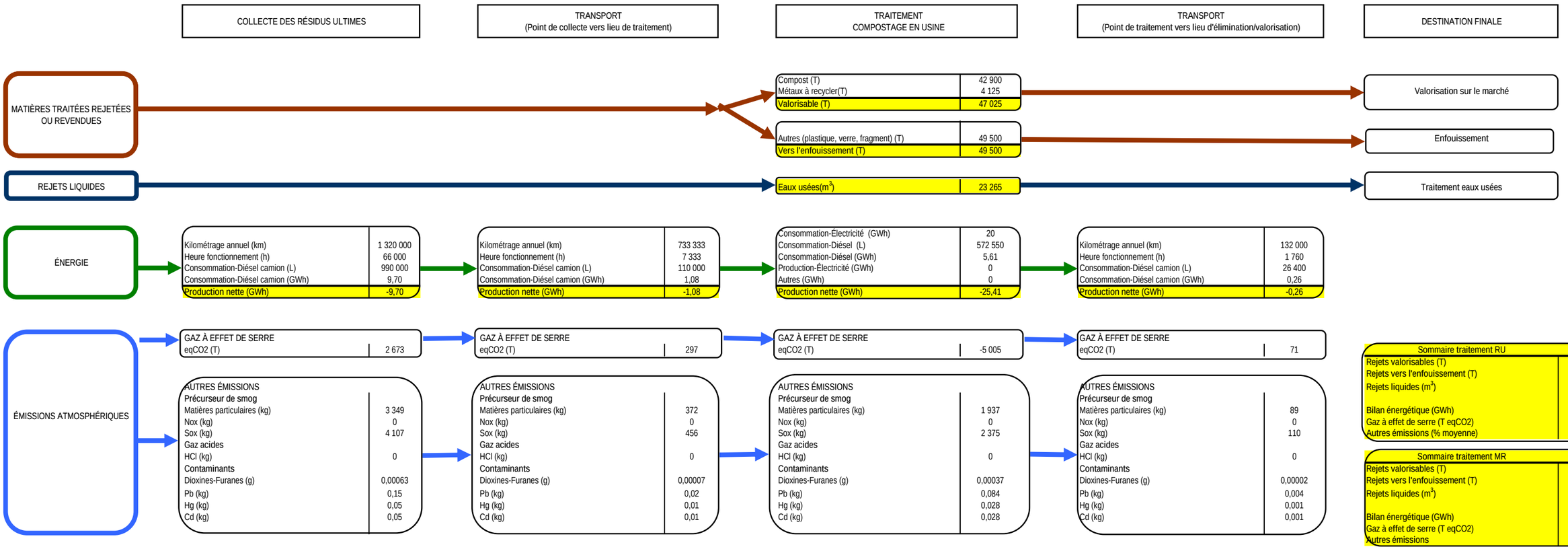
Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	36 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 000
Rejets liquides (m³)	1 880
Bilan énergétique (GWh)	-9,67
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-17 478
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	36 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	169 000
Rejets liquides (m³)	79 430
Bilan énergétique (GWh)	45,93
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	44 952
Autres émissions (% moyenne)	23%

Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 400 000 personnes

SCÉNARIO 2
TRAITEMENT Compostage en usine

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	47 025
Rejets vers l'enfouissement (T)	49 500
Rejets liquides (m^3)	23 265
Bilan énergétique (GWh)	-36,45
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-1 964
Autres émissions (% moyenne)	31%

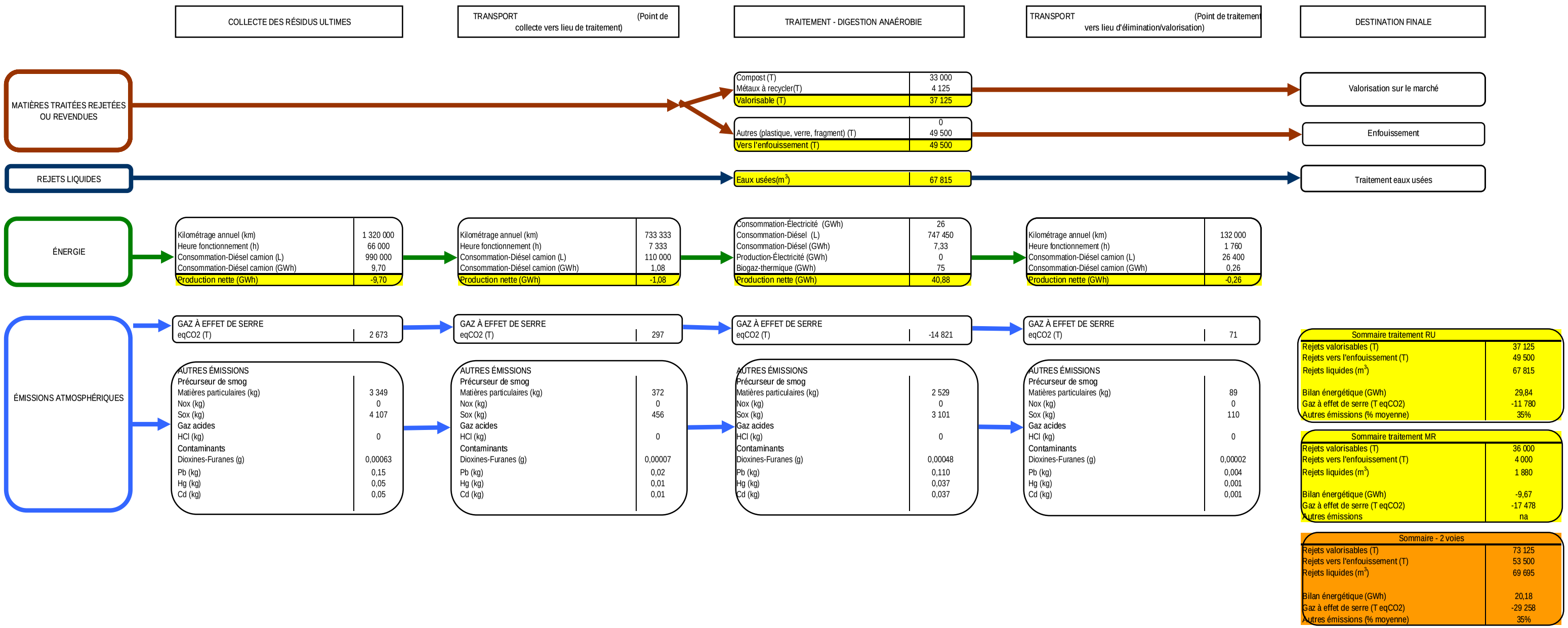
Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	36 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 000
Rejets liquides (m^3)	1 880
Bilan énergétique (GWh)	-9,67
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-17 478
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	83 025
Rejets vers l'enfouissement (T)	53 500
Rejets liquides (m^3)	25 145
Bilan énergétique (GWh)	-46,12
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-19 442
Autres émissions (% moyenne)	31%

Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 400 000 personnes

SCÉNARIO 3
TRAITEMENT Digestion anaérobie

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	37 125
Rejets vers l'enfouissement (T)	49 500
Rejets liquides (m^3)	67 815
Bilan énergétique (GWh)	29,84
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-11 780
Autres émissions (% moyenne)	35%

Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	36 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 000
Rejets liquides (m^3)	1 880
Bilan énergétique (GWh)	-9,67
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-17 478
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	73 125
Rejets vers l'enfouissement (T)	53 500
Rejets liquides (m^3)	69 695
Bilan énergétique (GWh)	20,18
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-29 258
Autres émissions (% moyenne)	35%

Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 400 000 personnes

SCÉNARIO 4
TRAITEMENT Incinération

1ère voie - Gestion des résidus ultimes

COLLECTE DES RÉSIDUS ULTIMES	TRANSPORT (Point de collecte vers lieu de traitement)	TRAITEMENT - INCINÉRATION	TRANSPORT (Point de traitement vers lieu d'élimination/valorisation)	DESTINATION FINALE

MATIÈRES TRAITÉES REJETÉES OU REVENDUES

Valorisable (T)	0

→ Valorisation sur le marché

Cendres Volantes (T)	7 755
Mâchefer (T)	33 990
Vers l'enfouissement (T)	41 745

→ Enfouissement

REJETS LIQUIDES

Eaux usées(m³)	36 120

→ Traitement eaux usées

ÉNERGIE

Collecte	Transport	Traitement - Incinération	Transport
Kilométrage annuel (km) 1 320 000	Kilométrage annuel (km) 733 333	Consommation-Électricité (GWh) 7,28	Kilométrage annuel (km) 111 320
Heure fonctionnement (h) 66 000	Heure fonctionnement (h) 7 333	Consommation-Diésel (L) 0	Heure fonctionnement (h) 1 484
Consommation-Diésel camion (L) 990 000	Consommation-Diésel camion (L) 110 000	Consommation-Diésel (GWh) 0	Consommation-Diésel camion (L) 22 264
Consommation-Diésel camion (GWh) 9,70	Consommation-Diésel camion (GWh) 1,08	Production-Électricité (GWh) 94,9	Consommation-Diésel camion (GWh) 0,22
Production nette (GWh) -9,70	Production nette (GWh) -1,08	Production nette (GWh) 87,60	Production nette (GWh) -0,22

ÉMISSIONS ATMOSPHÉRIQUES

Collecte	Transport	Traitement - Incinération	Transport
GAZ À EFFET DE SERRE	GAZ À EFFET DE SERRE	GAZ À EFFET DE SERRE	GAZ À EFFET DE SERRE
eqCO2 (T) 2 673	eqCO2 (T) 297	eqCO2 (T) 29 863	eqCO2 (T) 60
AUTRES ÉMISSIONS	AUTRES ÉMISSIONS	AUTRES ÉMISSIONS	AUTRES ÉMISSIONS
Précurseur de smog	Précurseur de smog	Précurseur de smog	Précurseur de smog
Matières particulaires (kg) 3 349	Matières particulaires (kg) 372	Matières particulaires (kg) 942	Matières particulaires (kg) 75
Nox (kg) 0	Nox (kg) 0	Nox (kg) 80 111	Nox (kg) 0
Sox (kg) 4 107	Sox (kg) 456	Sox (kg) 6 059	Sox (kg) 92
Gaz acides	Gaz acides	Gaz acides	Gaz acides
HCl (kg) 0	HCl (kg) 0	HCl (kg) 336,6	HCl (kg) 0
Contaminants	Contaminants	Contaminants	Contaminants
Dioxines-Furanes (g) 0,00063	Dioxines-Furanes (g) 0,00007	Dioxines-Furanes (g) 0,04174	Dioxines-Furanes (g) 0,00001
Pb (kg) 0,15	Pb (kg) 0,02	Pb (kg) 33,66	Pb (kg) 0,003
Hg (kg) 0,05	Hg (kg) 0,01	Hg (kg) 6,73	Hg (kg) 0,001
Cd (kg) 0,05	Cd (kg) 0,01	Cd (kg) 0,67	Cd (kg) 0,001

Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	0
Rejets vers l'enfouissement (T)	41 745
Rejets liquides (m³)	36 120
Bilan énergétique (GWh)	76,60
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	32 893
Autres émissions (% moyenne)	345%

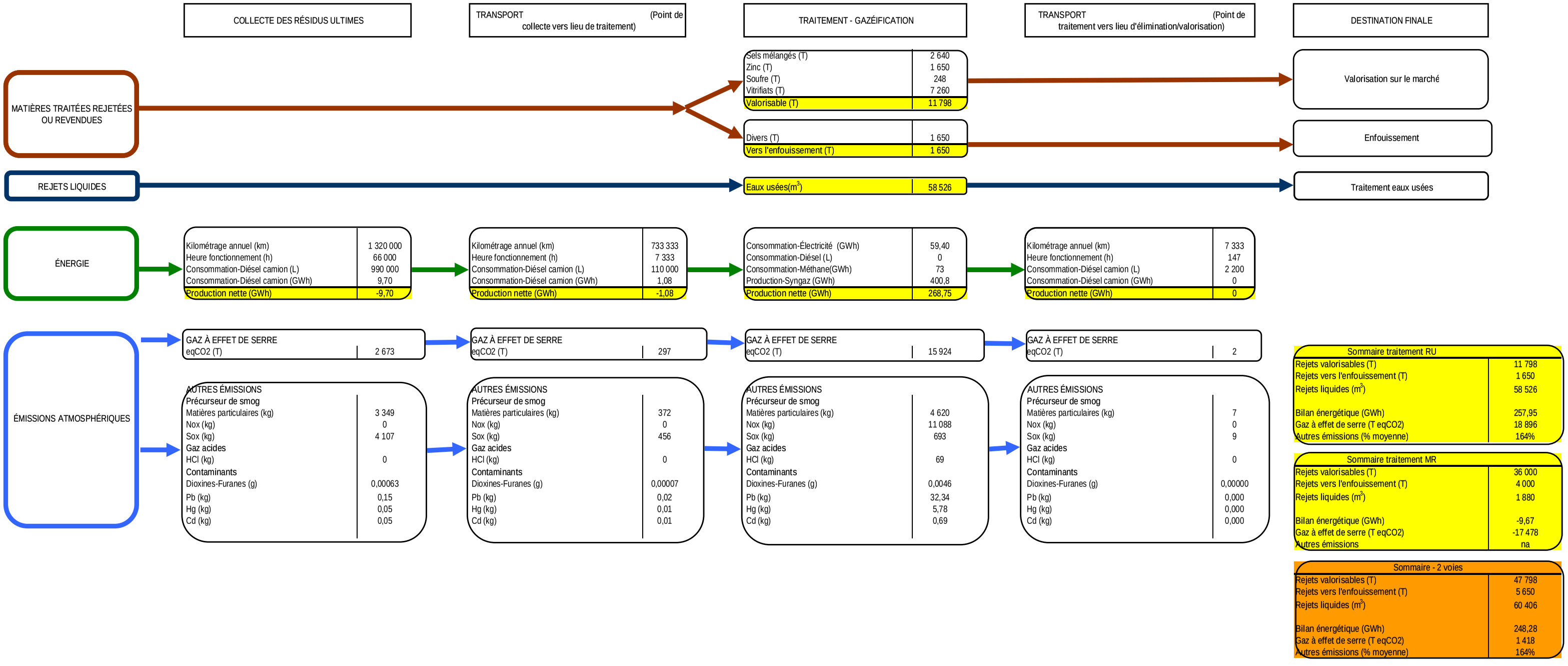
Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	36 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 000
Rejets liquides (m³)	1 880
Bilan énergétique (GWh)	-9,67
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-17 478
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	36 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	45 745
Rejets liquides (m³)	38 000
Bilan énergétique (GWh)	66,93
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	15 416
Autres émissions (% moyenne)	345%

Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 400 000 personnes

SCÉNARIO 5
TRAITEMENT Gazéification

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	11 798
Rejets vers l'enfouissement (T)	1 650
Rejets liquides (m³)	58 526
Bilan énergétique (GWh)	257,95
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	18 896
Autres émissions (% moyenne)	164%

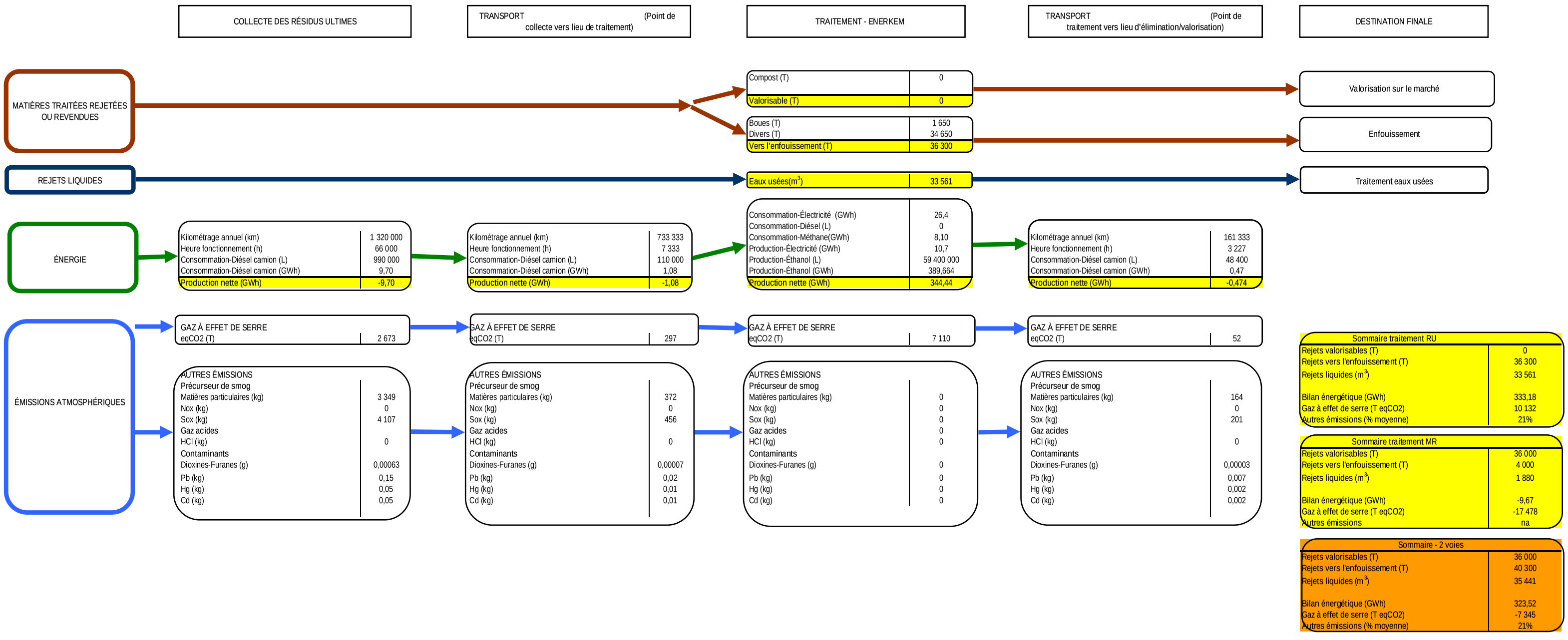
Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	36 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 000
Rejets liquides (m³)	1 880
Bilan énergétique (GWh)	-9,67
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-17 478
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	47 798
Rejets vers l'enfouissement (T)	5 650
Rejets liquides (m³)	60 406
Bilan énergétique (GWh)	248,28
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	1 418
Autres émissions (% moyenne)	164%

Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 400 000 personnes

SCÉNARIO 6
TRAITEMENT Gazéification Enerkem

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	0
Rejets vers l'enfouissement (T)	36 300
Rejets liquides (m^3)	33 561
Bilan énergétique (GWh)	333,18
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	10 132
Autres émissions (% moyenne)	21%

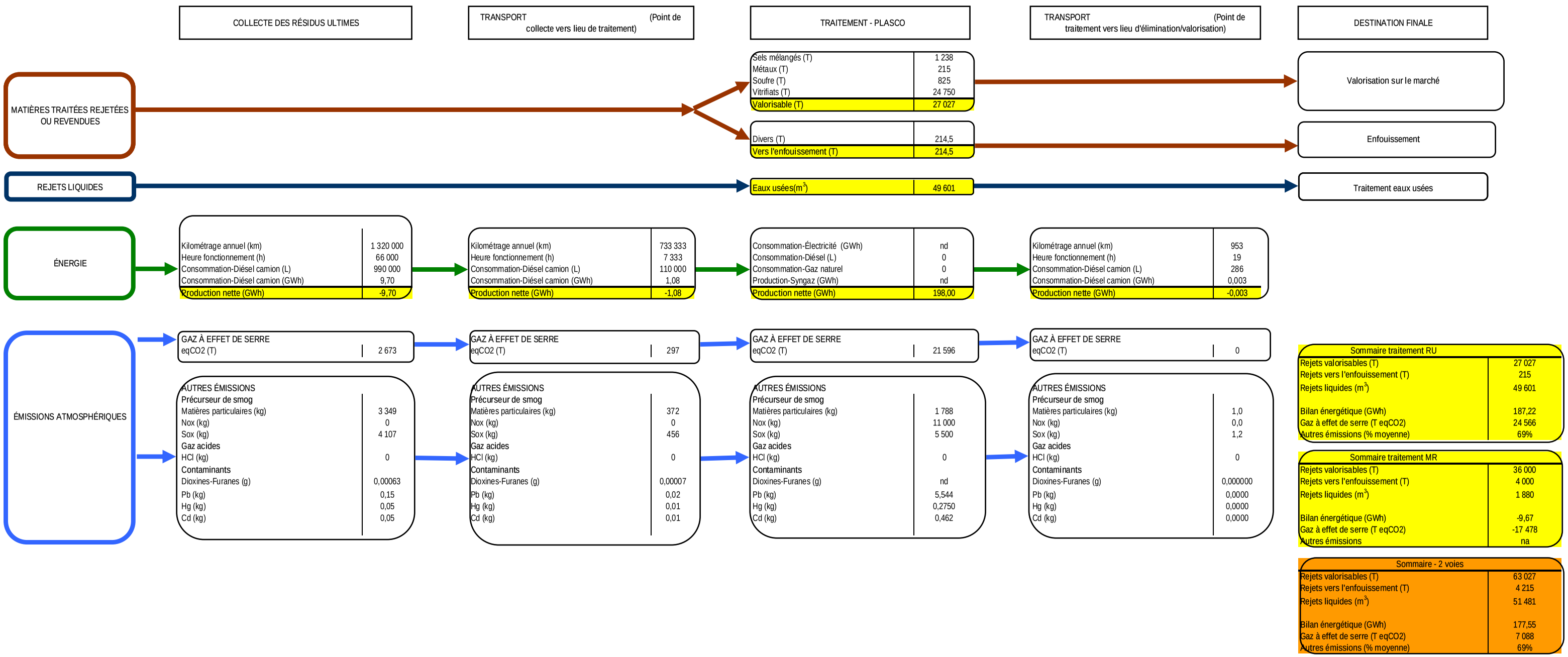
Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	36 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 000
Rejets liquides (m^3)	1 880
Bilan énergétique (GWh)	-9,67
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-17 478
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	36 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	40 300
Rejets liquides (m^3)	35 441
Bilan énergétique (GWh)	323,52
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-7 345
Autres émissions (% moyenne)	21%

Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 400 000 personnes

SCÉNARIO 7
TRAITEMENT Gazéification Plasco

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	27 027
Rejets vers l'enfouissement (T)	215
Rejets liquides (m^3)	49 601
Bilan énergétique (GWh)	187,22
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	24 566
Autres émissions (% moyenne)	69%

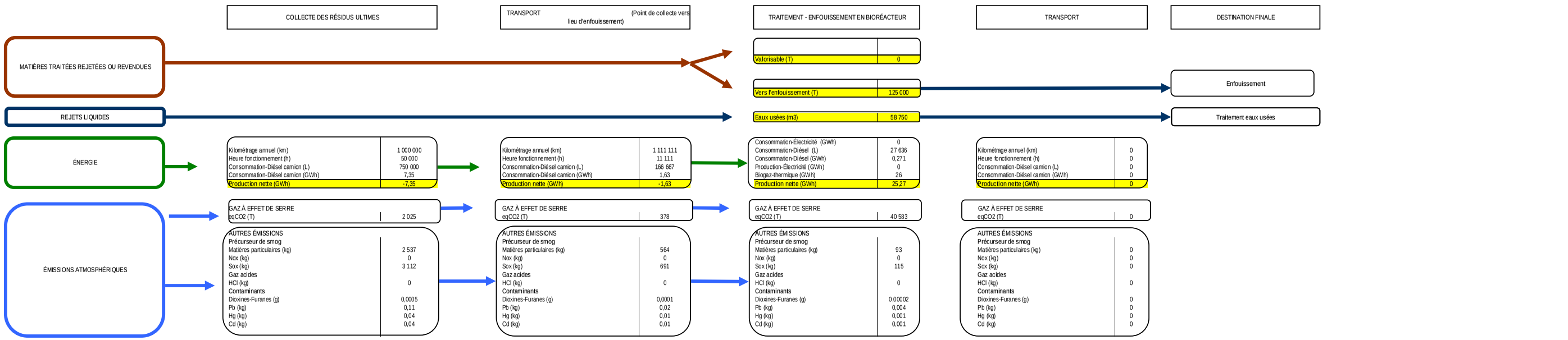
Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	36 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 000
Rejets liquides (m^3)	1 880
Bilan énergétique (GWh)	-9,67
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-17 478
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	63 027
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 215
Rejets liquides (m^3)	51 481
Bilan énergétique (GWh)	177,55
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	7 088
Autres émissions (% moyenne)	69%

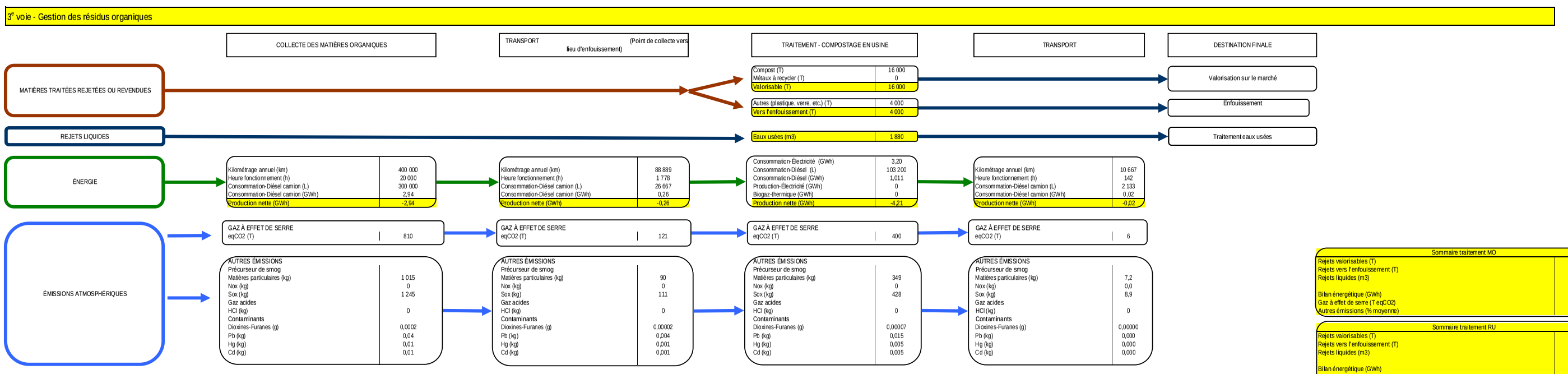
Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 400 000 personnes

SCÉNARIO 8
TRAITEMENT : Enfouissement en bioréacteur et compostage en usine

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



3e voie - Gestion des résidus organiques



Sommaire traitement MO	
Rejets valorisables (T)	16 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 000
Rejets liquides (m3)	1 880
Bilan énergétique (GWh)	-7,43
Gaz à effet de serre (TeqCO2)	1 337
Autres émissions (% moyenne)	cf. RU

Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	0
Rejets vers l'enfouissement (T)	125 000
Rejets liquides (m3)	58 750
Bilan énergétique (GWh)	16,29
Gaz à effet de serre (TeqCO2)	42 986
Autres émissions (% moyenne)	24%

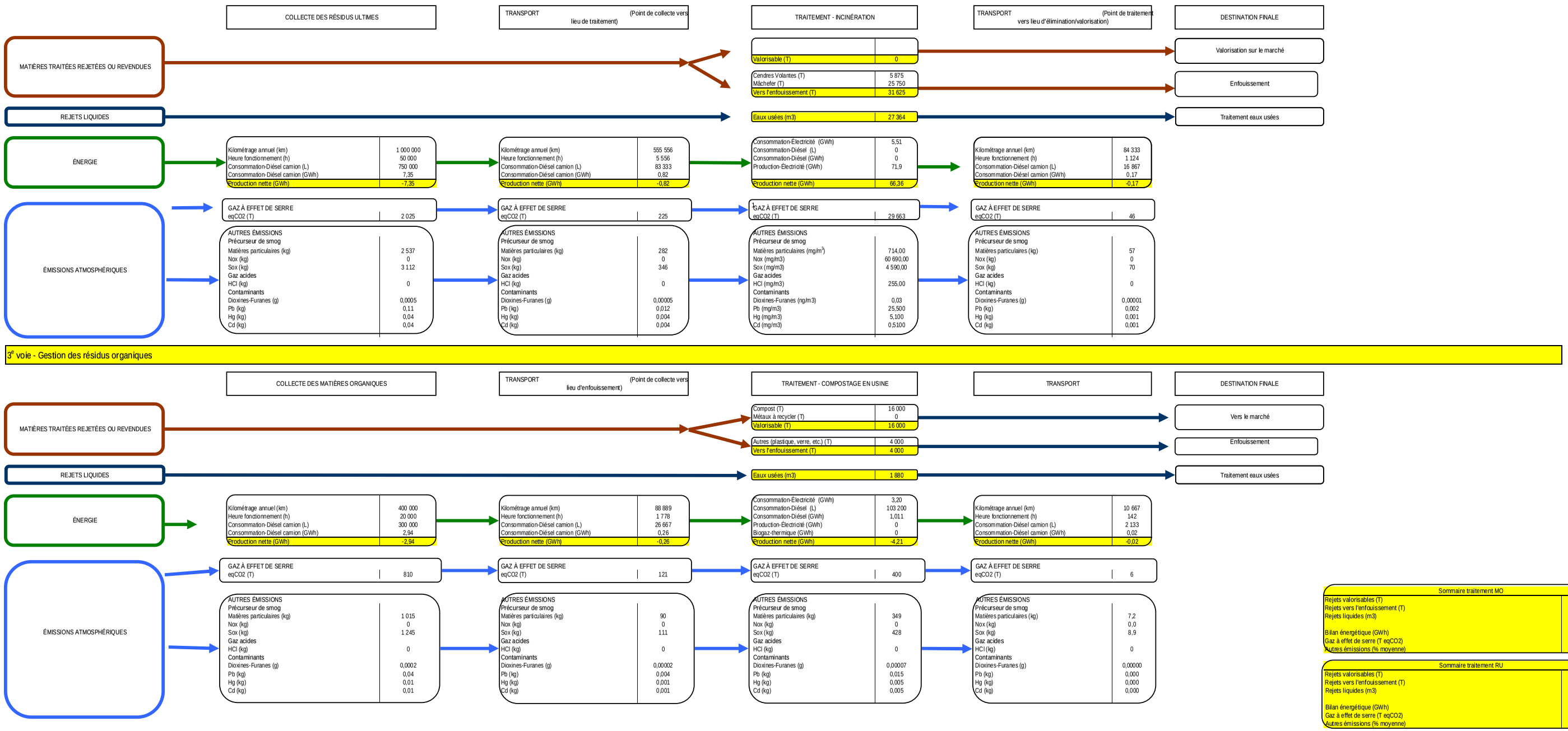
Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	36 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 000
Rejets liquides (m3)	1 880
Bilan énergétique (GWh)	-9,67
Gaz à effet de serre (TeqCO2)	-17 478
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	52 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	133 000
Rejets liquides (m3)	62 510
Bilan énergétique (GWh)	-0,81
Gaz à effet de serre (TeqCO2)	26 845
Autres émissions (% moyenne)	24%

Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 400 000 personnes

SCÉNARIO 9
TRAITEMENT : Incinération et compostage en usine

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



3e voie - Gestion des résidus organiques

Sommaire traitement MO	
Rejets valorisables (T)	16 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 000
Rejets liquides (m3)	1 880
Bilan énergétique (GWh)	-7,43
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	1 337
Autres émissions (% moyenne)	cf. RU

Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	0
Rejets vers l'enfouissement (T)	31 625
Rejets liquides (m3)	27 364
Bilan énergétique (GWh)	58,03
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	31 959
Autres émissions (% moyenne)	268%

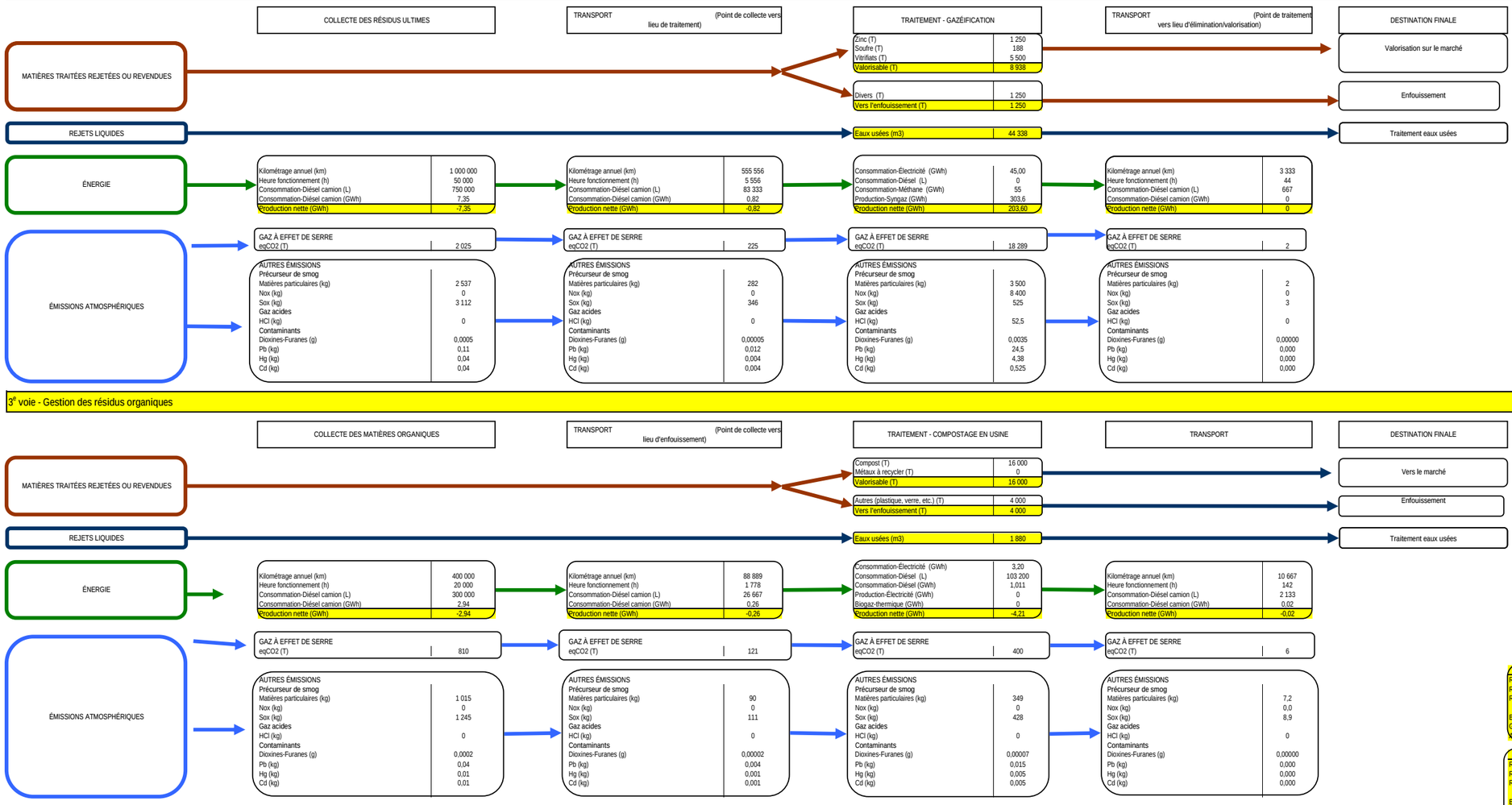
Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	36 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 000
Rejets liquides (m3)	1 880
Bilan énergétique (GWh)	-9,67
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-17 478
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	52 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	39 625
Rejets liquides (m3)	31 124
Bilan énergétique (GWh)	40,93
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	15 818
Autres émissions (% moyenne)	268%

Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 400 000 personnes

SCÉNARIO 10
TRAITEMENT : Gazéification et compostage en usine

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



3e voie - Gestion des résidus organiques

Sommaire traitement MO	
Rejets valorisables (T)	16 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 000
Rejets liquides (m3)	1 880
Bilan énergétique (GWh)	-7,43
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	1 337
Autres émissions (% moyenne)	cf. RU

Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	8 938
Rejets vers l'enfouissement (T)	1 250
Rejets liquides (m3)	44 338
Bilan énergétique (GWh)	195,43
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	20 541
Autres émissions (% moyenne)	131%

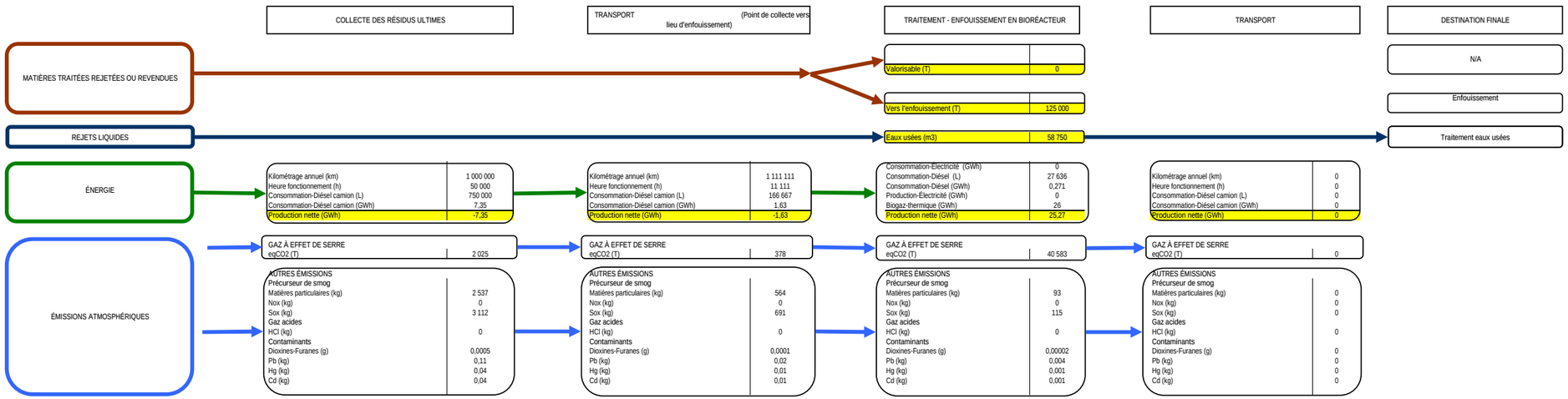
Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	36 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 000
Rejets liquides (m3)	1 880
Bilan énergétique (GWh)	-9,67
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-17 478
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	60 938
Rejets vers l'enfouissement (T)	9 250
Rejets liquides (m3)	48 098
Bilan énergétique (GWh)	178,33
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	4 400
Autres émissions (% moyenne)	131%

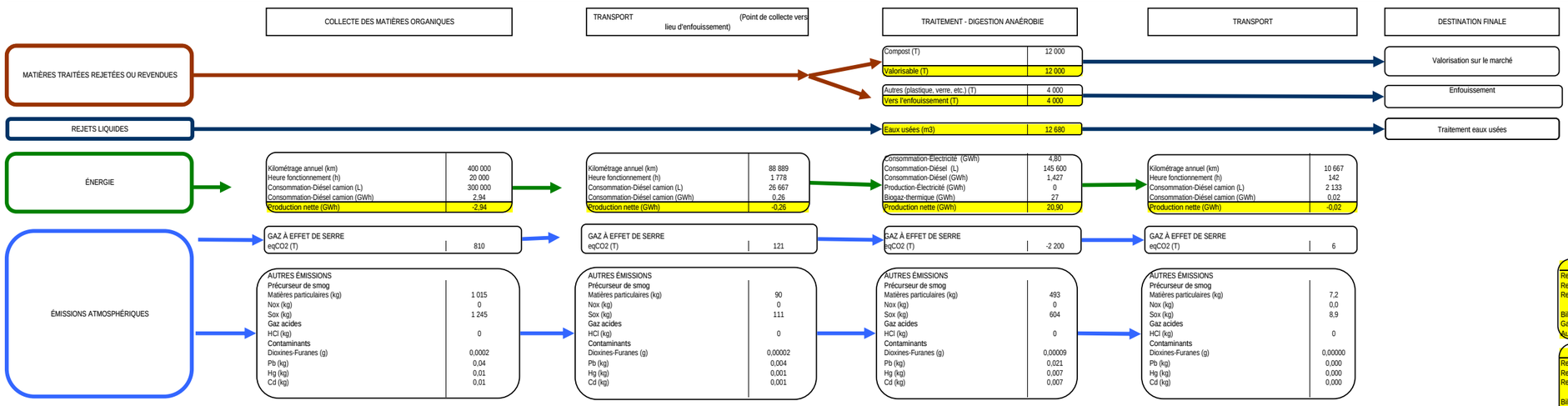
Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 400 000 personnes

SCÉNARIO 11
TRAITEMENT : Enfouissement en bioréacteur et Digestion anaérobie

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



3e voie - Gestion des résidus organiques



Sommaire traitement MO	
Rejets valorisables (T)	12 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 000
Rejets liquides (m3)	12 680
Bilan énergétique (GWh)	17,68
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-1 263
Autres émissions (% moyenne)	cf. RU

Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	0
Rejets vers l'enfouissement (T)	125 000
Rejets liquides (m3)	58 750
Bilan énergétique (GWh)	16,29
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	42 986
Autres émissions (% moyenne)	25%

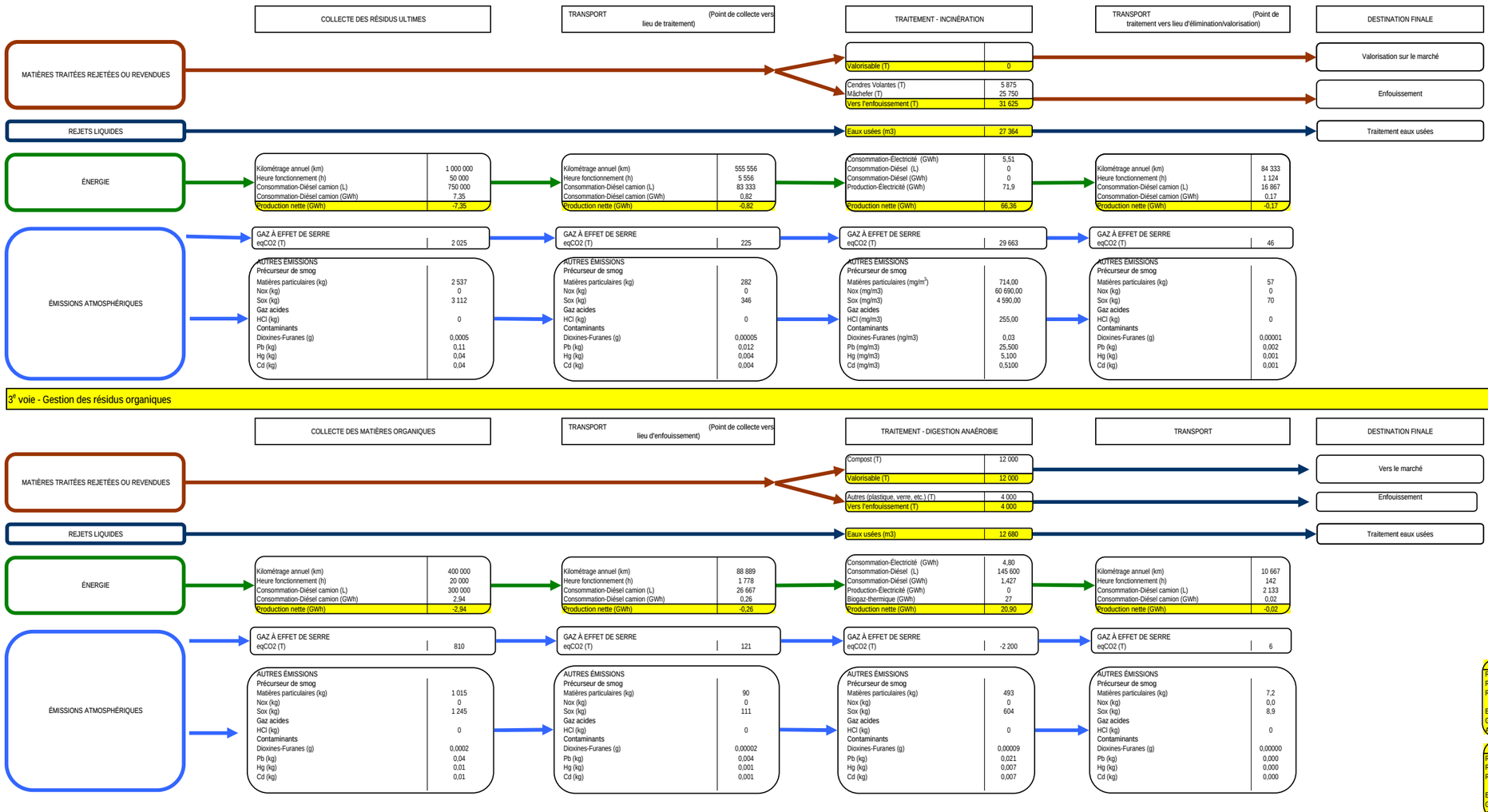
Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	36 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 000
Rejets liquides (m3)	1 880
Bilan énergétique (GWh)	-9,67
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-17 478
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	48 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	133 000
Rejets liquides (m3)	73 310
Bilan énergétique (GWh)	24,30
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	24 245
Autres émissions (% moyenne)	25%

Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 400 000 personnes

SCÉNARIO 12
TRAITEMENT : Incinération et Digestion anaérobie

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



3e voie - Gestion des résidus organiques

Sommaire traitement MO	
Rejets valorisables (T)	12 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 000
Rejets liquides (m3)	12 680
Bilan énergétique (GWh)	17,68
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-1 263
Autres émissions (% moyenne)	cf. RU

Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	0
Rejets vers l'enfouissement (T)	31 625
Rejets liquides (m3)	27 364
Bilan énergétique (GWh)	58,03
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	31 959
Autres émissions (% moyenne)	269%

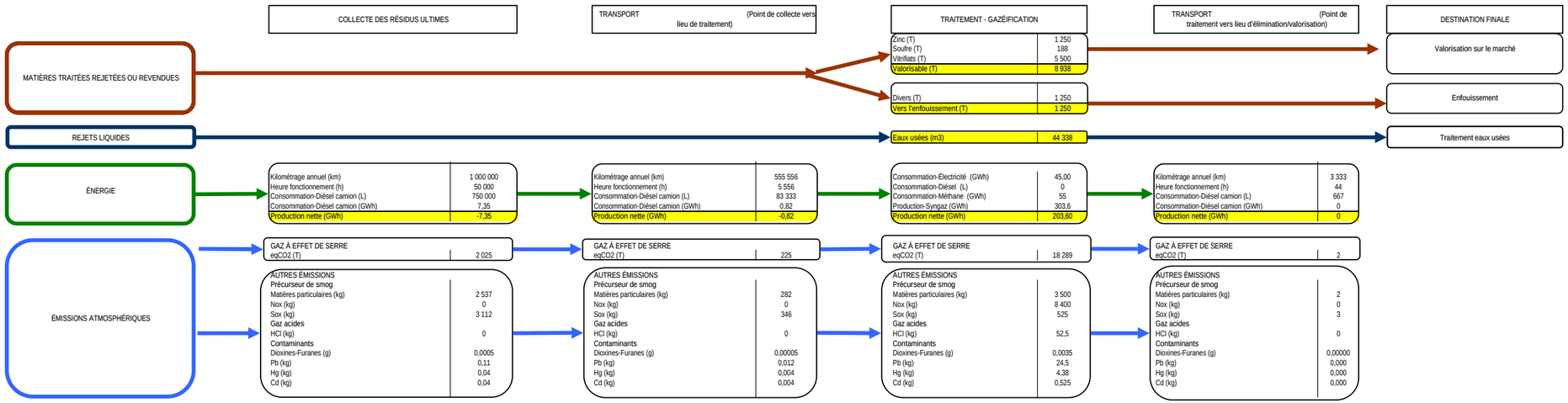
Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	36 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 000
Rejets liquides (m3)	1 880
Bilan énergétique (GWh)	-9,67
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-17 478
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	48 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	39 625
Rejets liquides (m3)	41 924
Bilan énergétique (GWh)	66,04
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	13 218
Autres émissions (% moyenne)	269%

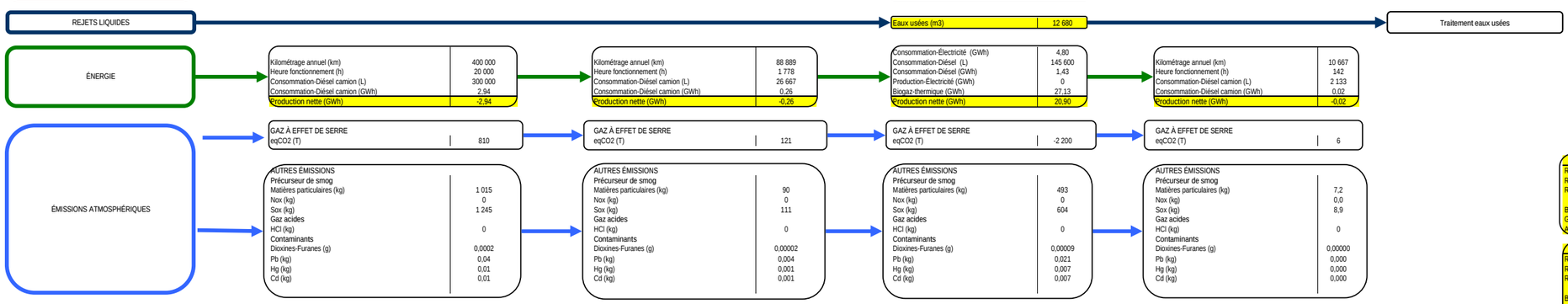
Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 400 000 personnes

SCÉNARIO 13
TRAITEMENT : Gazéification et Digestion anaérobie

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



3e voie - Gestion des résidus organiques



Sommaire traitement MO	
Rejets valorisables (T)	12 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 000
Rejets liquides (m3)	12 680
Bilan énergétique (GWh)	17,68
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-1 263
Autres émissions (% moyenne)	cf. RU

Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	8 938
Rejets vers l'enfouissement (T)	1 250
Rejets liquides (m3)	44 338
Bilan énergétique (GWh)	195,43
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	20 541
Autres émissions (% moyenne)	132%

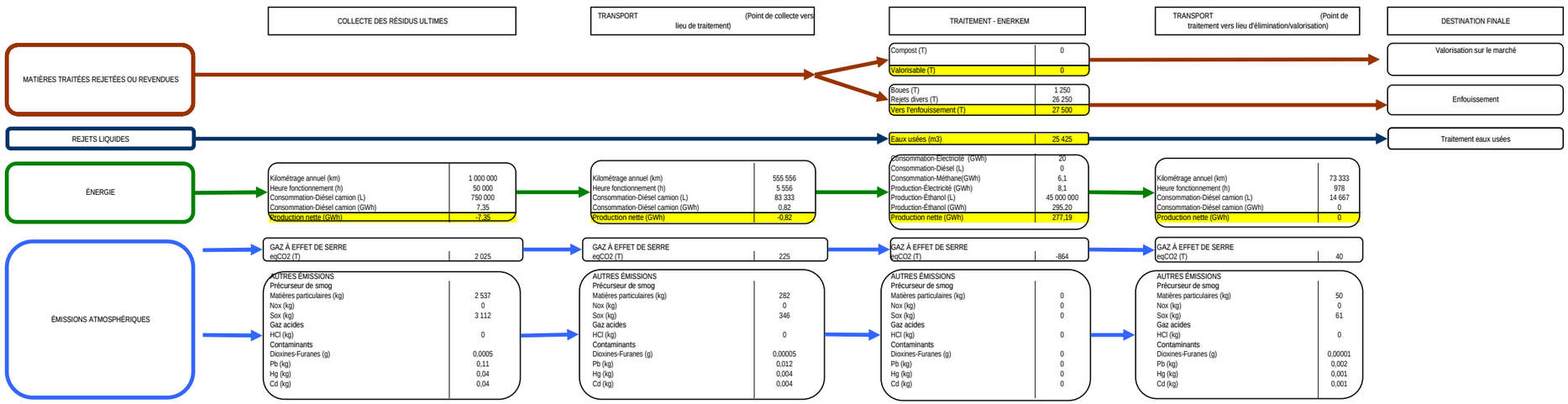
Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	36 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 000
Rejets liquides (m3)	1 880
Bilan énergétique (GWh)	-9,67
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-17 478
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	56 938
Rejets vers l'enfouissement (T)	9 250
Rejets liquides (m3)	58 898
Bilan énergétique (GWh)	203,44
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	1 800
Autres émissions (% moyenne)	132%

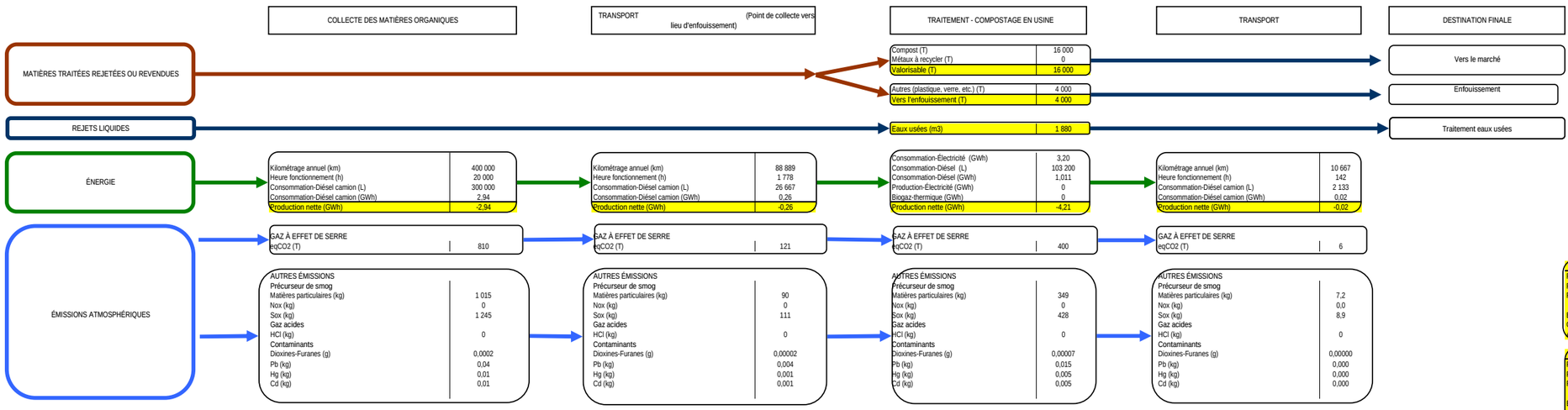
Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 400 000 personnes

SCÉNARIO 14
TRAITEMENT : Enerkem et compostage en usine

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



3e voie - Gestion des résidus organiques



Sommaire traitement MO	
Rejets valorisables (T)	16 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 000
Rejets liquides (m3)	1 880
Bilan énergétique (GWh)	-7,43
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	1 337
Autres émissions (% moyenne)	cf. RU

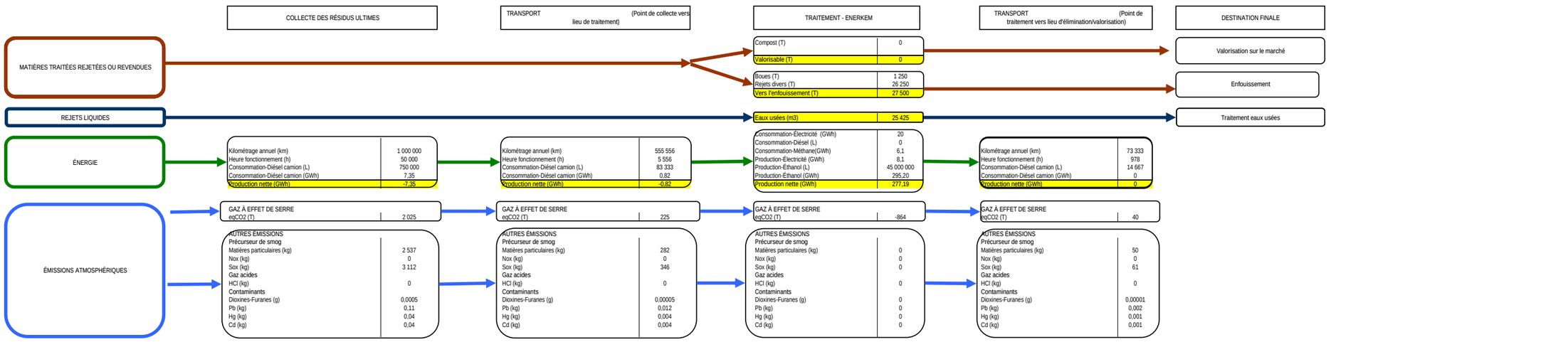
Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	0
Rejets vers l'enfouissement (T)	27 500
Rejets liquides (m3)	25 425
Bilan énergétique (GWh)	268,88
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	1 426
Autres émissions (% moyenne)	22%

Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	36 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 000
Rejets liquides (m3)	1 880
Bilan énergétique (GWh)	-9,67
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-17 478
Autres émissions	na

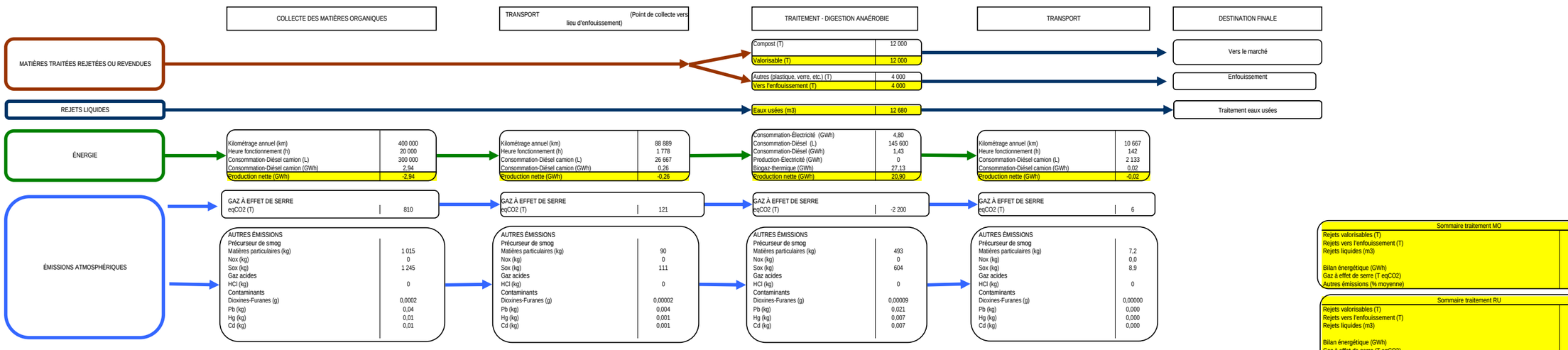
Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	52 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	35 500
Rejets liquides (m3)	29 185
Bilan énergétique (GWh)	251,78
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-14 715
Autres émissions (% moyenne)	22%

SCÉNARIO 15
TRAITEMENT : Enerkem et Digestion anaérobie

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



3e voie - Gestion des résidus organiques



Sommaire traitement MO	
Rejets valorisables (T)	12 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 000
Rejets liquides (m3)	12 680
Bilan énergétique (GWh)	17,68
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-1 263
Autres émissions (% moyenne)	cf. RU

Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	0
Rejets vers l'enfouissement (T)	27 500
Rejets liquides (m3)	25 425
Bilan énergétique (GWh)	268,88
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	1 426
Autres émissions (% moyenne)	23%

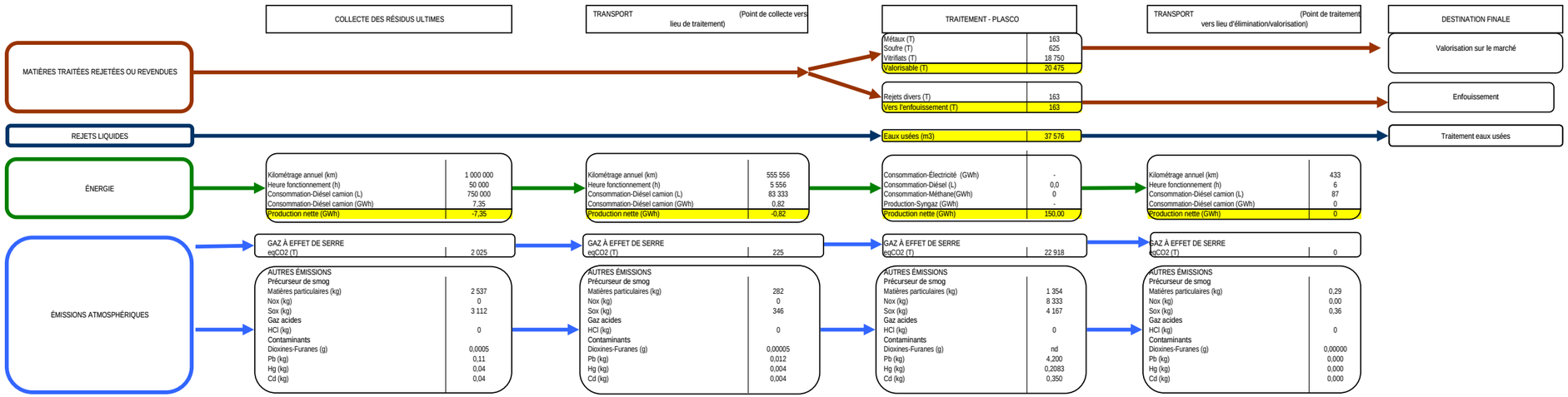
Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	36 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 000
Rejets liquides (m3)	1 880
Bilan énergétique (GWh)	-9,67
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-17 478
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	48 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	35 500
Rejets liquides (m3)	39 985
Bilan énergétique (GWh)	276,89
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-17 315
Autres émissions (% moyenne)	23%

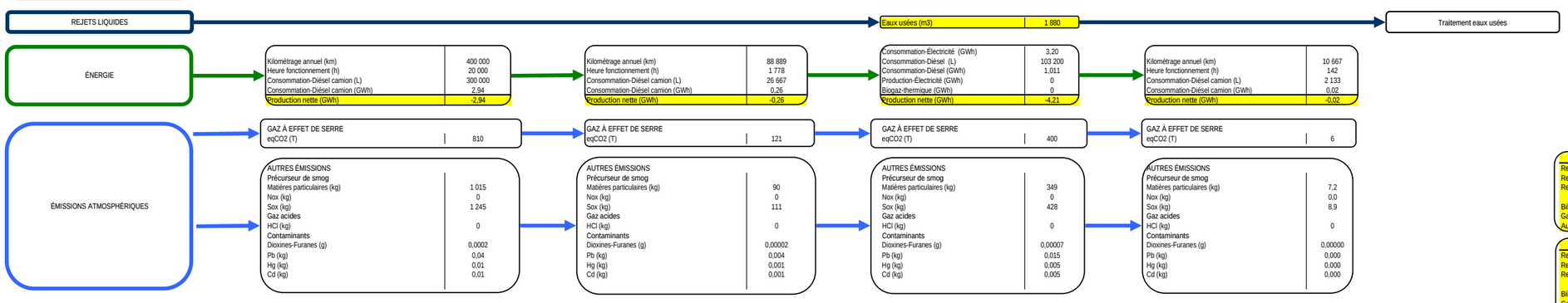
Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 400 000 personnes

SCÉNARIO 16
TRAITEMENT : Plasco et compostage en usine

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



3e voie - Gestion des résidus organiques



Sommaire traitement MO	
Rejets valorisables (T)	16 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 000
Rejets liquides (m3)	1 880
Bilan énergétique (GWh)	-7,43
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	1 337
Autres émissions (% moyenne)	cf. RU

Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	20 475
Rejets vers l'enfouissement (T)	163
Rejets liquides (m3)	37 576
Bilan énergétique (GWh)	141,83
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	25 168
Autres émissions (% moyenne)	59%

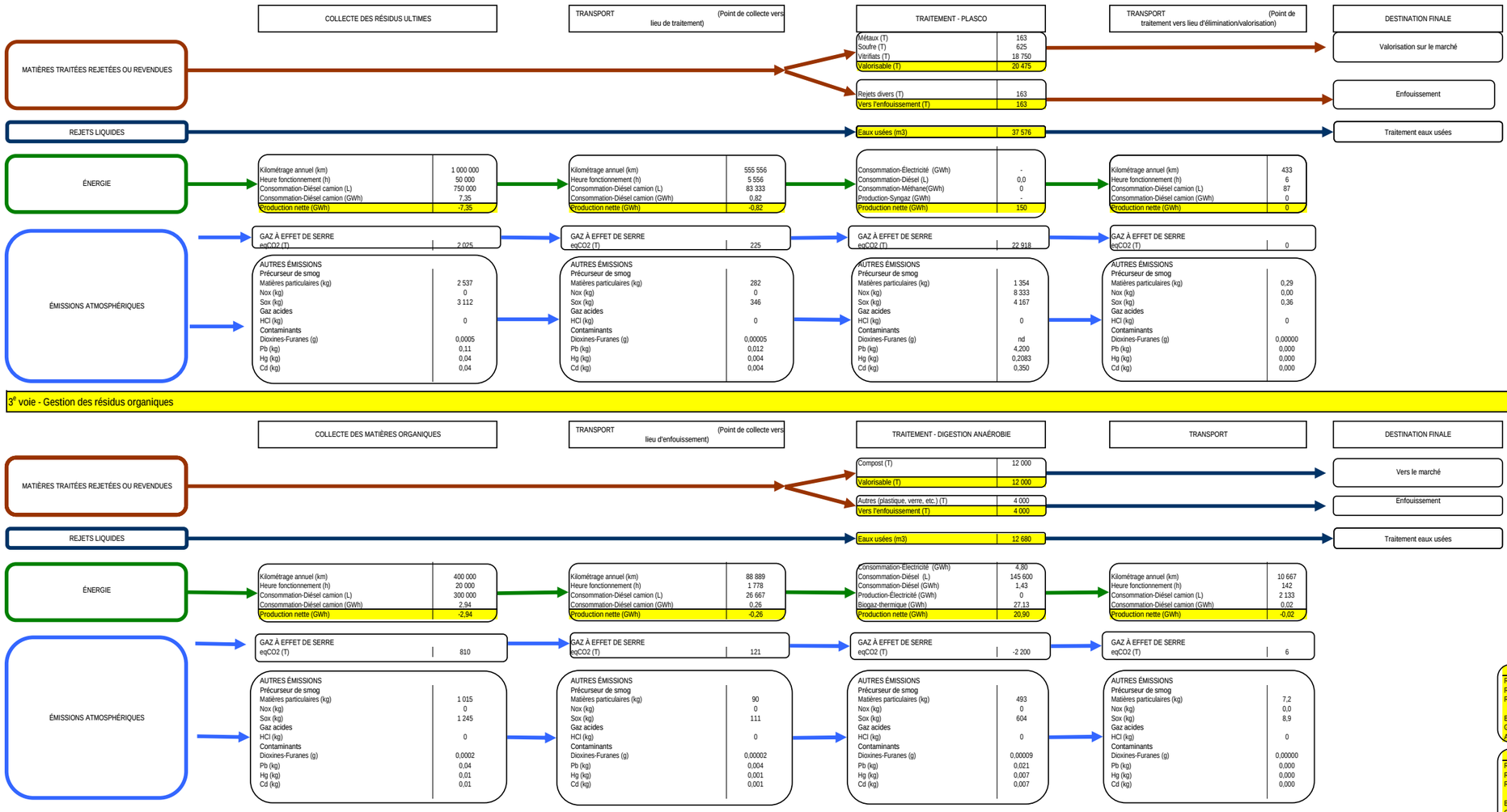
Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	36 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 000
Rejets liquides (m3)	1 880
Bilan énergétique (GWh)	-9,67
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-17 478
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	72 475
Rejets vers l'enfouissement (T)	8 163
Rejets liquides (m3)	41 336
Bilan énergétique (GWh)	124,73
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	9 027
Autres émissions (% moyenne)	59%

Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 400 000 personnes

SCÉNARIO 17
TRAITEMENT : Plasco et Digestion anaérobie

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



3e voie - Gestion des résidus organiques

Sommaire traitement MO	
Rejets valorisables (T)	12 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 000
Rejets liquides (m3)	12 680
Bilan énergétique (GWh)	17,68
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-1 263
Autres émissions (% moyenne)	cf. RU

Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	20 475
Rejets vers l'enfouissement (T)	163
Rejets liquides (m3)	37 576
Bilan énergétique (GWh)	141,83
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	25 168
Autres émissions (% moyenne)	60%

Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	36 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 000
Rejets liquides (m3)	1 880
Bilan énergétique (GWh)	-9,67
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-17 478
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	68 475
Rejets vers l'enfouissement (T)	8 163
Rejets liquides (m3)	52 136
Bilan énergétique (GWh)	149,85
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	6 427
Autres émissions (% moyenne)	60%

DESSAU

Annexe 4-2 Bilans environnementaux – population de 200 000 personnes (18 pages)

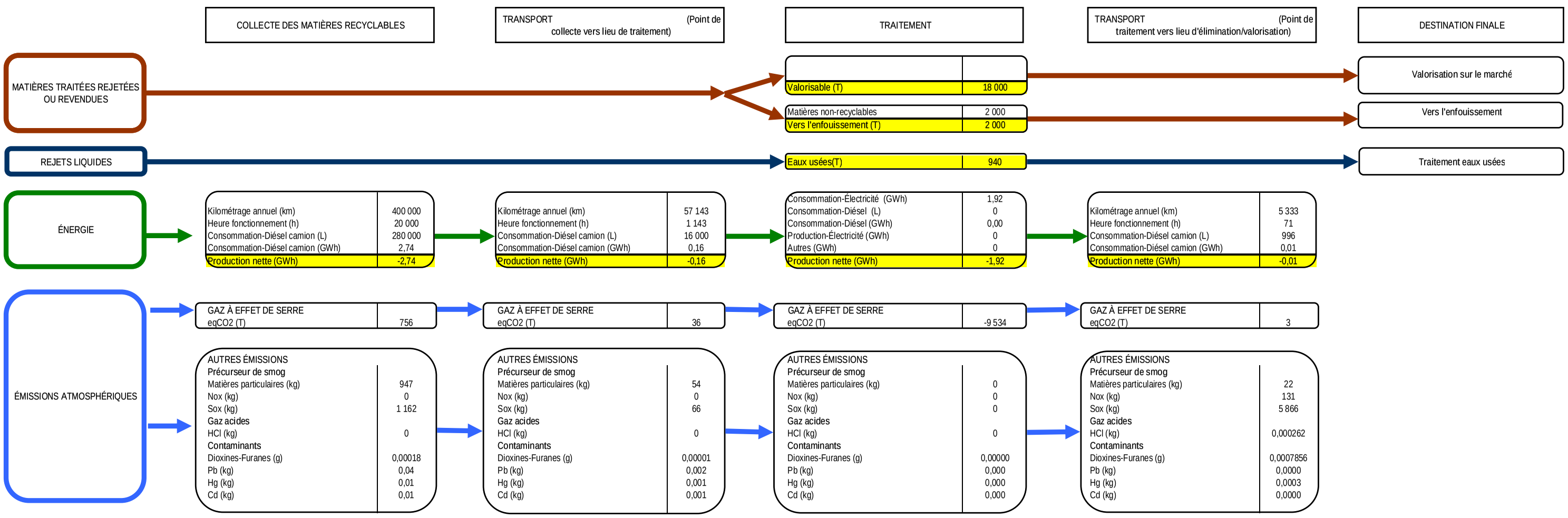
DESSAU

Modélisation environnementale de la collecte des matières recyclables -population de 200 000 personnes (1 page)

Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 200 000 personnes

SCÉNARIO Collecte des matières recyclables
TYPE DE COLLECTE Utilisée dans tous les scénarios

2e voie - Gestion des matières recyclables



Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	18 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 000
Rejets liquides (T)	940
Bilan énergétique (GWh)	-4,83
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-8 739
Autres émissions	na

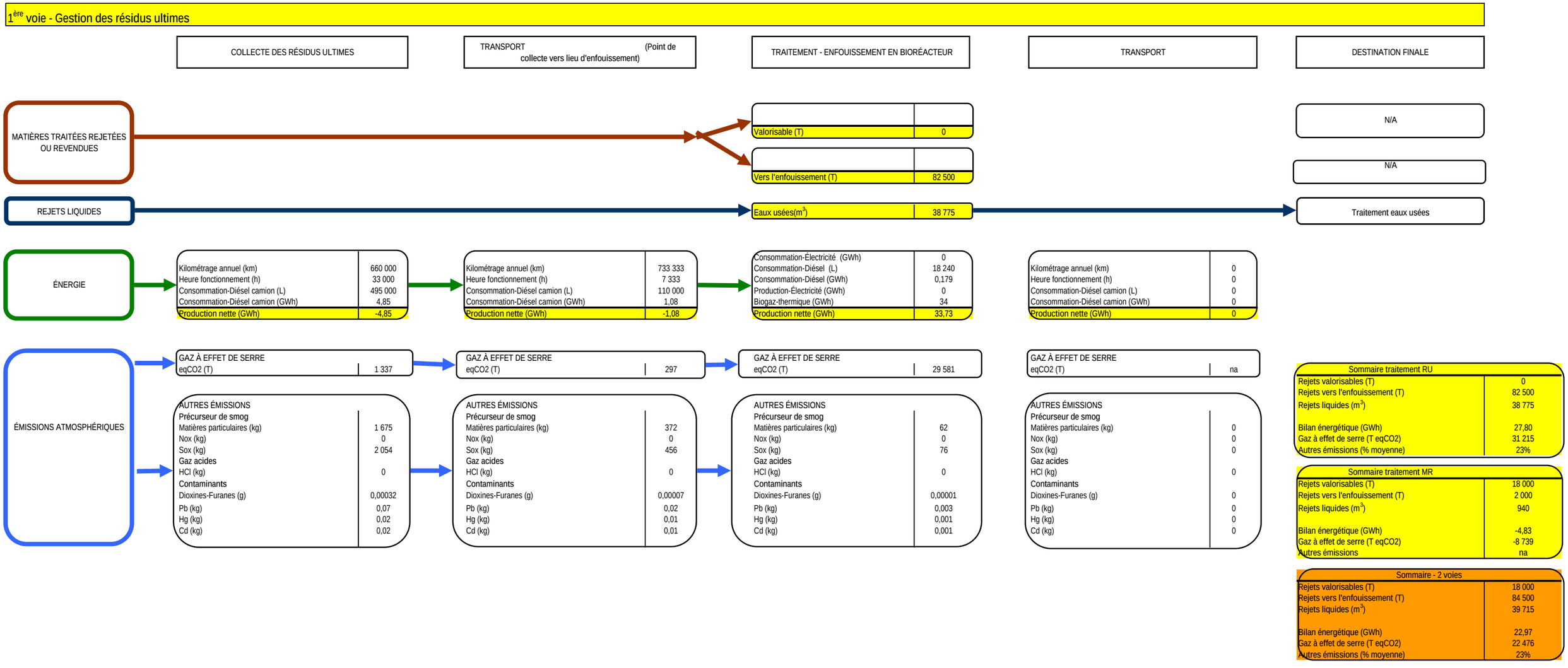
DESSAU

Modélisation environnementale des scénarios - population de 200 000 personnes (17 pages)

Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 200 000 personnes

SCÉNARIO 1 - SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE
TRAITEMENT Enfouissement en bioréacteur

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	0
Rejets vers l'enfouissement (T)	82 500
Rejets liquides (m^3)	38 775
Bilan énergétique (GWh)	27,80
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	31 215
Autres émissions (% moyenne)	23%

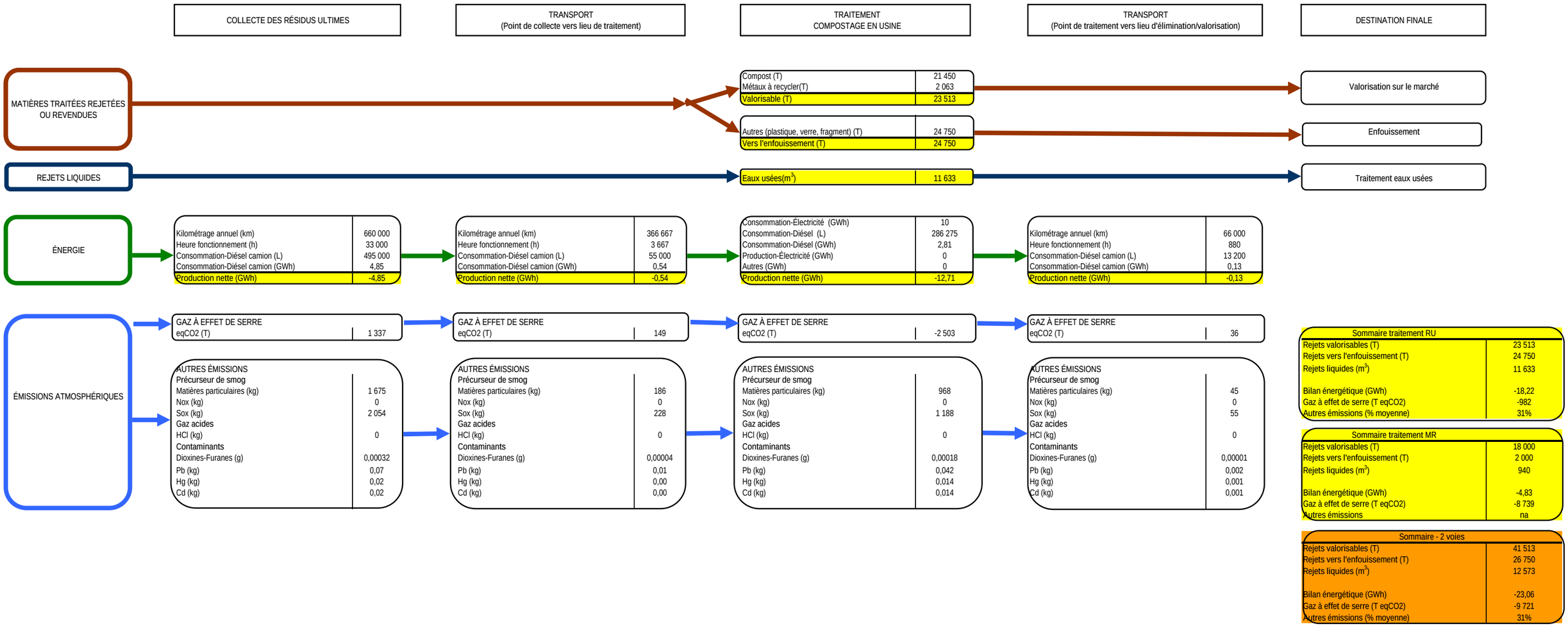
Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	18 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 000
Rejets liquides (m^3)	940
Bilan énergétique (GWh)	-4,83
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-8 739
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	18 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	84 500
Rejets liquides (m^3)	39 715
Bilan énergétique (GWh)	22,97
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	22 476
Autres émissions (% moyenne)	23%

Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 200 000 personnes

SCÉNARIO 2
TRAITEMENT Compostage en usine

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	23 513
Rejets vers l'enfouissement (T)	24 750
Rejets liquides (m^3)	11 633
Bilan énergétique (GWh)	-18,22
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-982
Autres émissions (% moyenne)	31%

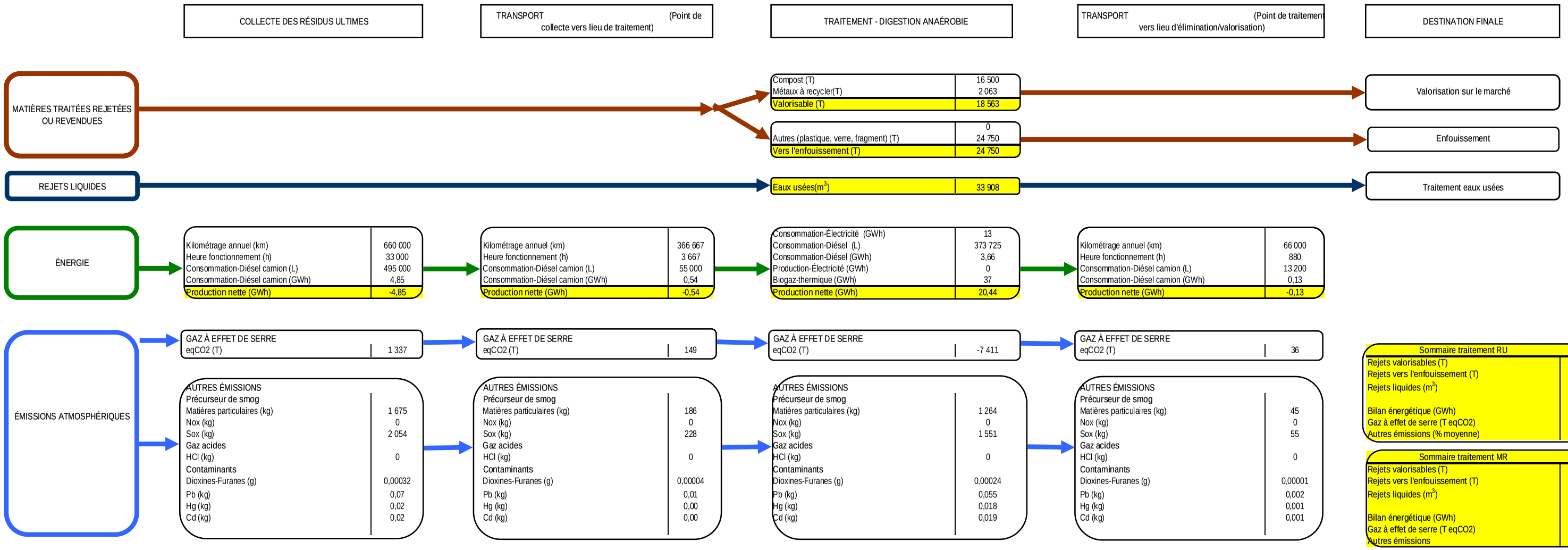
Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	18 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 000
Rejets liquides (m^3)	940
Bilan énergétique (GWh)	-4,83
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-8 739
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	41 513
Rejets vers l'enfouissement (T)	26 750
Rejets liquides (m^3)	12 573
Bilan énergétique (GWh)	-23,06
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-9 721
Autres émissions (% moyenne)	31%

Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 200 000 personnes

SCÉNARIO 3
TRAITEMENT Digestion anaérobie

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



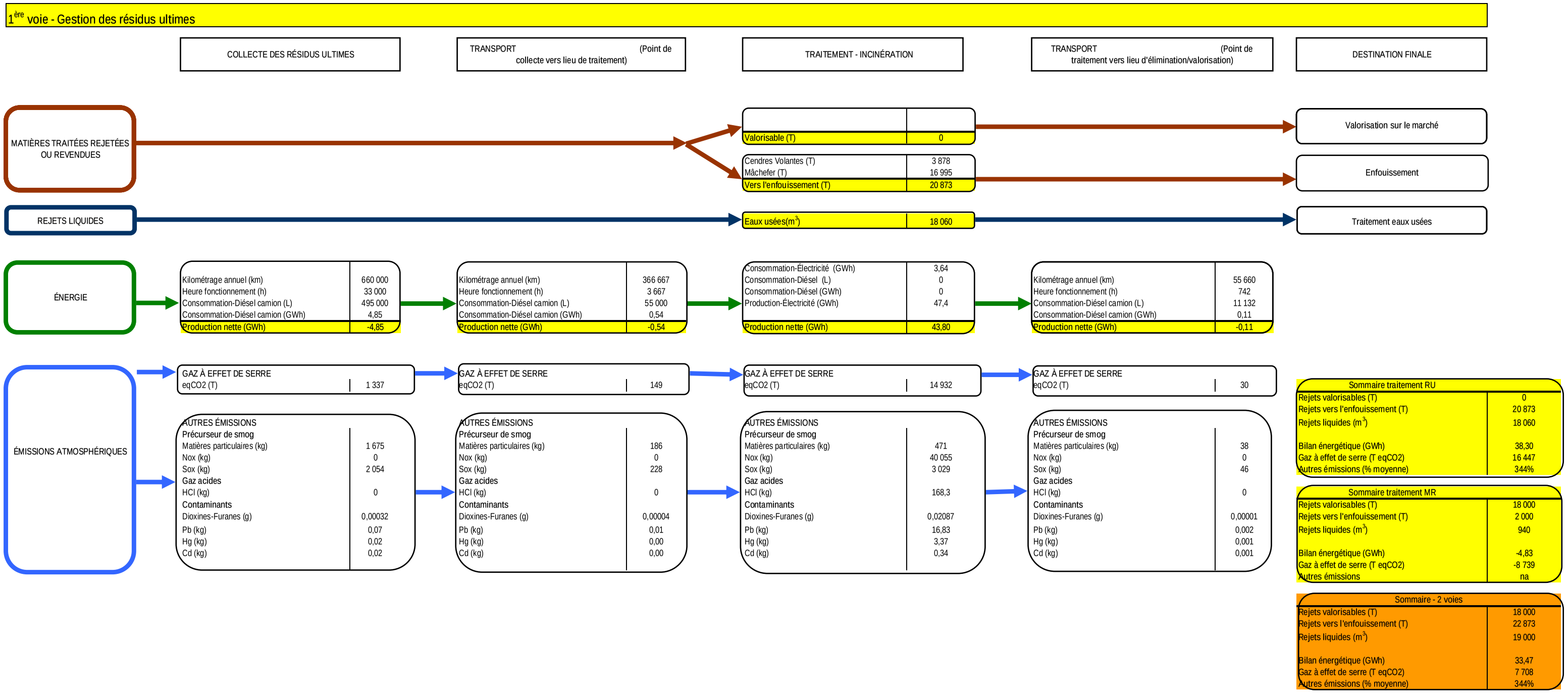
Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	18 563
Rejets vers l'enfouissement (T)	24 750
Rejets liquides (m³)	33 908
Bilan énergétique (GWh)	14,92
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-5 890
Autres émissions (% moyenne)	34%

Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	18 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 000
Rejets liquides (m³)	940
Bilan énergétique (GWh)	-4,83
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-8 739
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	36 563
Rejets vers l'enfouissement (T)	26 750
Rejets liquides (m³)	34 848
Bilan énergétique (GWh)	10,09
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-14 629
Autres émissions (% moyenne)	34%

Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 200 000 personnes

SCÉNARIO 4
TRAITEMENT Incinération



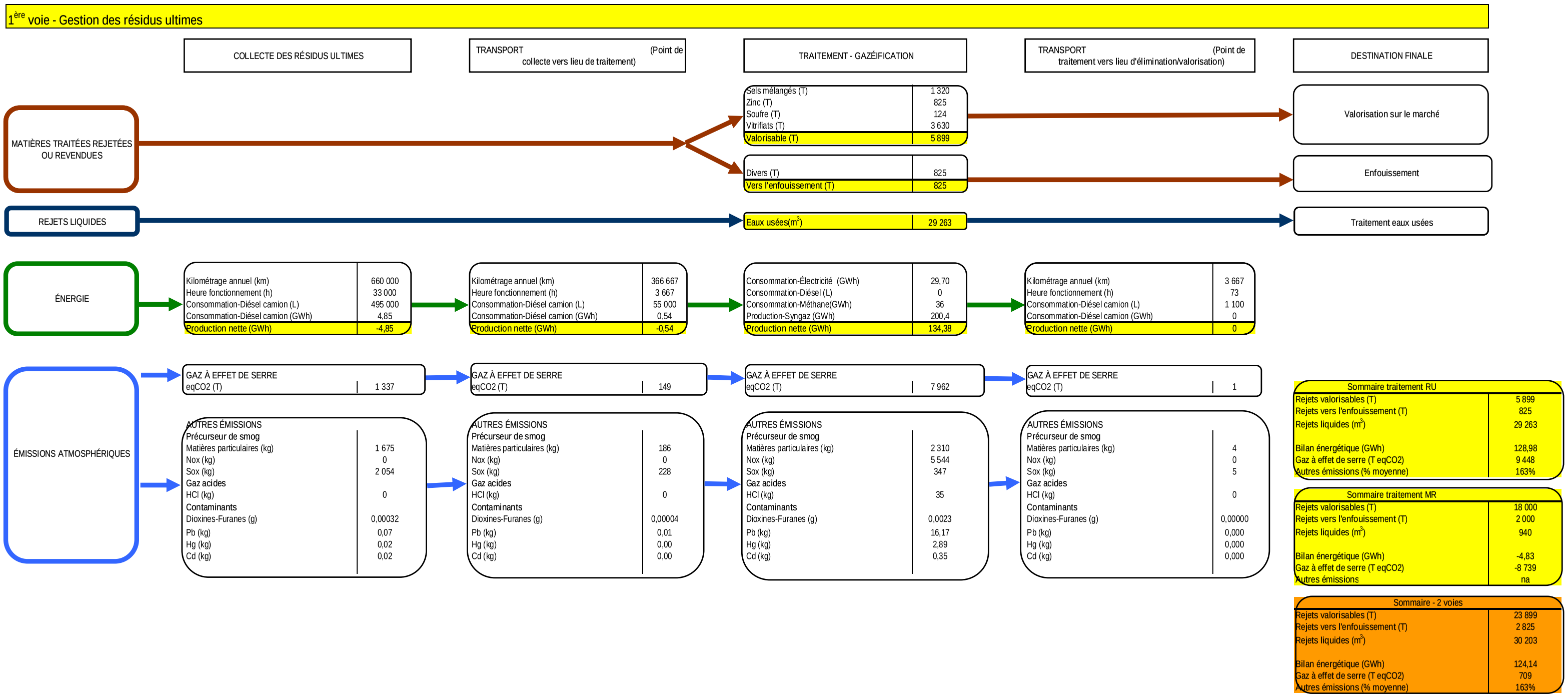
Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	0
Rejets vers l'enfouissement (T)	20 873
Rejets liquides (m^3)	18 060
Bilan énergétique (GWh)	38,30
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	16 447
Autres émissions (% moyenne)	344%

Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	18 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 000
Rejets liquides (m^3)	940
Bilan énergétique (GWh)	-4,83
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-8 739
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	18 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	22 873
Rejets liquides (m^3)	19 000
Bilan énergétique (GWh)	33,47
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	7 708
Autres émissions (% moyenne)	344%

Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 200 000 personnes

SCÉNARIO 5
TRAITEMENT Gazéification



Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	5 899
Rejets vers l'enfouissement (T)	825
Rejets liquides (m^3)	29 263
Bilan énergétique (GWh)	128,98
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	9 448
Autres émissions (% moyenne)	163%

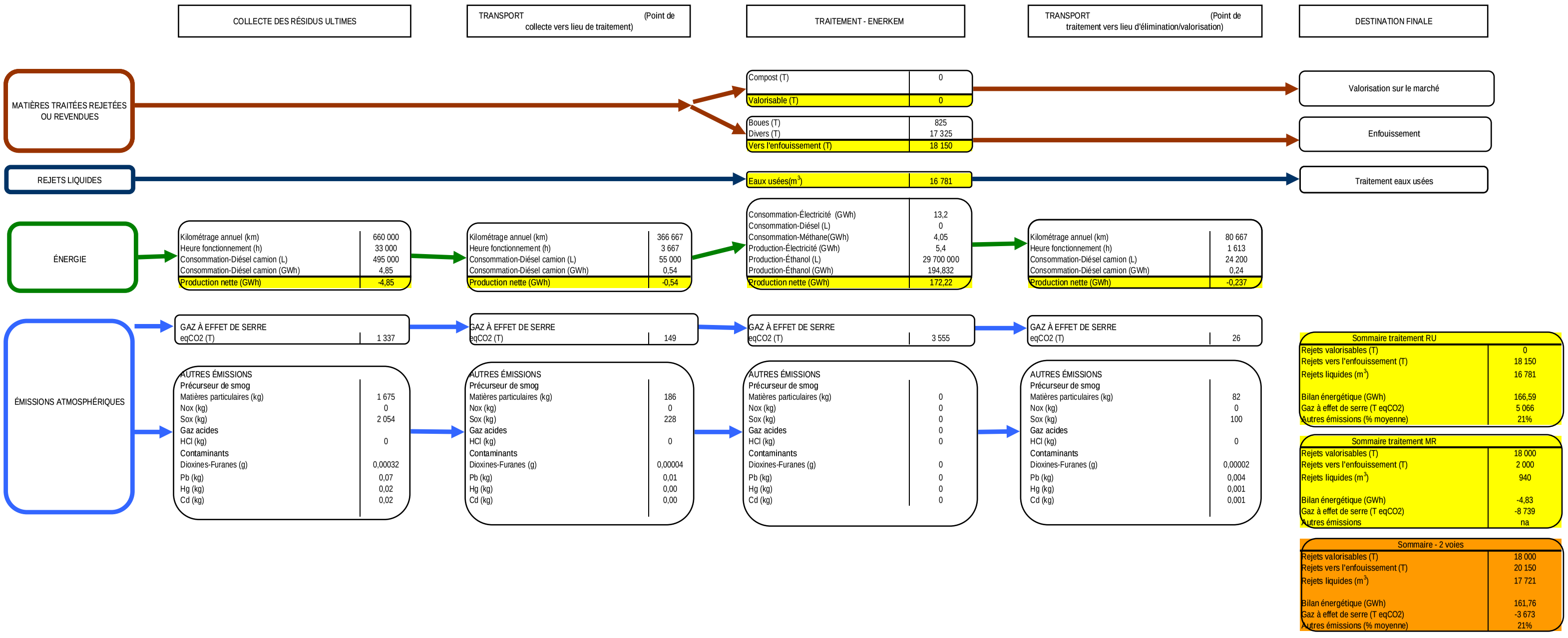
Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	18 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 000
Rejets liquides (m^3)	940
Bilan énergétique (GWh)	-4,83
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-8 739
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	23 899
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 825
Rejets liquides (m^3)	30 203
Bilan énergétique (GWh)	124,14
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	709
Autres émissions (% moyenne)	163%

Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 200 000 personnes

SCÉNARIO 6
TRAITEMENT Gazéification Enerkem

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	0
Rejets vers l'enfouissement (T)	18 150
Rejets liquides (m³)	16 781
Bilan énergétique (GWh)	166,59
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	5 066
Autres émissions (% moyenne)	21%

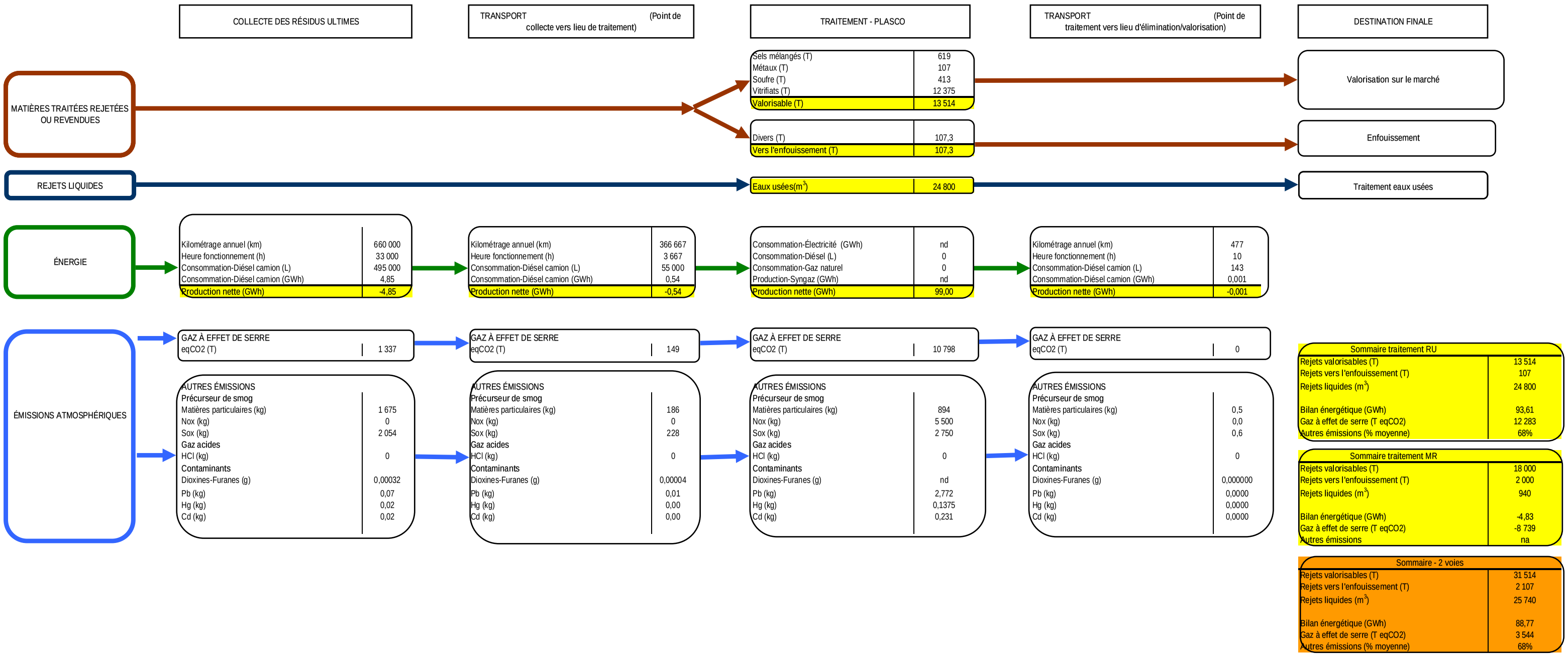
Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	18 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 000
Rejets liquides (m³)	940
Bilan énergétique (GWh)	-4,83
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-8 739
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	18 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	20 150
Rejets liquides (m³)	17 721
Bilan énergétique (GWh)	161,76
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-3 673
Autres émissions (% moyenne)	21%

Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 200 000 personnes

SCÉNARIO 7
TRAITEMENT Gazéification Plasco

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	13 514
Rejets vers l'enfouissement (T)	107
Rejets liquides (m³)	24 800
Bilan énergétique (GWh)	93,61
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	12 283
Autres émissions (% moyenne)	68%

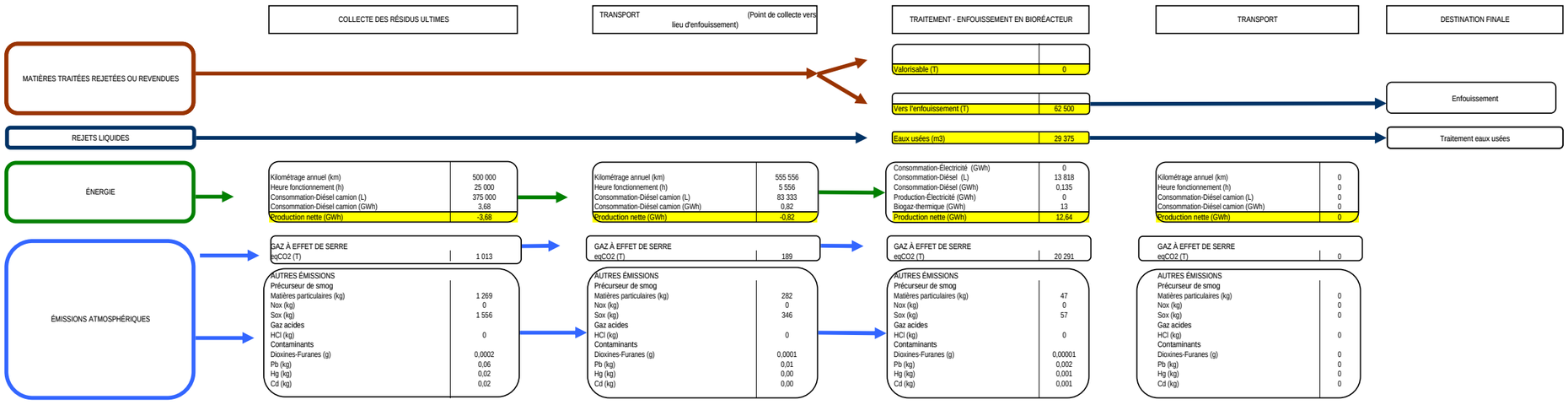
Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	18 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 000
Rejets liquides (m³)	940
Bilan énergétique (GWh)	-4,83
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-8 739
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	31 514
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 107
Rejets liquides (m³)	25 740
Bilan énergétique (GWh)	88,77
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	3 544
Autres émissions (% moyenne)	68%

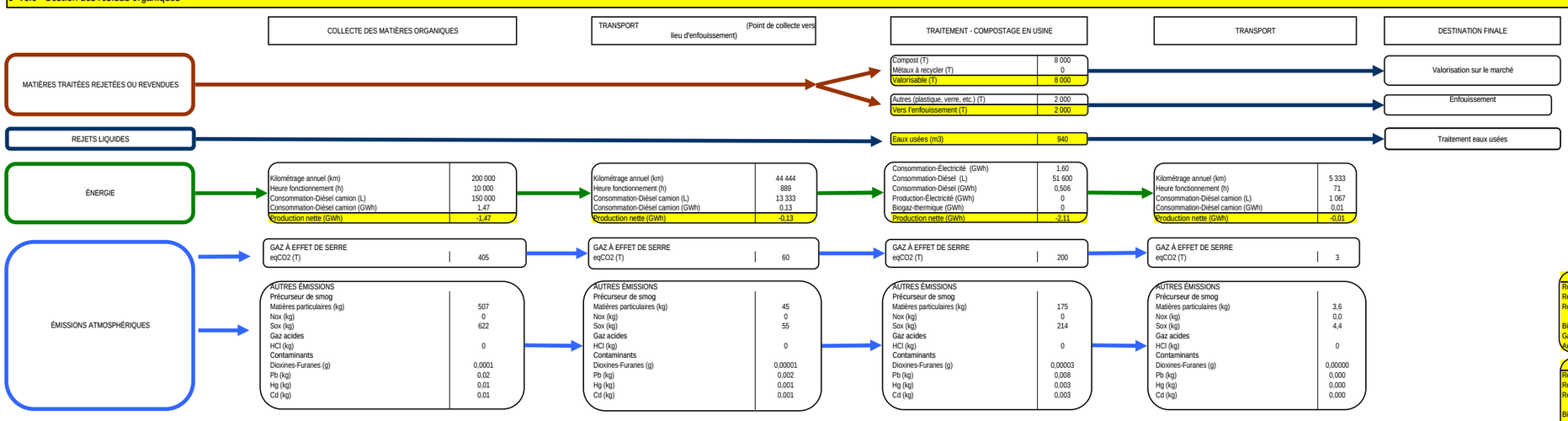
Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 200 000 personnes

SCÉNARIO 8
TRAITEMENT : Enfouissement en bioréacteur et compostage en usine

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



3e voie - Gestion des résidus organiques



Sommaire traitement MO	
Rejets valorisables (T)	8 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 000
Rejets liquides (m3)	940
Bilan énergétique (GWh)	-3,72
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	668
Autres émissions (% moyenne)	cf. RU

Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	0
Rejets vers l'enfouissement (T)	62 500
Rejets liquides (m3)	29 375
Bilan énergétique (GWh)	8,15
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	21 493
Autres émissions (% moyenne)	25%

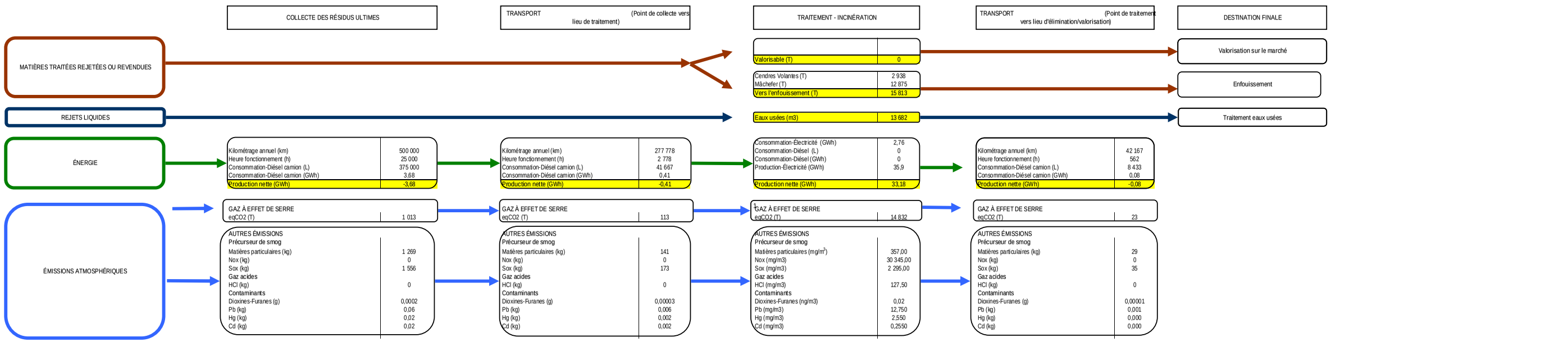
Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	18 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 000
Rejets liquides (m3)	940
Bilan énergétique (GWh)	-4,83
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-8 739
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	26 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	66 500
Rejets liquides (m3)	31 255
Bilan énergétique (GWh)	-0,41
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	13 422
Autres émissions (% moyenne)	25%

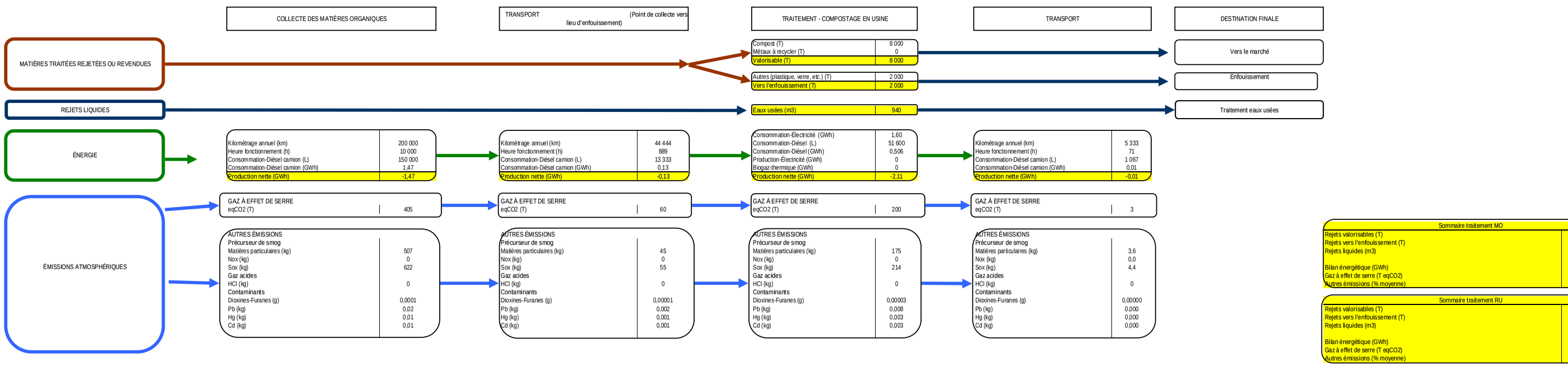
Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 200 000 personnes

SCÉNARIO 9
TRAITEMENT : Incinération et compostage en usine

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



3e voie - Gestion des résidus organiques



Sommaire traitement MO	
Rejets valorisables (T)	8 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 000
Rejets liquides (m3)	940
Bilan énergétique (GWh)	-3,72
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	668
Autres émissions (% moyenne)	cf. RU

Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	0
Rejets vers l'enfouissement (T)	15 813
Rejets liquides (m3)	13 682
Bilan énergétique (GWh)	29,02
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	15 979
Autres émissions (% moyenne)	268%

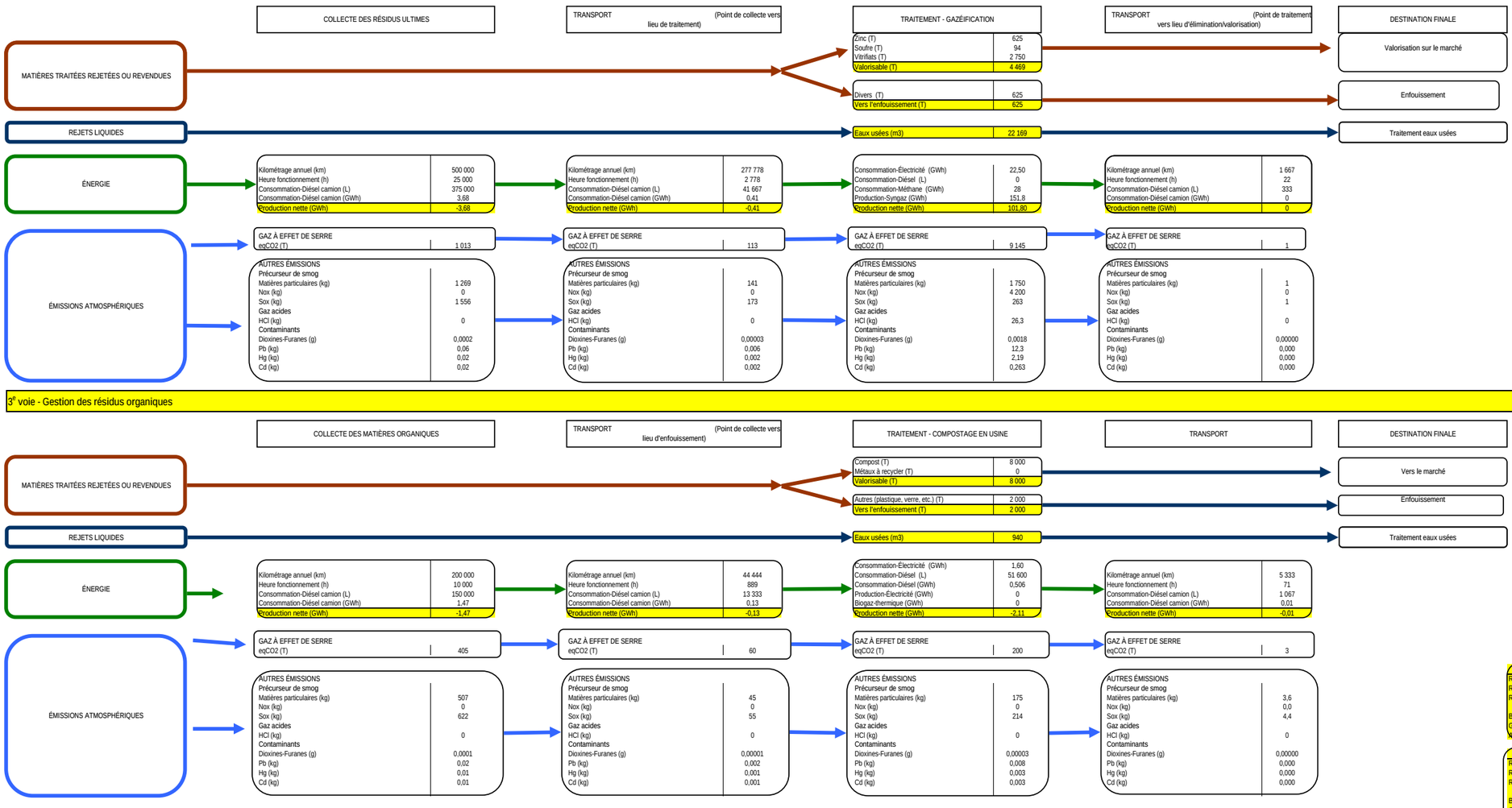
Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	18 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 000
Rejets liquides (m3)	940
Bilan énergétique (GWh)	-4,83
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-8 739
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	26 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	19 813
Rejets liquides (m3)	15 562
Bilan énergétique (GWh)	20,46
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	7 909
Autres émissions (% moyenne)	268%

Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 200 000 personnes

SCÉNARIO 10
TRAITEMENT : Gazéification et compostage en usine

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



3e voie - Gestion des résidus organiques

Sommaire traitement MO	
Rejets valorisables (T)	8 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 000
Rejets liquides (m3)	940
Bilan énergétique (GWh)	-3,72
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	668
Autres émissions (% moyenne)	cf. RU

Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	4 469
Rejets vers l'enfouissement (T)	625
Rejets liquides (m3)	22 169
Bilan énergétique (GWh)	97,71
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	10 271
Autres émissions (% moyenne)	131%

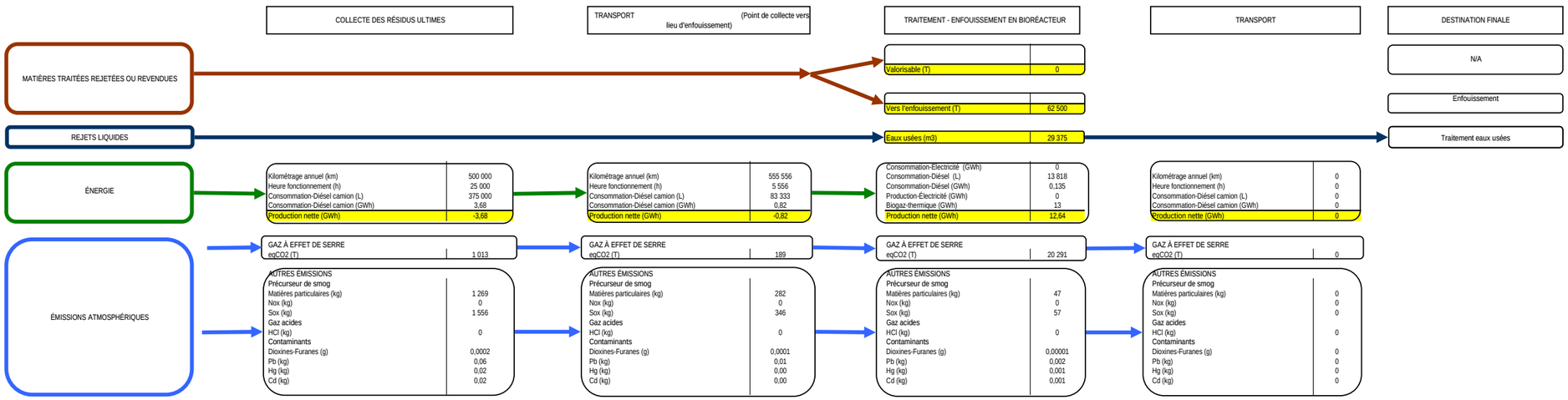
Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	18 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 000
Rejets liquides (m3)	940
Bilan énergétique (GWh)	-4,83
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-8 739
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	30 469
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 625
Rejets liquides (m3)	24 049
Bilan énergétique (GWh)	89,16
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	2 200
Autres émissions (% moyenne)	131%

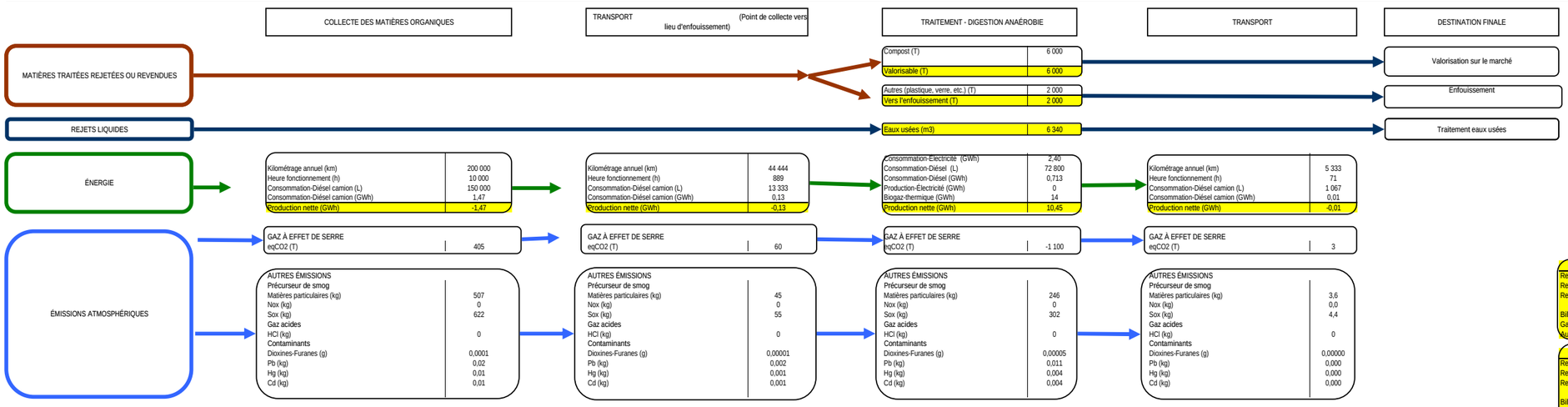
Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 200 000 personnes

SCÉNARIO 11
TRAITEMENT : Enfouissement en bioréacteur et Digestion anaérobie

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



3e voie - Gestion des résidus organiques



Sommaire traitement MO	
Rejets valorisables (T)	6 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 000
Rejets liquides (m3)	6 340
Nox (kg)	0
Bilan énergétique (GWh)	8,84
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-632
Autres émissions (% moyenne)	cf. RU

Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	0
Rejets vers l'enfouissement (T)	62 500
Rejets liquides (m3)	29 375
Bilan énergétique (GWh)	8,15
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	21 493
Autres émissions (% moyenne)	26%

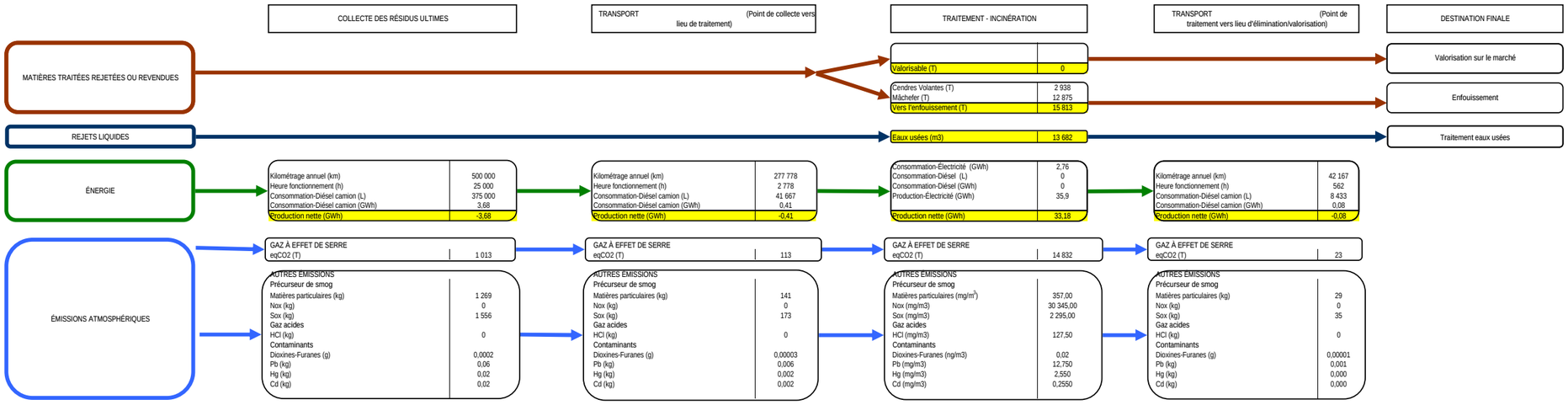
Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	18 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 000
Rejets liquides (m3)	940
Bilan énergétique (GWh)	-4,83
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-8 739
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	24 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	66 500
Rejets liquides (m3)	36 655
Bilan énergétique (GWh)	12,15
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	12 122
Autres émissions (% moyenne)	26%

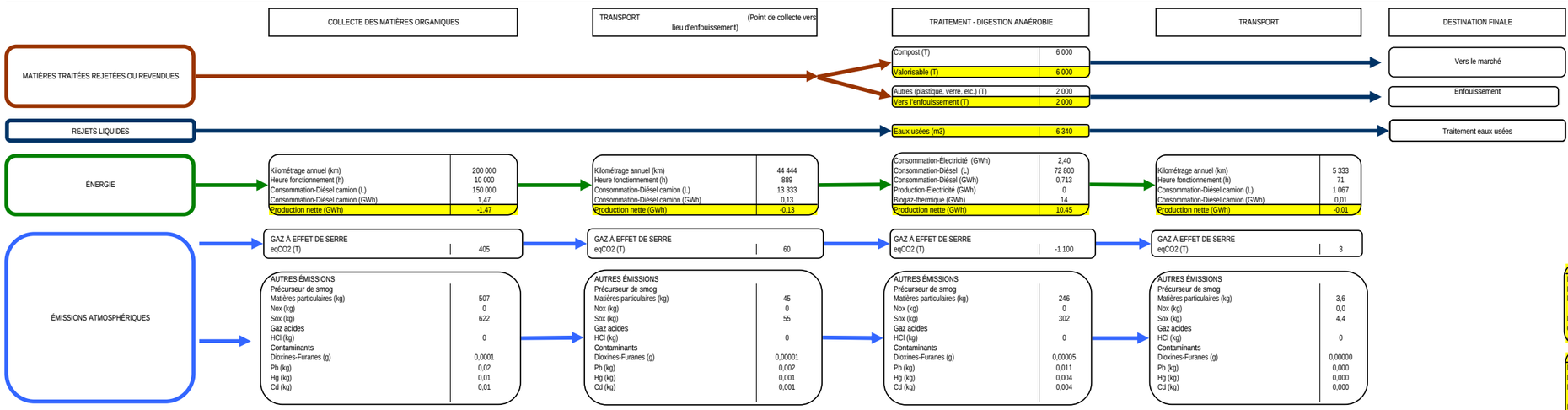
Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 200 000 personnes

SCÉNARIO 12
TRAITEMENT : Incinération et Digestion anaérobie

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



3e voie - Gestion des résidus organiques



Sommaire traitement MO	
Rejets valorisables (T)	6 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 000
Rejets liquides (m3)	6 340
Bilan énergétique (GWh)	8,84
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-632
Autres émissions (% moyenne)	cf. RU

Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	0
Rejets vers l'enfouissement (T)	15 813
Rejets liquides (m3)	13 682
Bilan énergétique (GWh)	29,02
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	15 979
Autres émissions (% moyenne)	269%

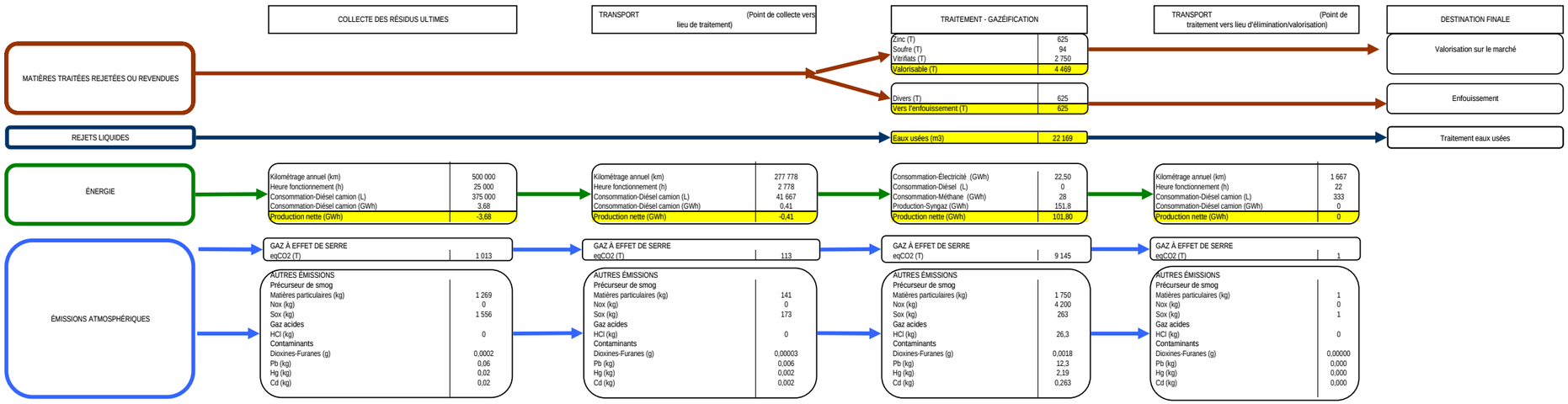
Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	18 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 000
Rejets liquides (m3)	940
Bilan énergétique (GWh)	-4,83
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-8 739
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	24 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	19 813
Rejets liquides (m3)	20 962
Bilan énergétique (GWh)	33,02
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	6 609
Autres émissions (% moyenne)	269%

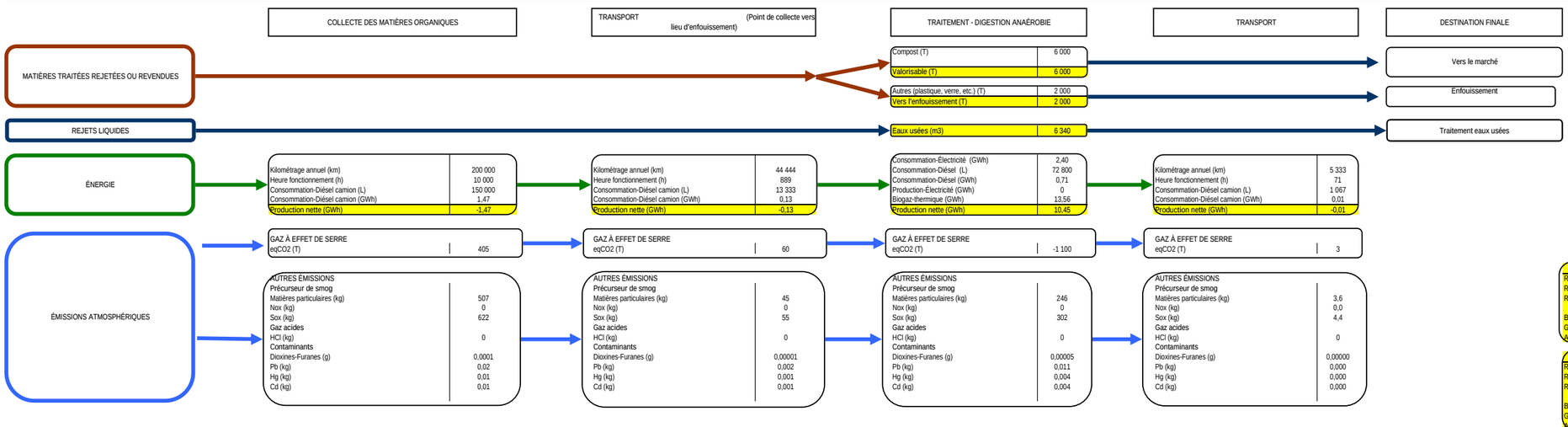
Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 200 000 personnes

SCÉNARIO 13
TRAITEMENT : Gazéification et Digestion anaérobie

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



3e voie - Gestion des résidus organiques



Sommaire traitement MO	
Rejets valorisables (T)	6 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 000
Rejets liquides (m3)	6 340
Bilan énergétique (GWh)	8,84
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-632
Autres émissions (% moyenne)	cf. RU

Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	4 469
Rejets vers l'enfouissement (T)	625
Rejets liquides (m3)	22 169
Bilan énergétique (GWh)	97,71
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	10 271
Autres émissions (% moyenne)	132%

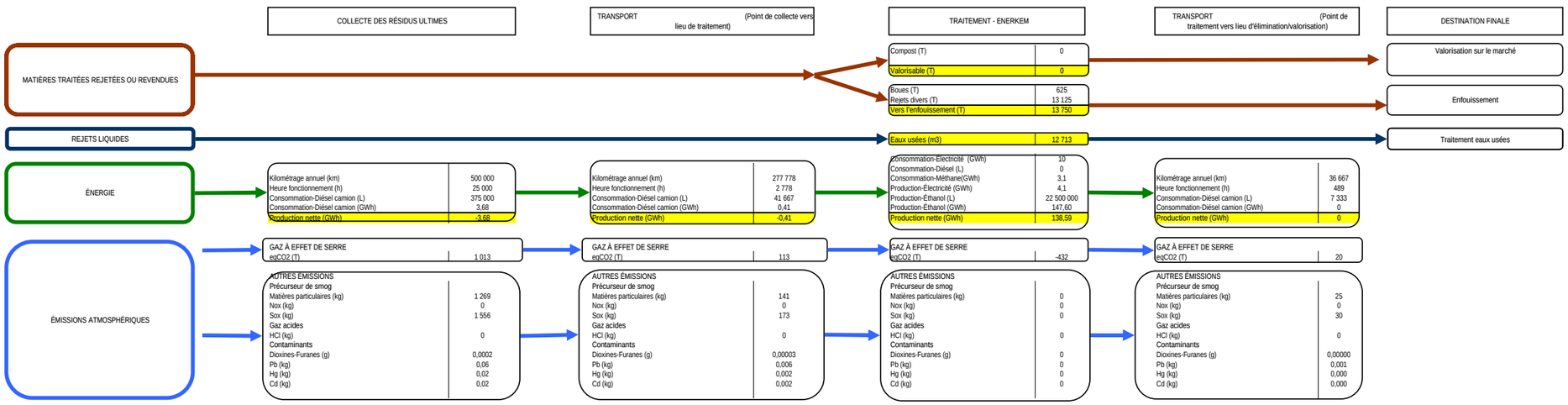
Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	18 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 000
Rejets liquides (m3)	940
Bilan énergétique (GWh)	-4,83
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-8 739
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	28 469
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 625
Rejets liquides (m3)	29 449
Bilan énergétique (GWh)	101,72
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	900
Autres émissions (% moyenne)	132%

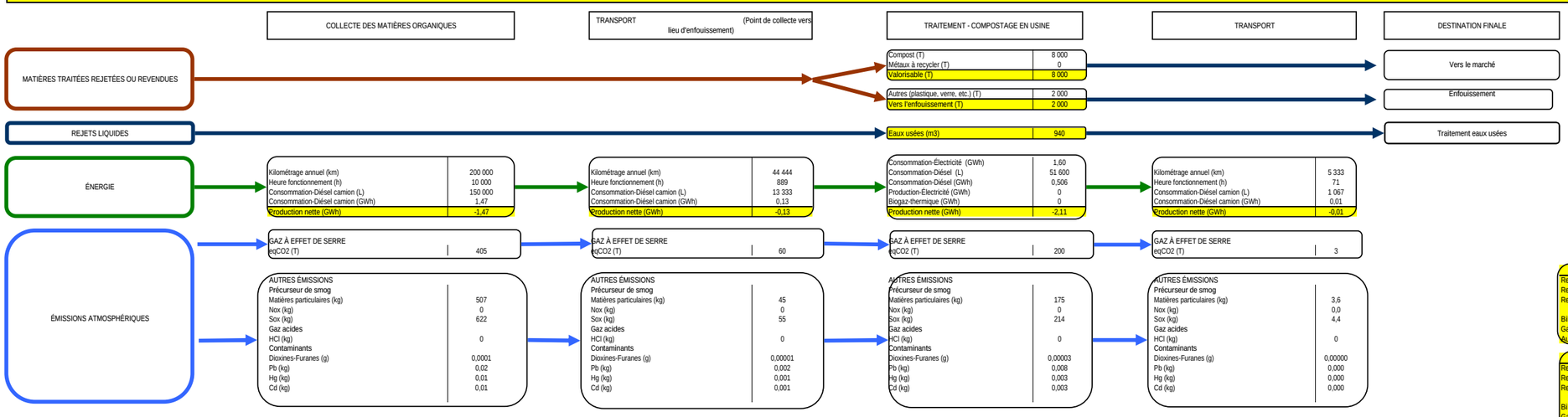
Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 200 000 personnes

SCÉNARIO 14
TRAITEMENT : Enerkem et compostage en usine

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



3e voie - Gestion des résidus organiques



Sommaire traitement MO	
Rejets valorisables (T)	8 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 000
Rejets liquides (m3)	940
Bilan énergétique (GWh)	-3,72
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	668
Autres émissions (% moyenne)	cf. RU

Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	0
Rejets vers l'enfouissement (T)	13 750
Rejets liquides (m3)	12 713
Bilan énergétique (GWh)	134,44
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	713
Autres émissions (% moyenne)	23%

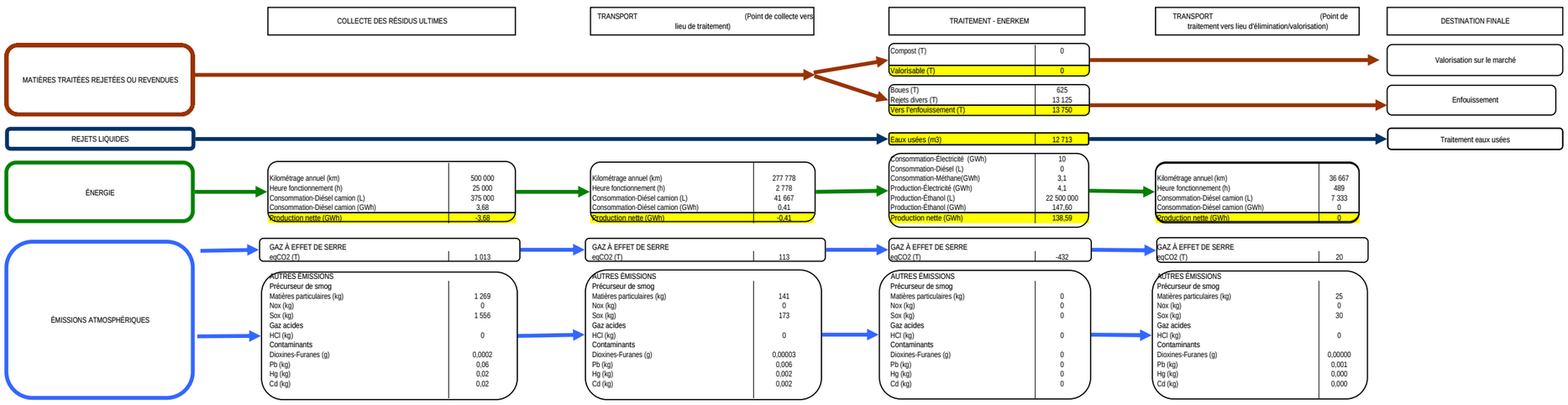
Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	18 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 000
Rejets liquides (m3)	940
Bilan énergétique (GWh)	-4,83
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-8 739
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	26 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	17 750
Rejets liquides (m3)	14 593
Bilan énergétique (GWh)	125,89
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-7 357
Autres émissions (% moyenne)	23%

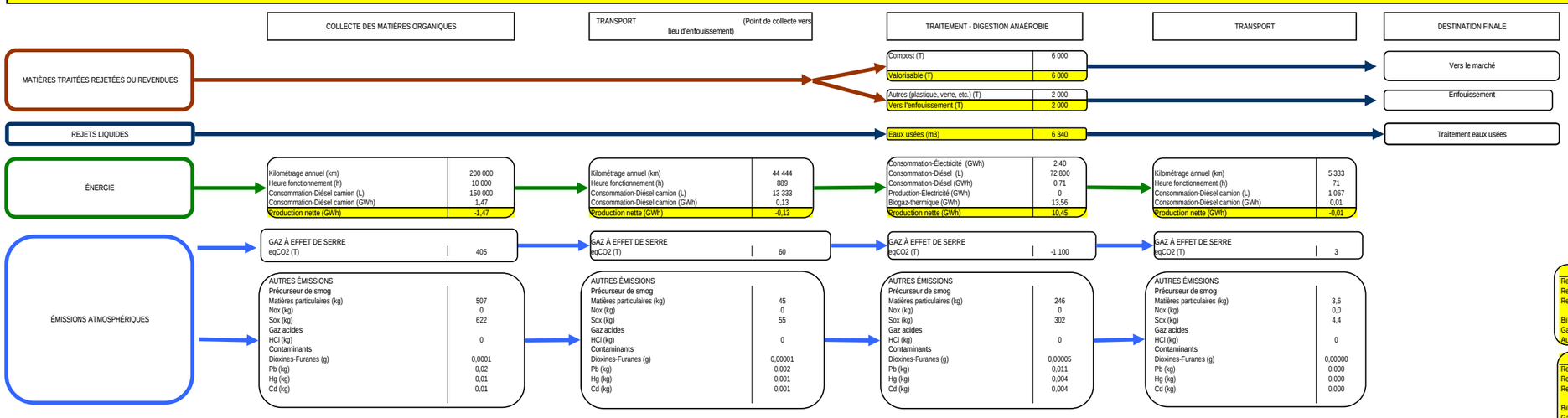
Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 200 000 personnes

SCÉNARIO 15
TRAITEMENT : Enerkem et Digestion anaérobie

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



3e voie - Gestion des résidus organiques



Sommaire traitement MO	
Rejets valorisables (T)	6 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 000
Rejets liquides (m3)	6 340
Bilan énergétique (GWh)	8,84
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-632
Autres émissions (% moyenne)	cf. RU

Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	0
Rejets vers l'enfouissement (T)	13 750
Rejets liquides (m3)	12 713
Bilan énergétique (GWh)	134,44
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	713
Autres émissions (% moyenne)	24%

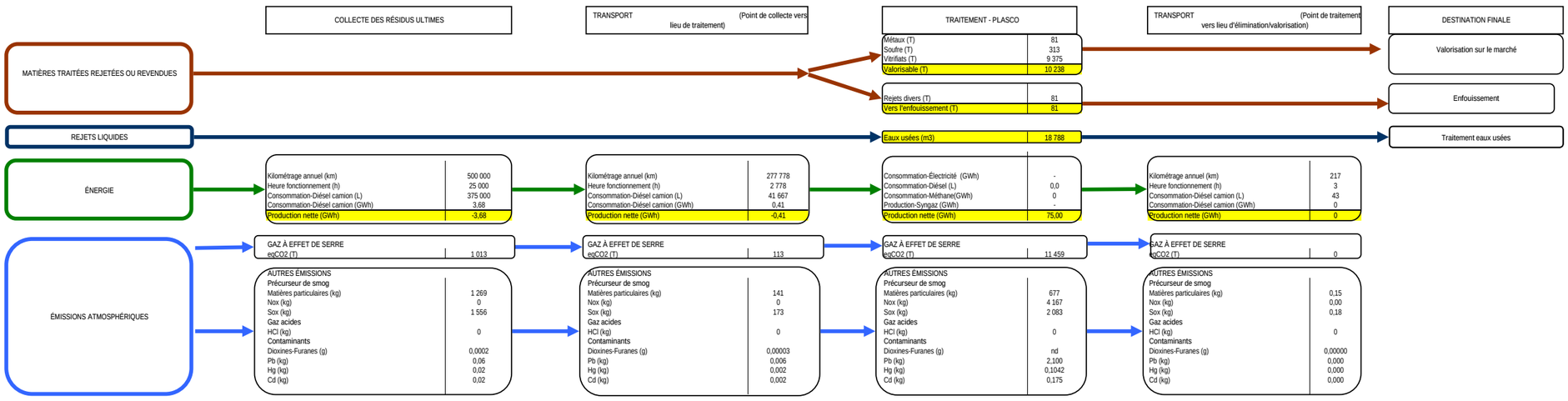
Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	18 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 000
Rejets liquides (m3)	940
Bilan énergétique (GWh)	-4,83
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-8 739
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	24 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	17 750
Rejets liquides (m3)	19 993
Bilan énergétique (GWh)	138,45
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-8 657
Autres émissions (% moyenne)	24%

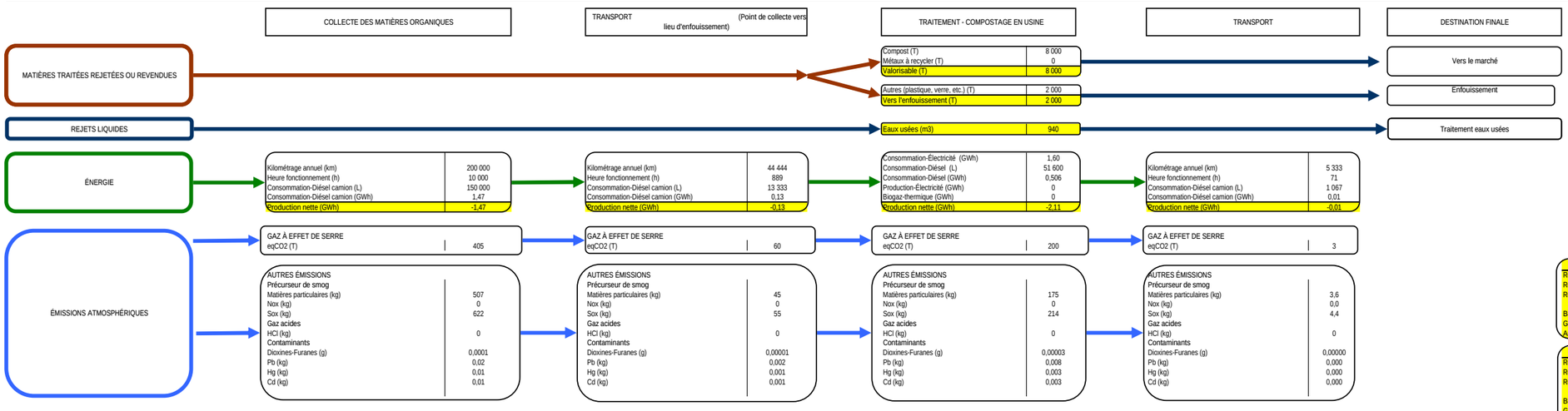
Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 200 000 personnes

SCÉNARIO 16
TRAITEMENT : Plasco et compostage en usine

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



3e voie - Gestion des résidus organiques



Sommaire traitement MO	
Rejets valorisables (T)	8 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 000
Rejets liquides (m3)	940
Bilan énergétique (GWh)	-3,72
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	668
Autres émissions (% moyenne)	cf. RU

Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	10 238
Rejets vers l'enfouissement (T)	81
Rejets liquides (m3)	18 788
Bilan énergétique (GWh)	70,92
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	12 584
Autres émissions (% moyenne)	59%

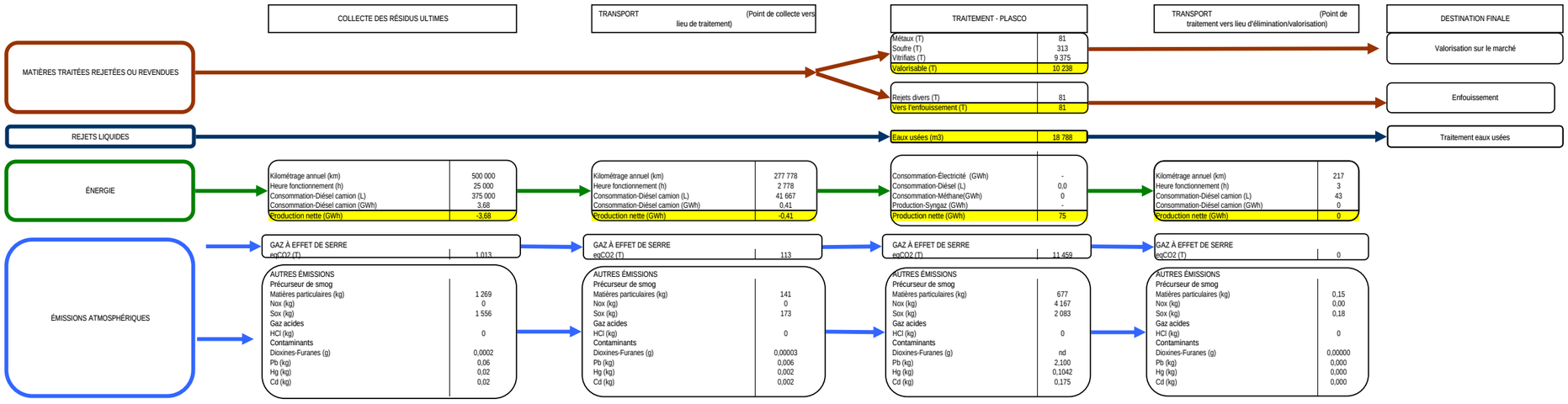
Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	18 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 000
Rejets liquides (m3)	940
Bilan énergétique (GWh)	-4,83
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-8 739
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	36 238
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 081
Rejets liquides (m3)	20 668
Bilan énergétique (GWh)	62,37
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	4 513
Autres émissions (% moyenne)	59%

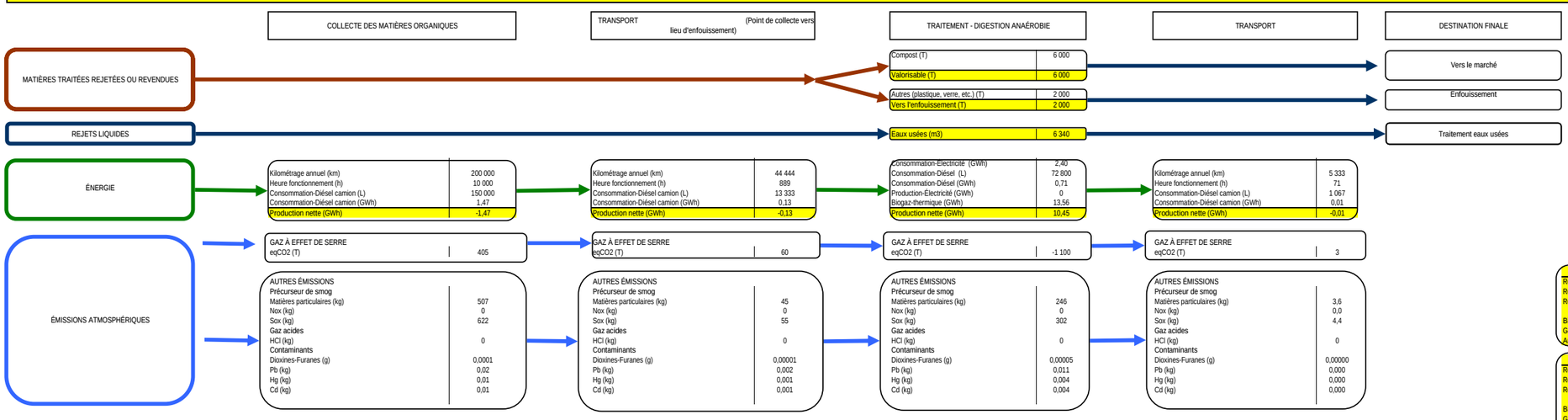
Collecte sélective des matières recyclables (tous les scénarios) - 200 000 personnes

SCÉNARIO 17
TRAITEMENT : Plasco et Digestion anaérobie

1ère voie - Gestion des résidus ultimes



3e voie - Gestion des résidus organiques



Sommaire traitement MO	
Rejets valorisables (T)	6 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 000
Rejets liquides (m3)	6 340
Bilan énergétique (GWh)	8,84
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-632
Autres émissions (% moyenne)	cf. RU

Sommaire traitement RU	
Rejets valorisables (T)	10 238
Rejets vers l'enfouissement (T)	81
Rejets liquides (m3)	18 788
Bilan énergétique (GWh)	70,92
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	12 584
Autres émissions (% moyenne)	60%

Sommaire traitement MR	
Rejets valorisables (T)	18 000
Rejets vers l'enfouissement (T)	2 000
Rejets liquides (m3)	940
Bilan énergétique (GWh)	-4,83
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	-8 739
Autres émissions	na

Sommaire - 2 voies	
Rejets valorisables (T)	34 238
Rejets vers l'enfouissement (T)	4 081
Rejets liquides (m3)	26 068
Bilan énergétique (GWh)	74,92
Gaz à effet de serre (T eqCO2)	3 213
Autres émissions (% moyenne)	60%

DESSAU

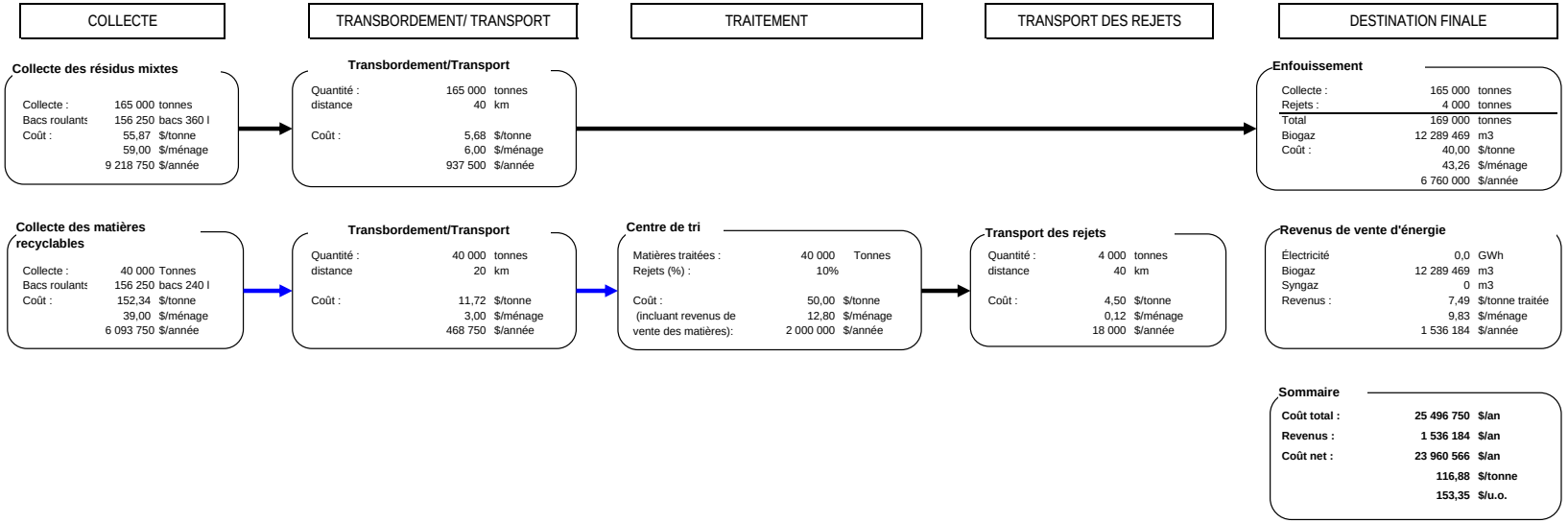
Annexe 5 Estimation détaillée des coûts par scénario

(34 pages)

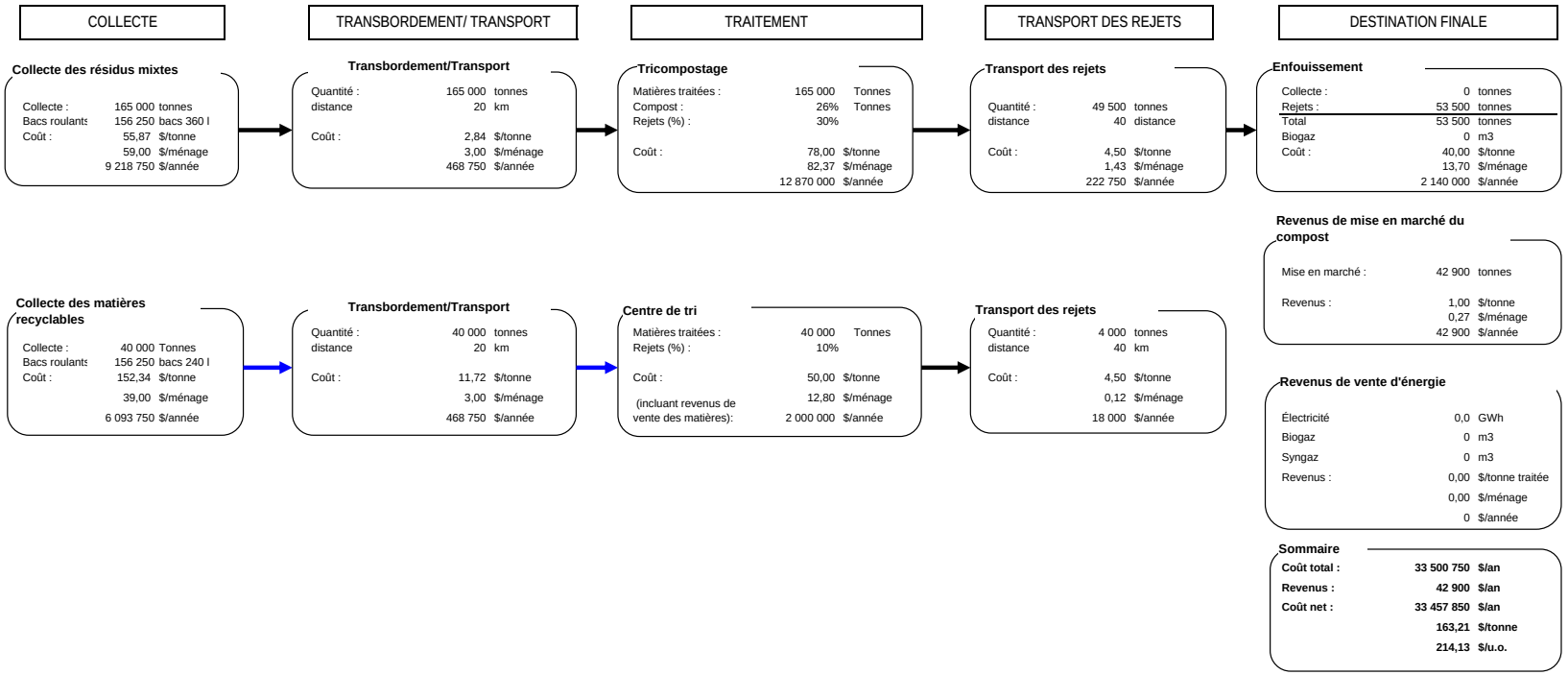
DESSAU

Estimé détaillé des coûts par scénario - population de 400 000 personnes (17 pages)

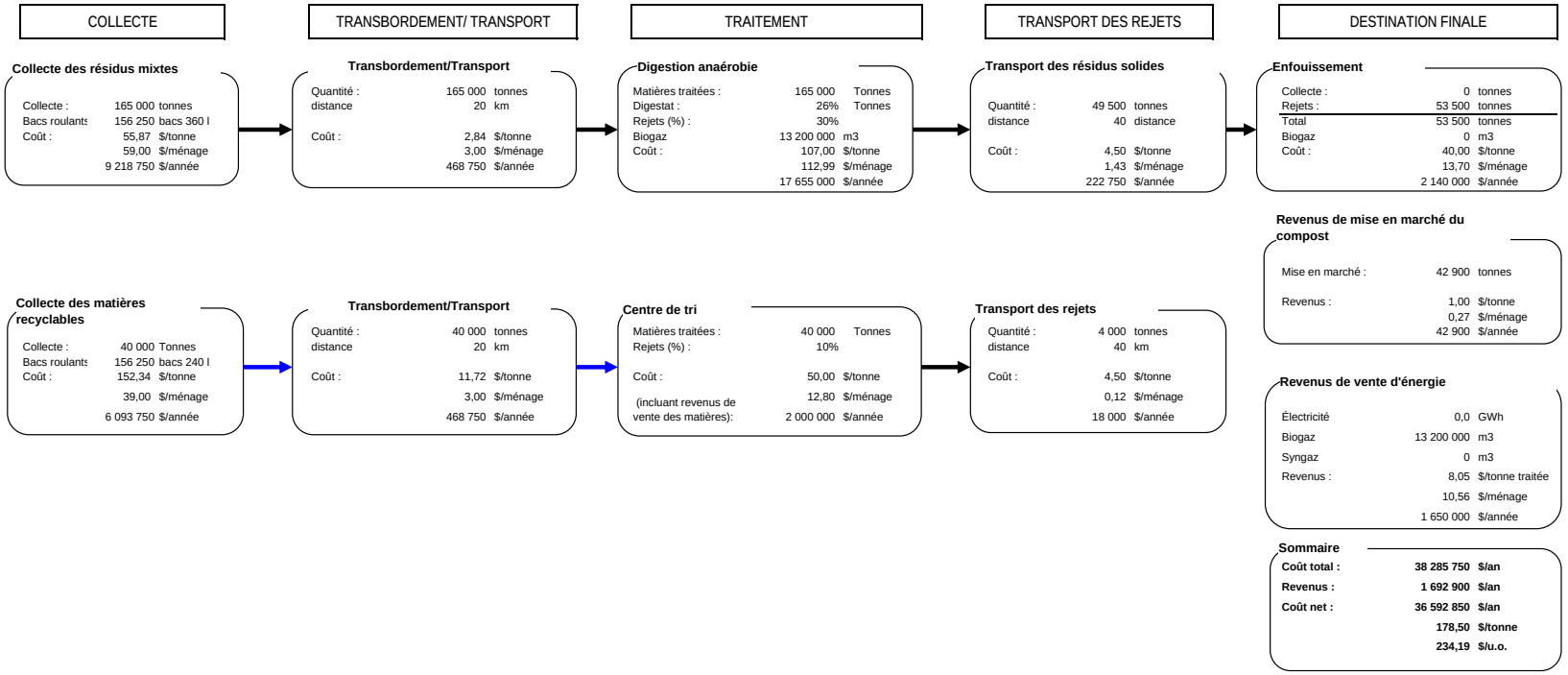
SCÉNARIO	**1 - SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE**
Type de collecte	**2 voies**
Traitement des résidus ultimes	Enfouissement en bioréacteur
Population	400 000 habitants



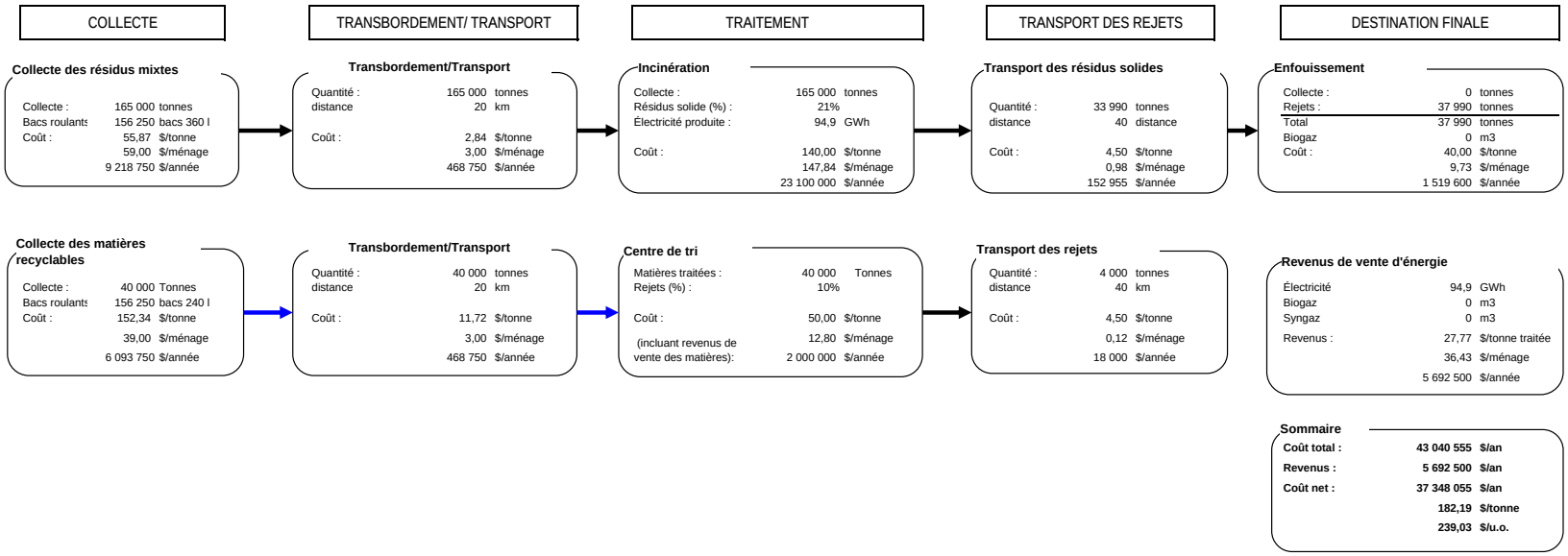
SCÉNARIO	**2**
Type de collecte	**2 voies**
Traitement des résidus mixtes	Tricompostage
Population	400 000 habitants



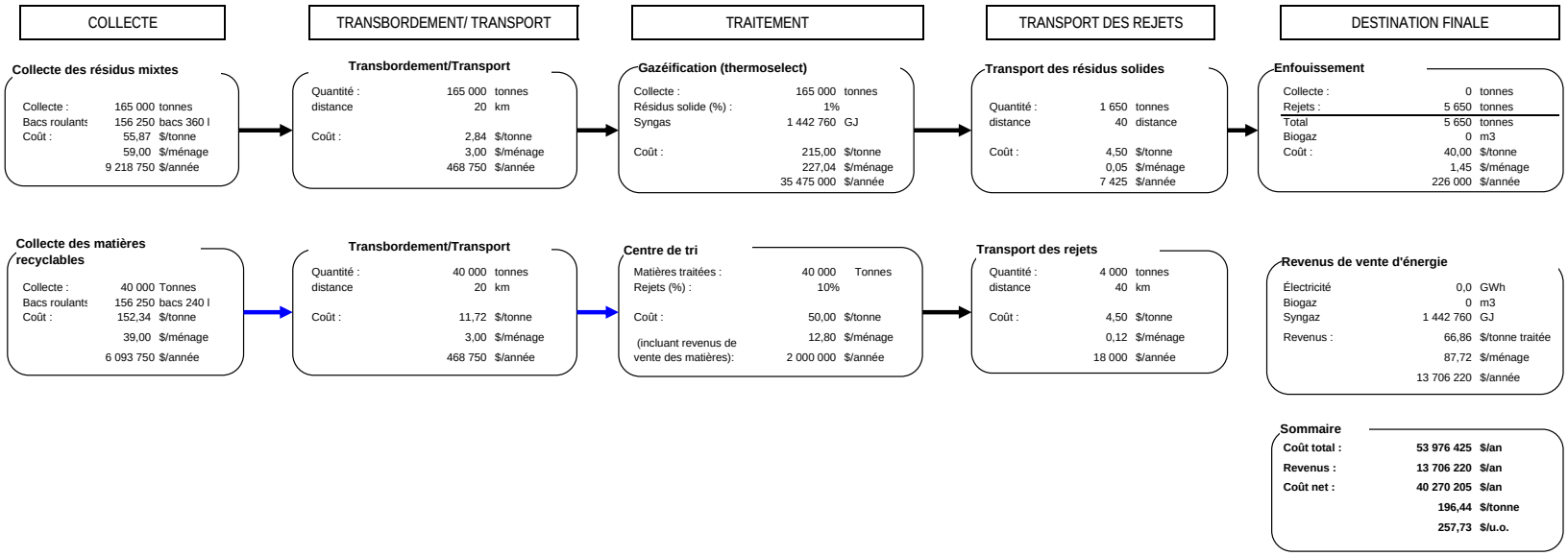
SCÉNARIO	3
Type de collecte	**2 voies**
Traitement des résidus mixtes	Digestion anaérobie
Population	400 000 habitants



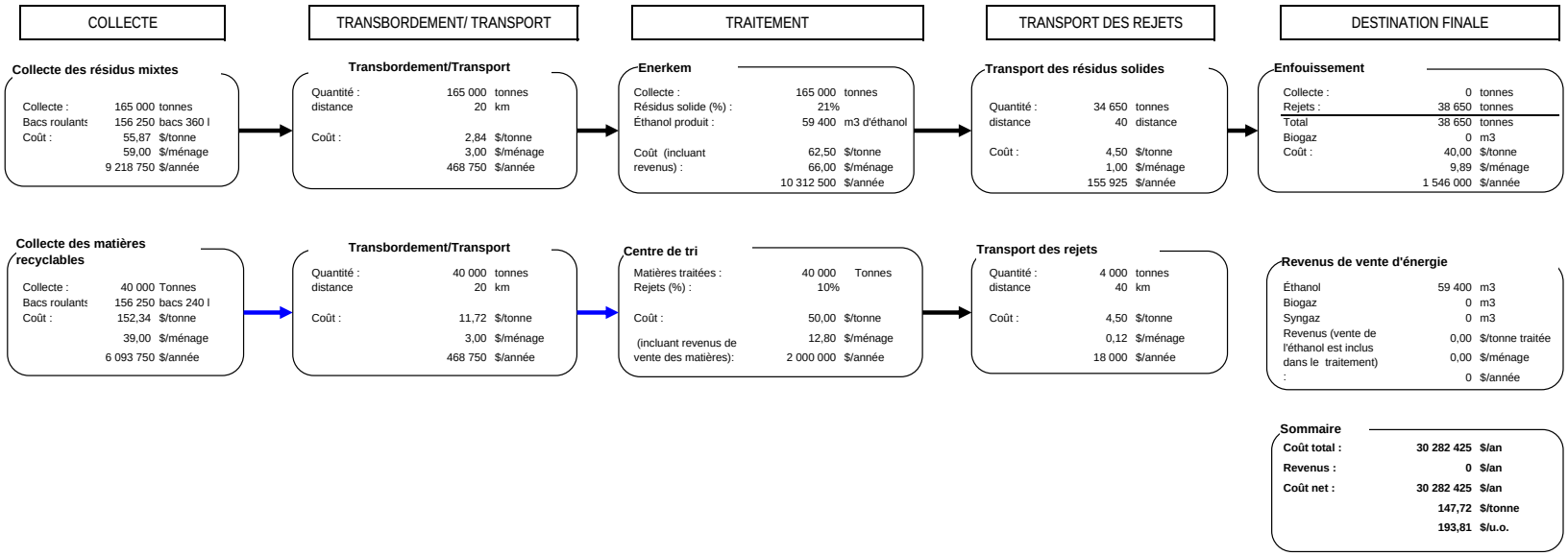
SCÉNARIO	4
Type de collecte	**2 voies**
Traitement des résidus mixtes	Incinération sur grille avec récupération d'énergie
Population	400 000 habitants



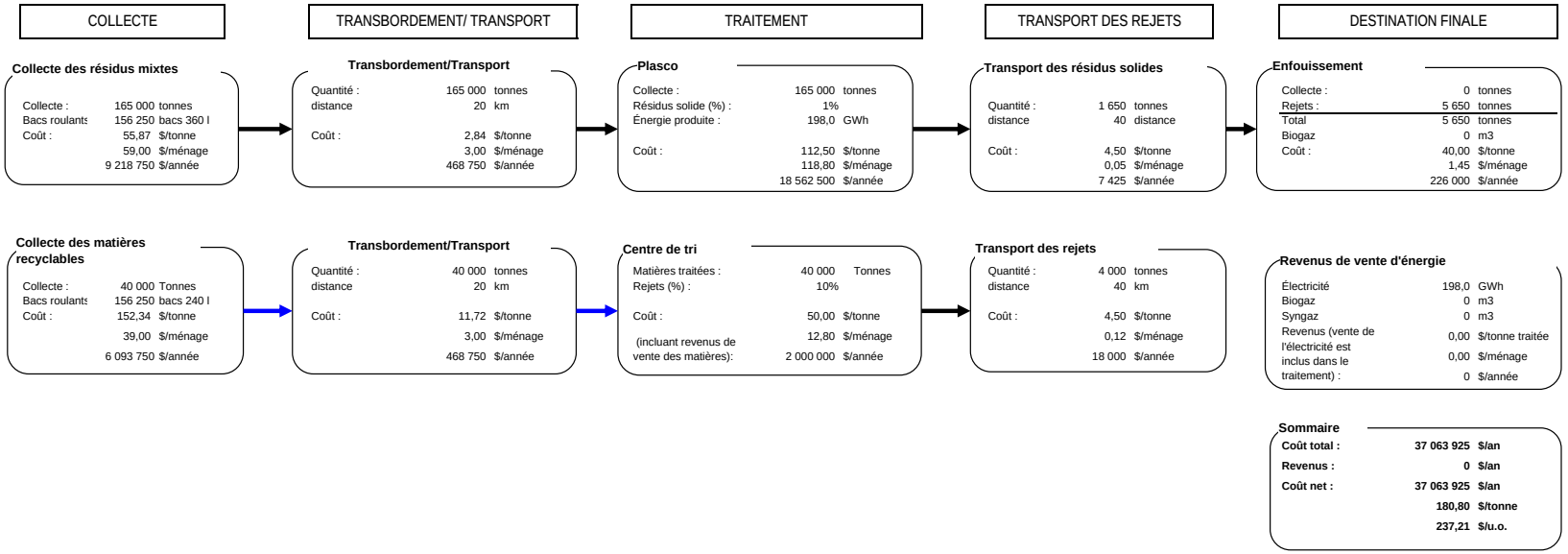
SCÉNARIO	5
Type de collecte	**2 voies**
Traitement des résidus mixtes	Gazéification à haute température
Population	400 000 habitants



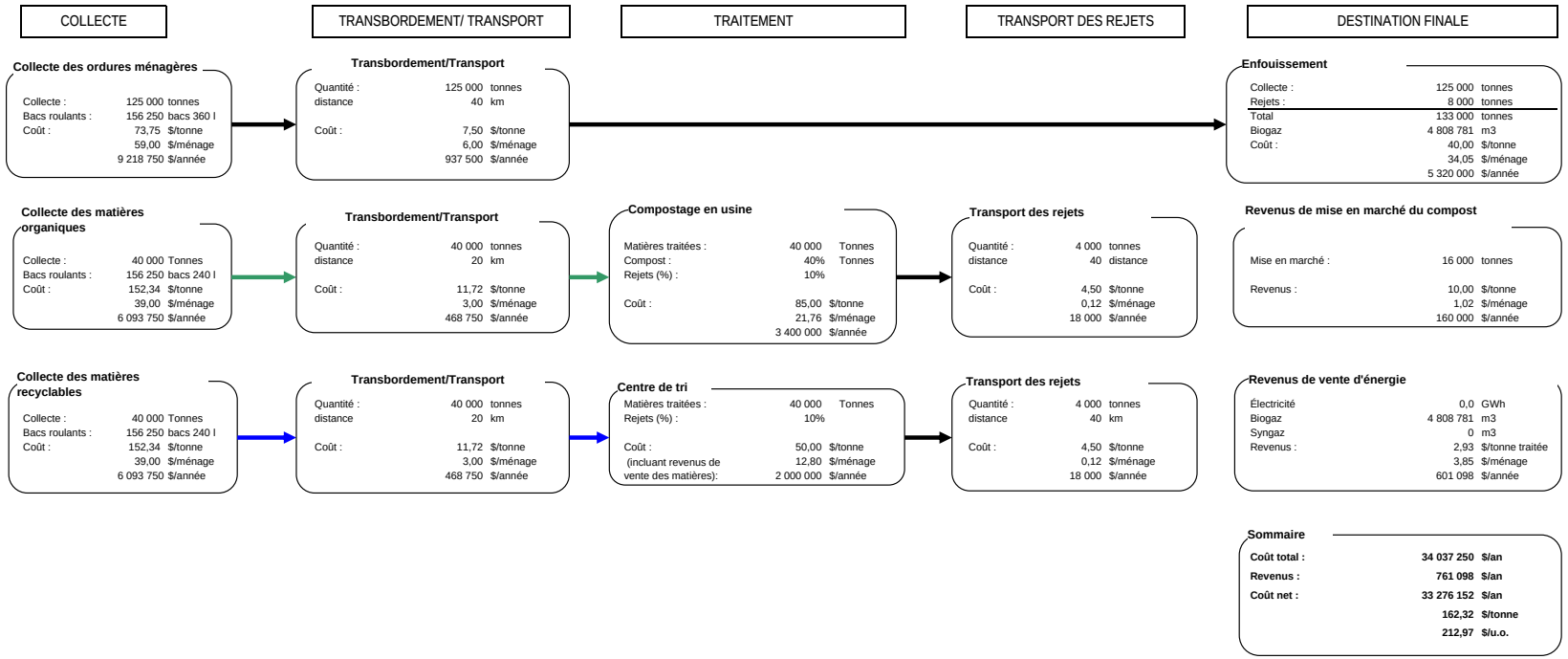
SCÉNARIO	6
Type de collecte	**2 voies**
Traitement des résidus mixtes	Gazéification avec production d'éthanol
Population	400 000 habitants



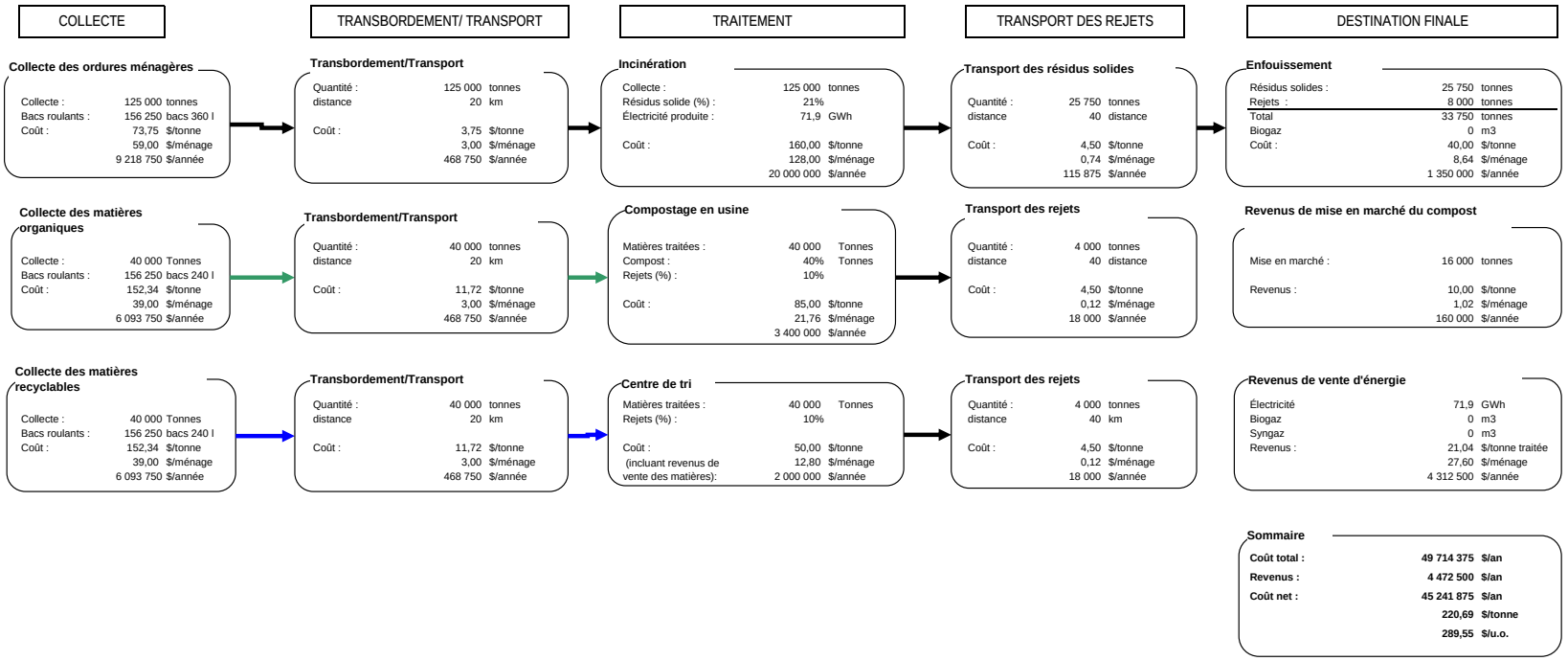
SCÉNARIO	**7**
Type de collecte	**2 voies**
Traitement des résidus mixtes	Gazéification au plasma
Population	400 000 habitants



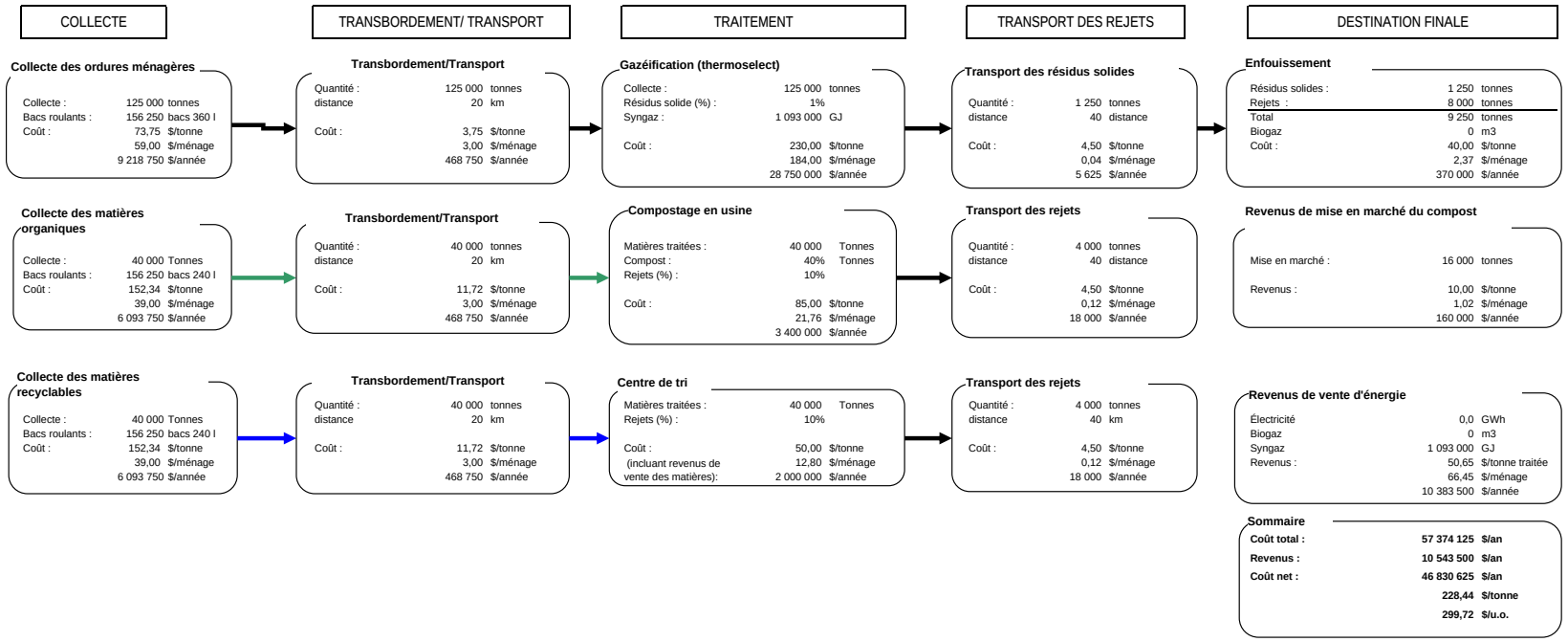
SCÉNARIO	**8**
Type de collecte	**3 voies**
Traitement des résidus ultimes	Enfouissement en bioréacteur
Traitement des résidus organiques	Compostage en usine
Population	400 000 habitants



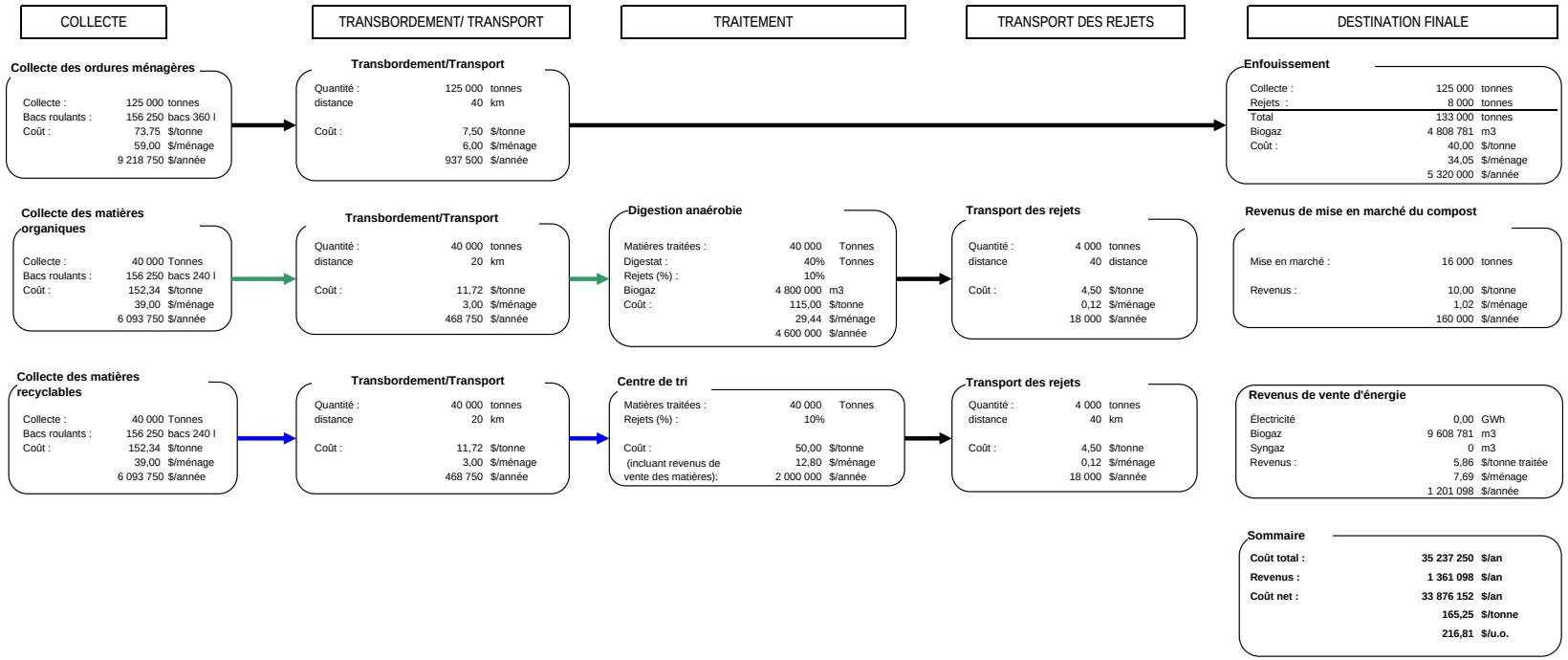
SCÉNARIO	**9**
Type de collecte	**3 voies**
Traitement des résidus ultimes	Incinération avec récupération d'énergie
Traitement des résidus organiques	Compostage en usine
Population	400 000 habitants



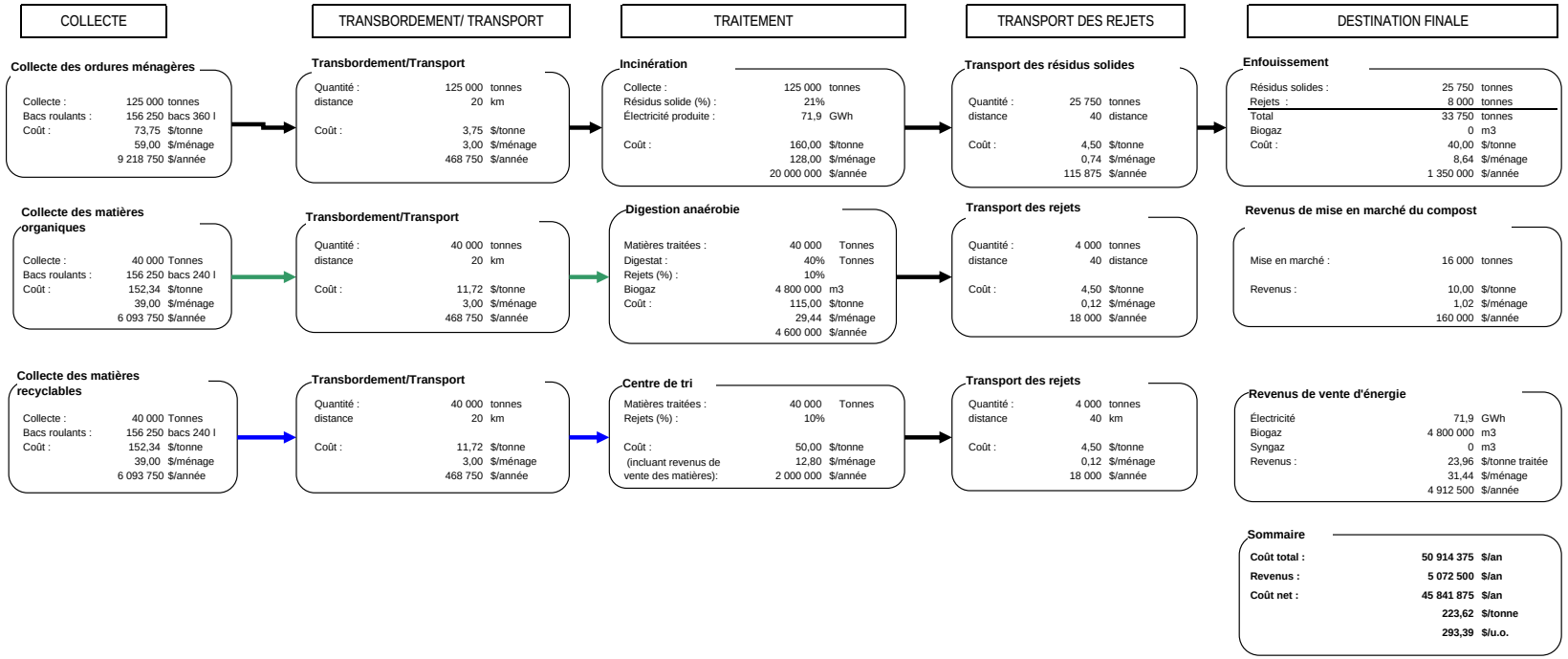
SCÉNARIO	**10**
Type de collecte	**3 voies**
Traitement des résidus ultimes	Gazéification à haute température
Traitement des résidus organiques	Compostage en usine
Population	400 000 habitants



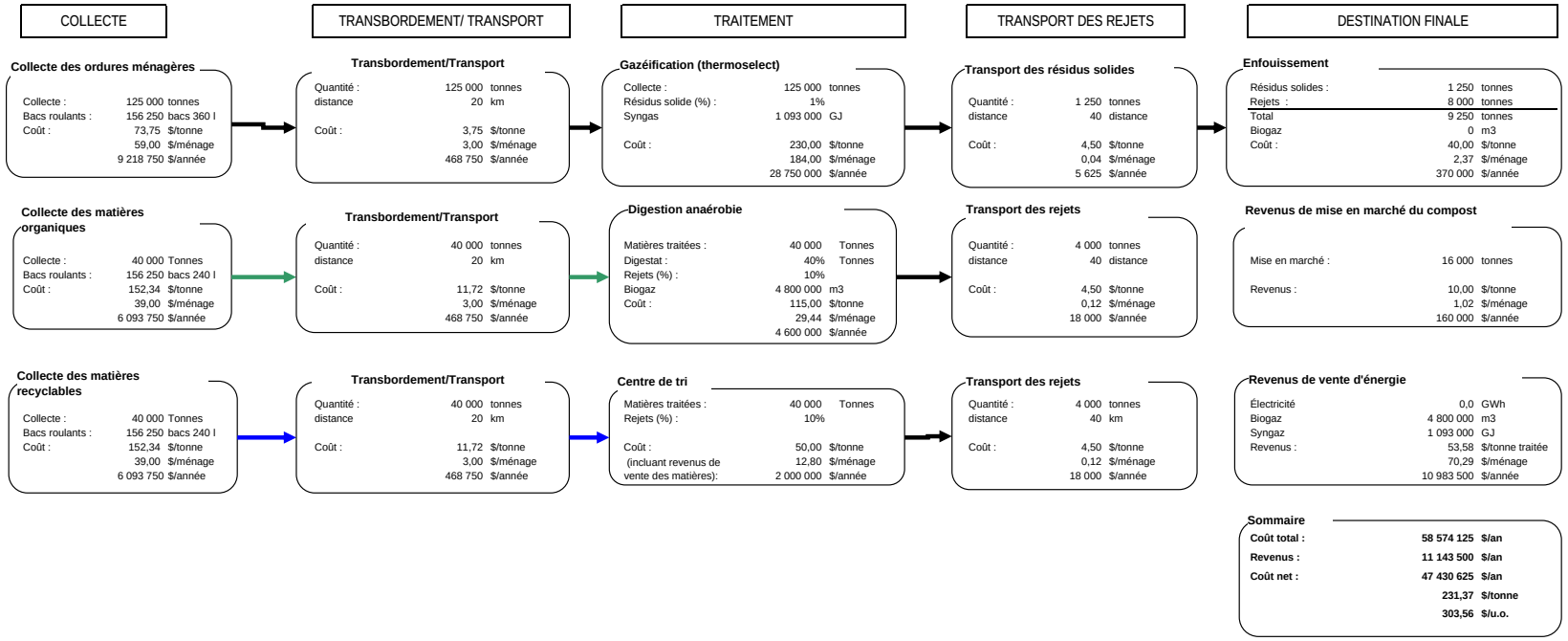
SCÉNARIO	**11**
Type de collecte	**3 voies**
Traitement des résidus ultimes	Enfouissement en bioréacteur
Traitement des résidus organiques	Digestion anaérobie
Population	400 000 habitants



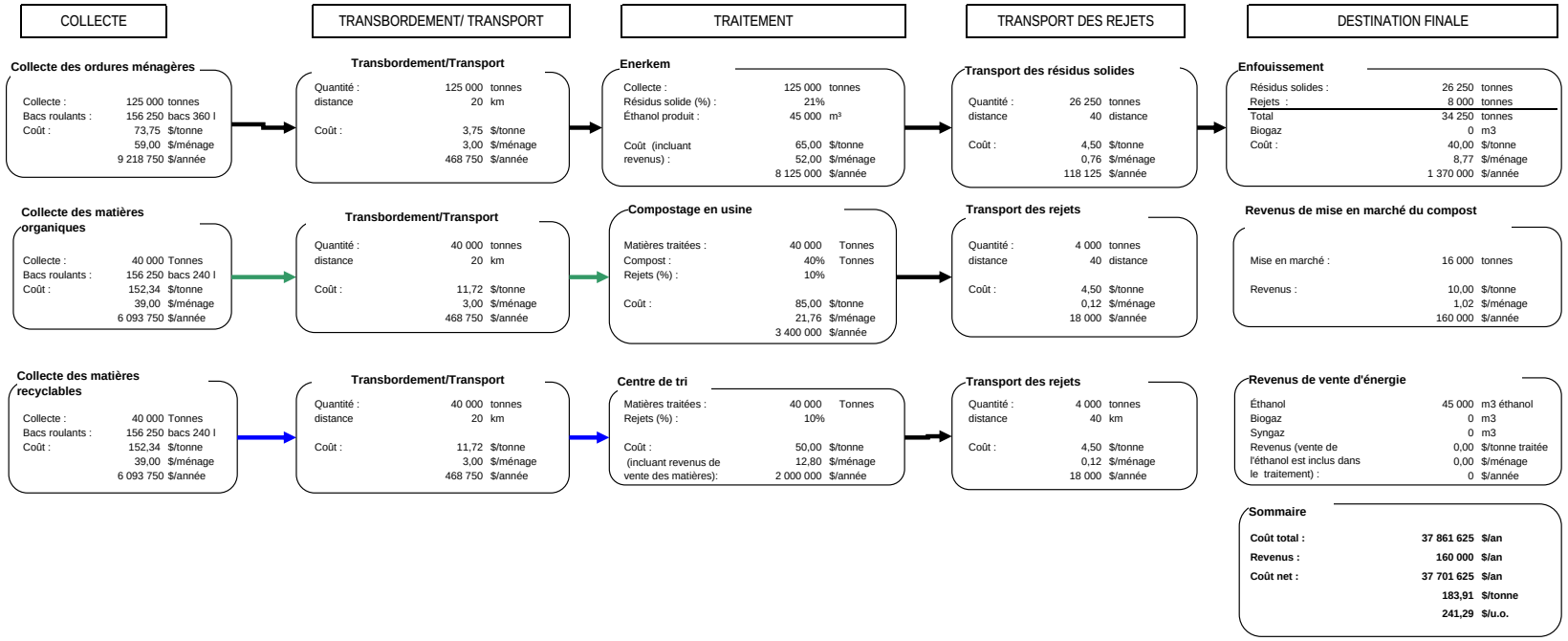
SCÉNARIO	**12**
Type de collecte	**3 voies**
Traitement des résidus ultimes	Incinération avec récupération d'énergie
Traitement des résidus organiques	Digestion anaérobie
Population	400 000 habitants



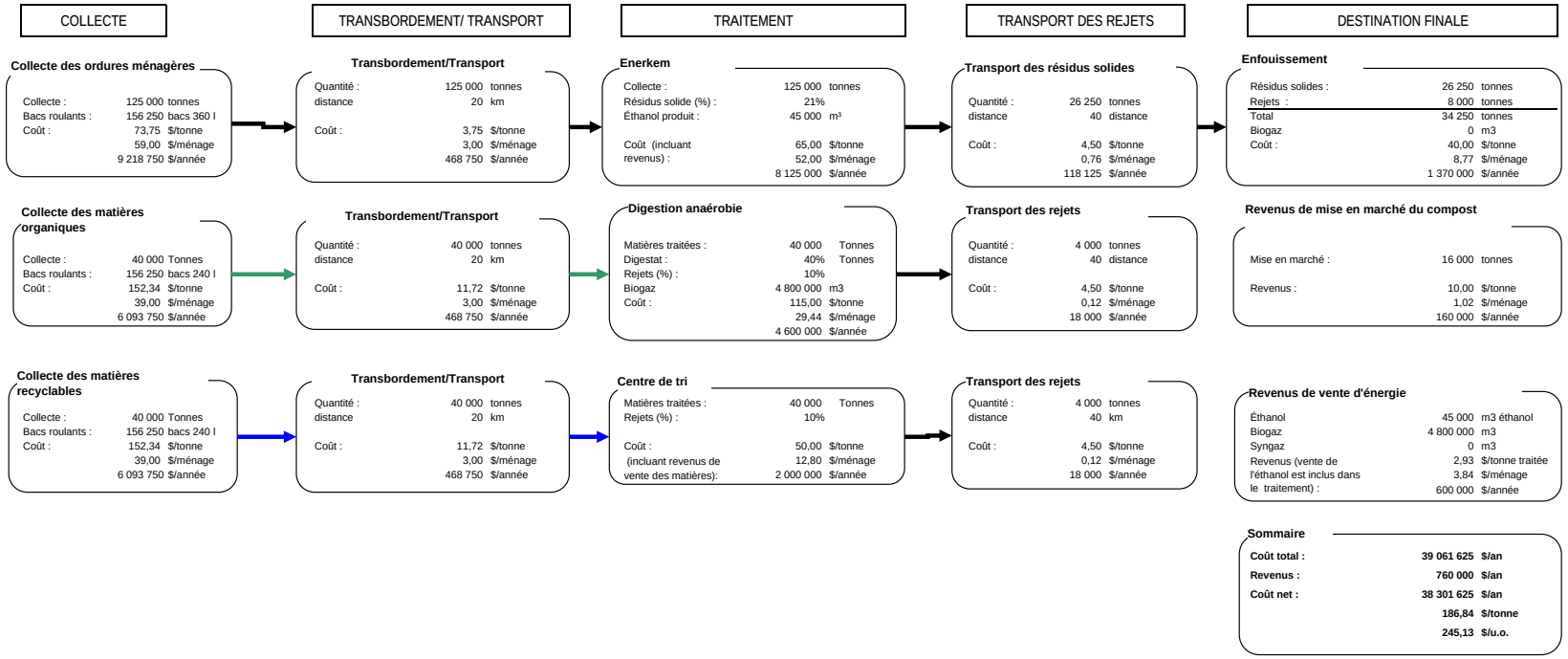
SCÉNARIO	**13**
Type de collecte	**3 voies**
Traitement des résidus ultimes	Gazéification à hauite température
Traitement des résidus organiques	Digestion anaérobie
Population	400 000 habitants



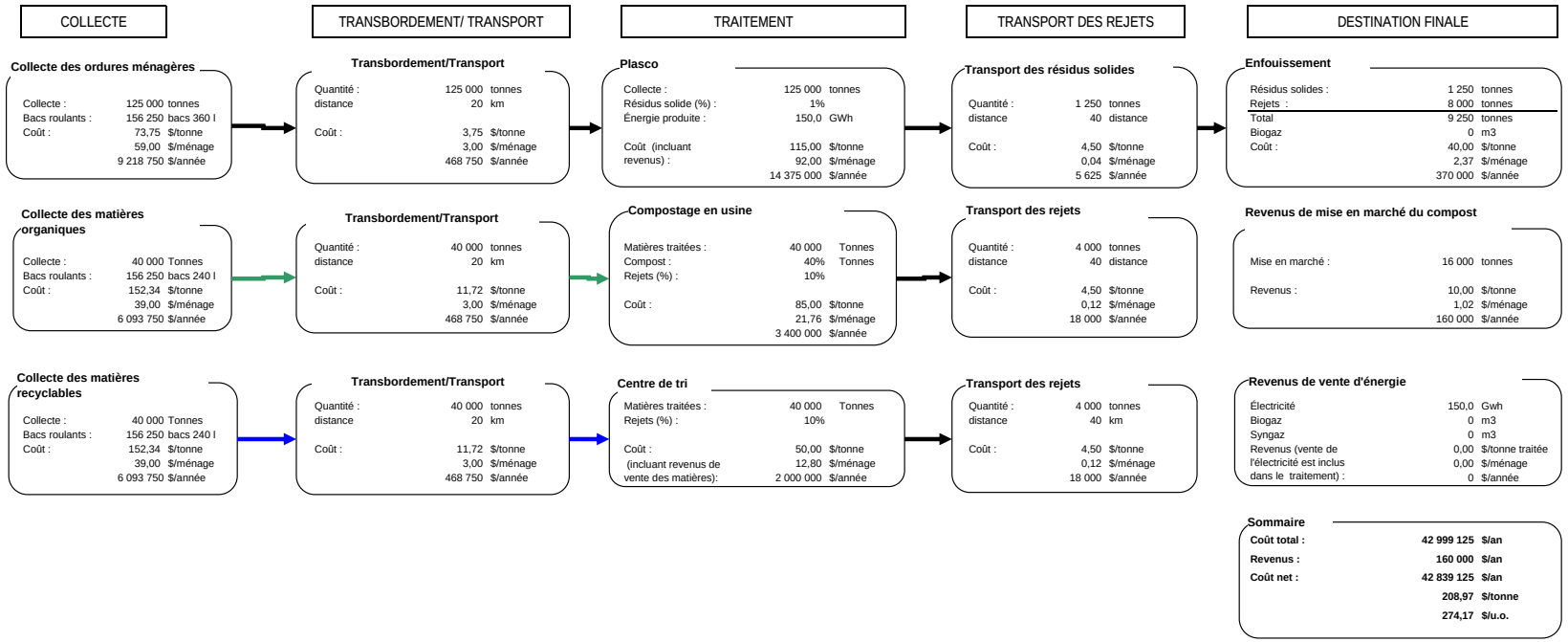
SCÉNARIO	**14**
Type de collecte	**3 voies**
Traitement des résidus ultimes	Gaséification avec production d'éthanol
Traitement des résidus organiques	Compostage en usine
Population	400 000 habitants



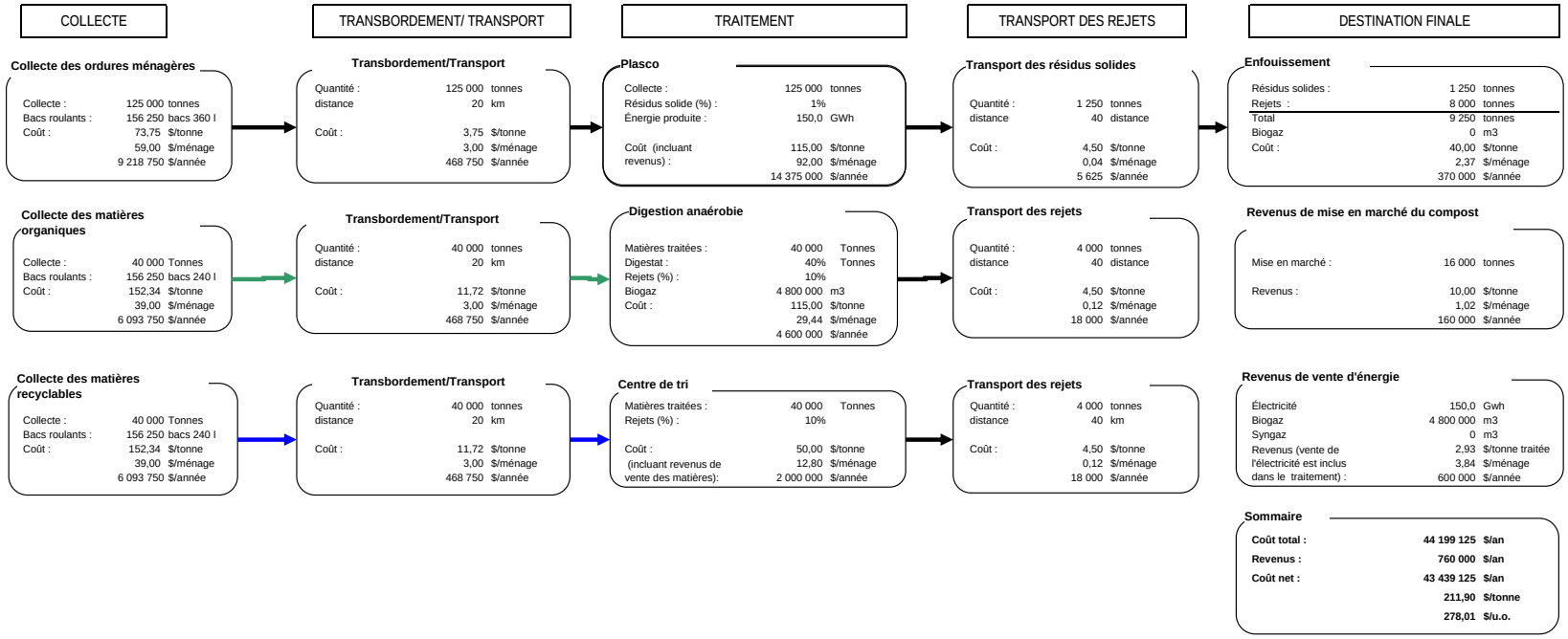
SCÉNARIO	**15**
Type de collecte	**3 voies**
Traitement des résidus ultimes	Gaséification avec production d'éthanol
Traitement des résidus organiques	Digestion anaérobie
Population	400 000 habitants



SCÉNARIO	**16**
Type de collecte	**3 voies**
Traitement des résidus ultimes	Gaséification au plasma
Traitement des résidus organiques	Compostage en usine
Population	400 000 habitants



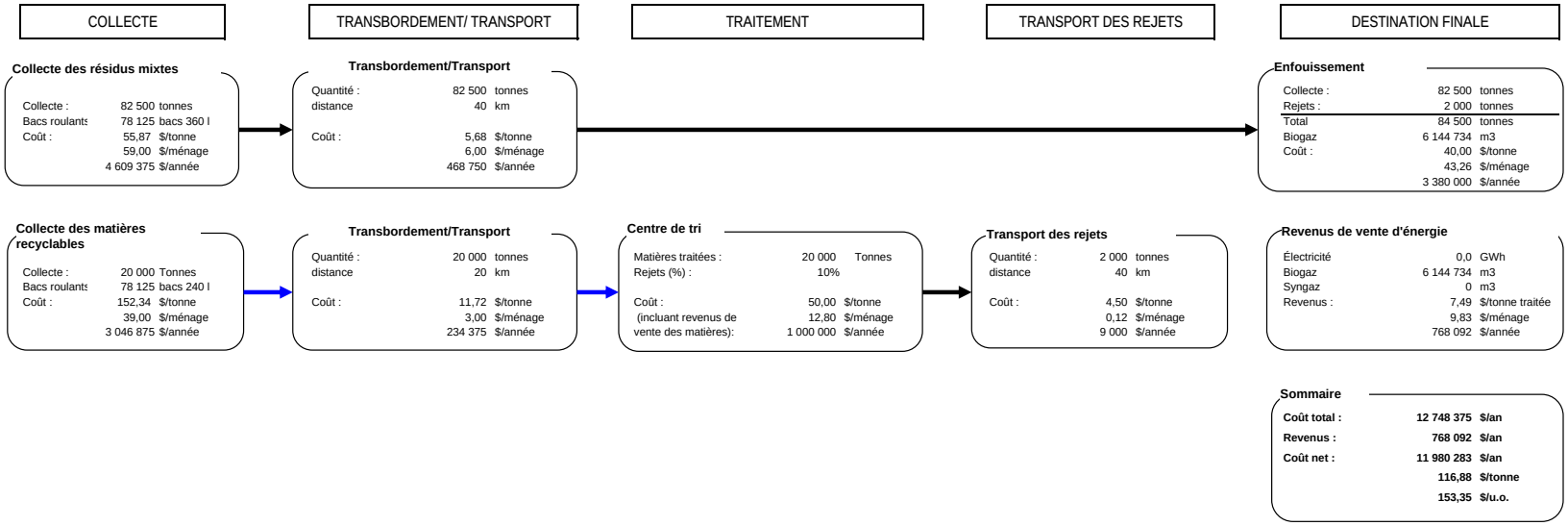
SCÉNARIO	**17**
Type de collecte	**3 voies**
Traitement des résidus ultimes	Gaséification au plasma
Traitement des résidus organiques	Digestion anaérobie
Population	400 000 habitants



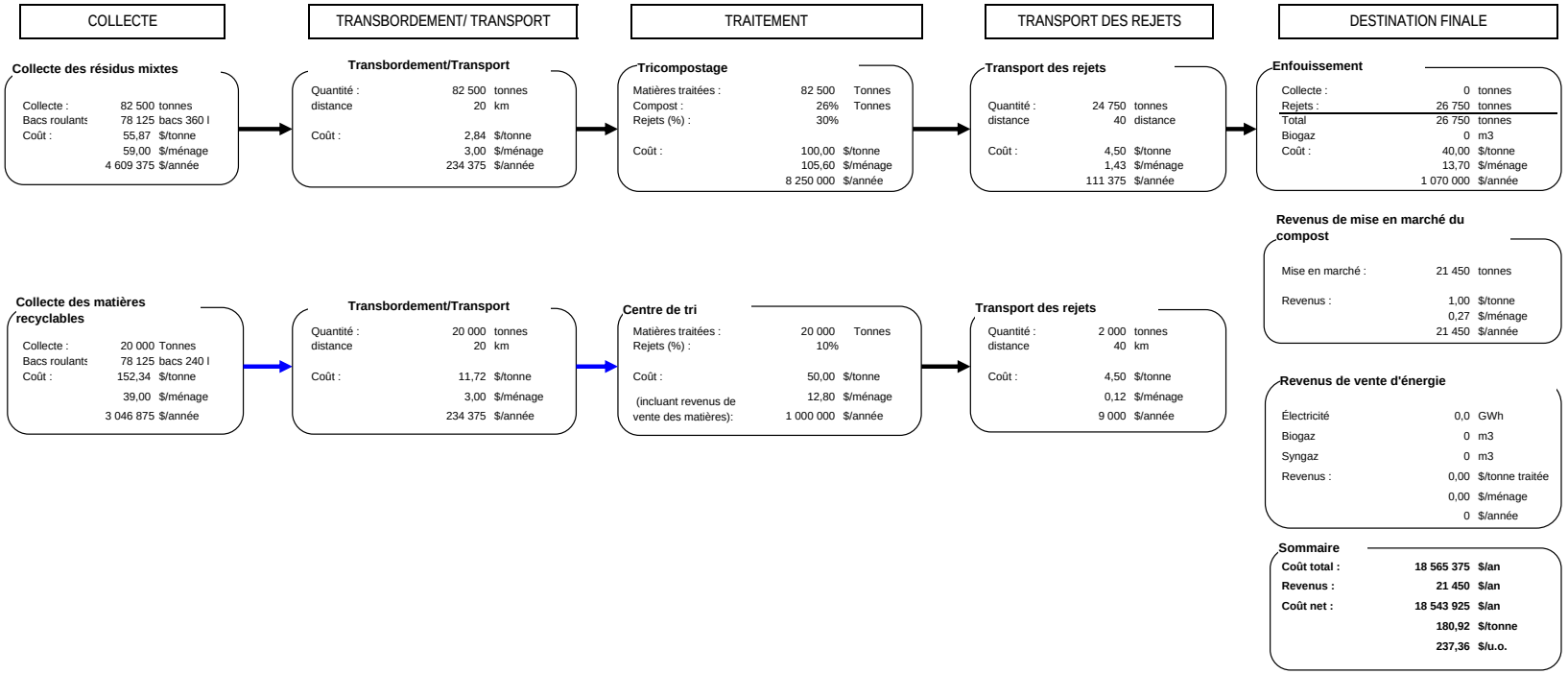
DESSAU

Estimé détaillé des coûts par scénario - population de 200 000 personnes (17 pages)

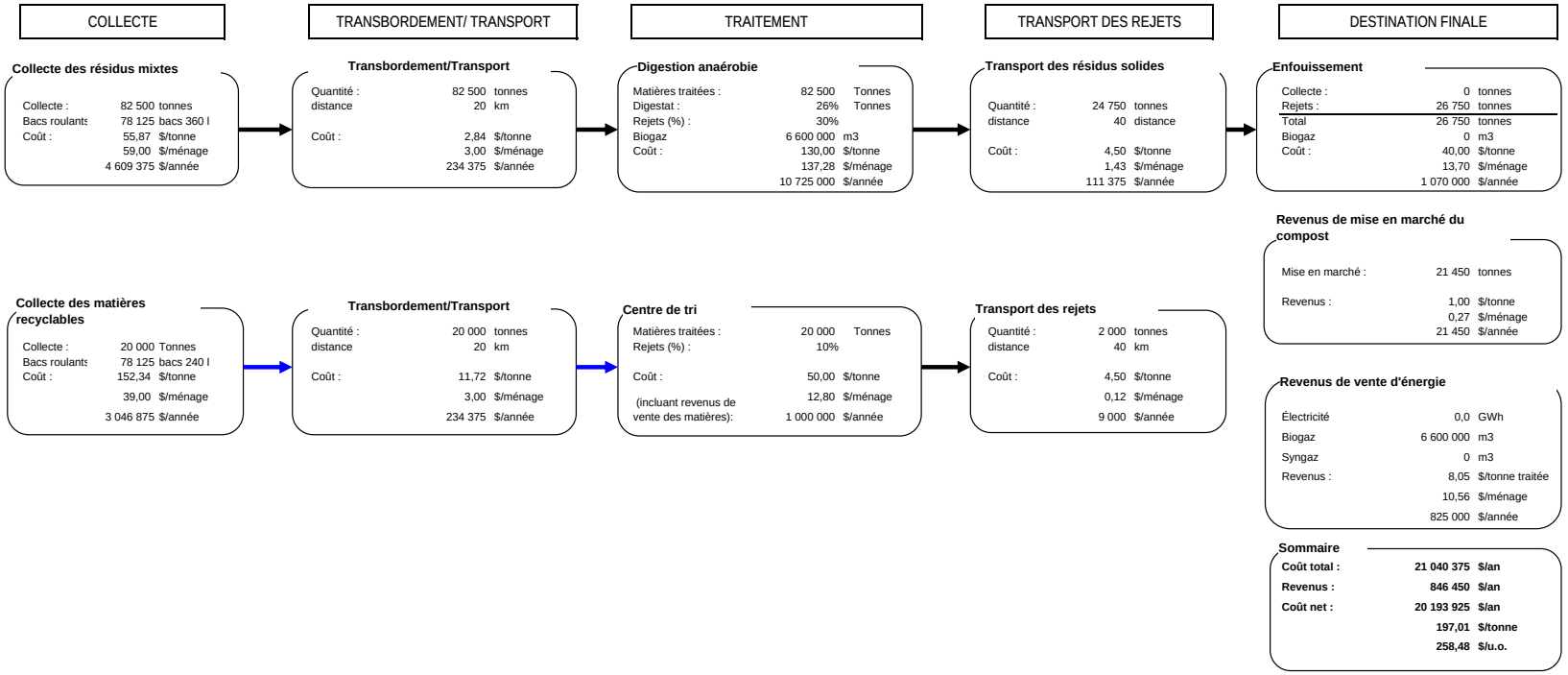
SCÉNARIO	**1 - SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE**
Type de collecte	**2 voies**
Traitement des résidus ultimes	Enfouissement en bioréacteur
Population	200 000 habitants



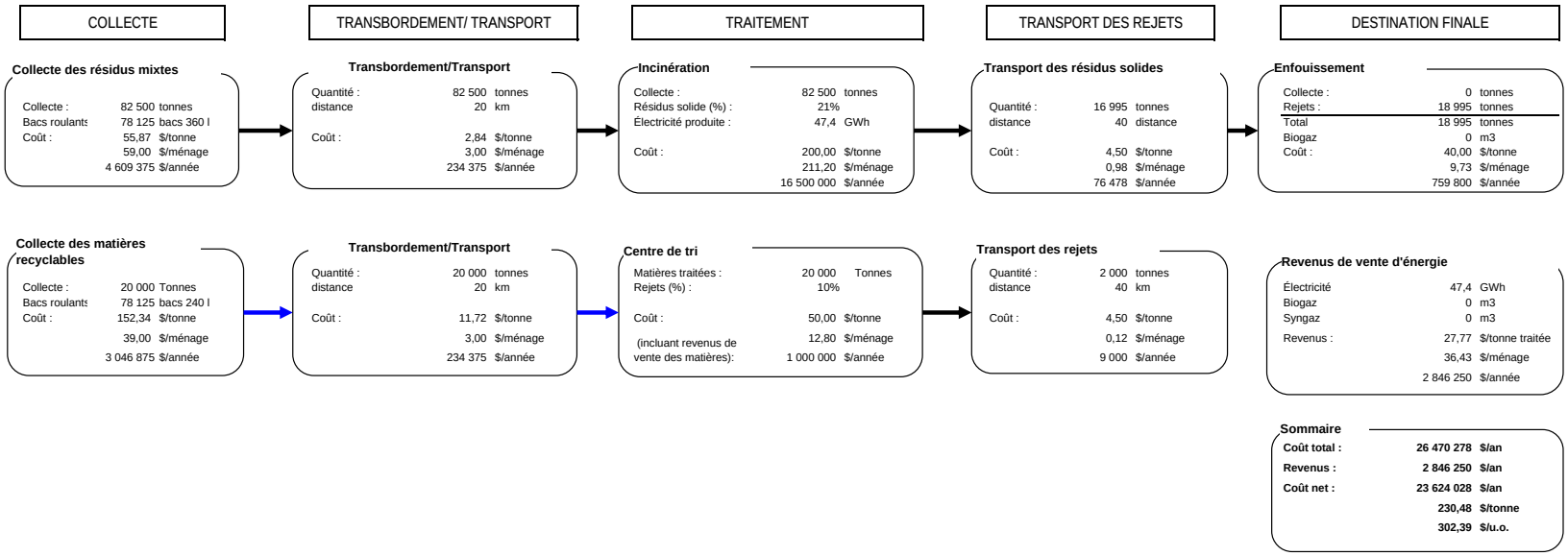
SCÉNARIO	**2**
Type de collecte	**2 voies**
Traitement des résidus mixtes	Tricompostage
Population	200 000 habitants



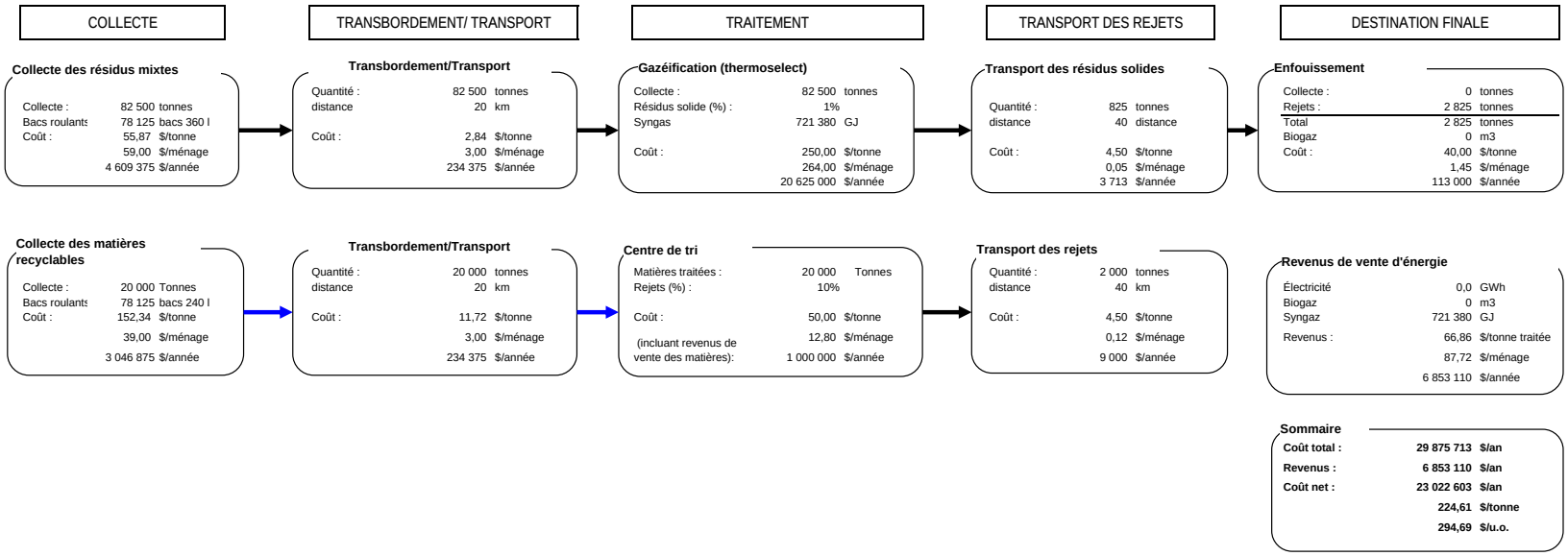
SCÉNARIO	3
Type de collecte	**2 voies**
Traitement des résidus mixtes	Digestion anaérobie
Population	200 000 habitants



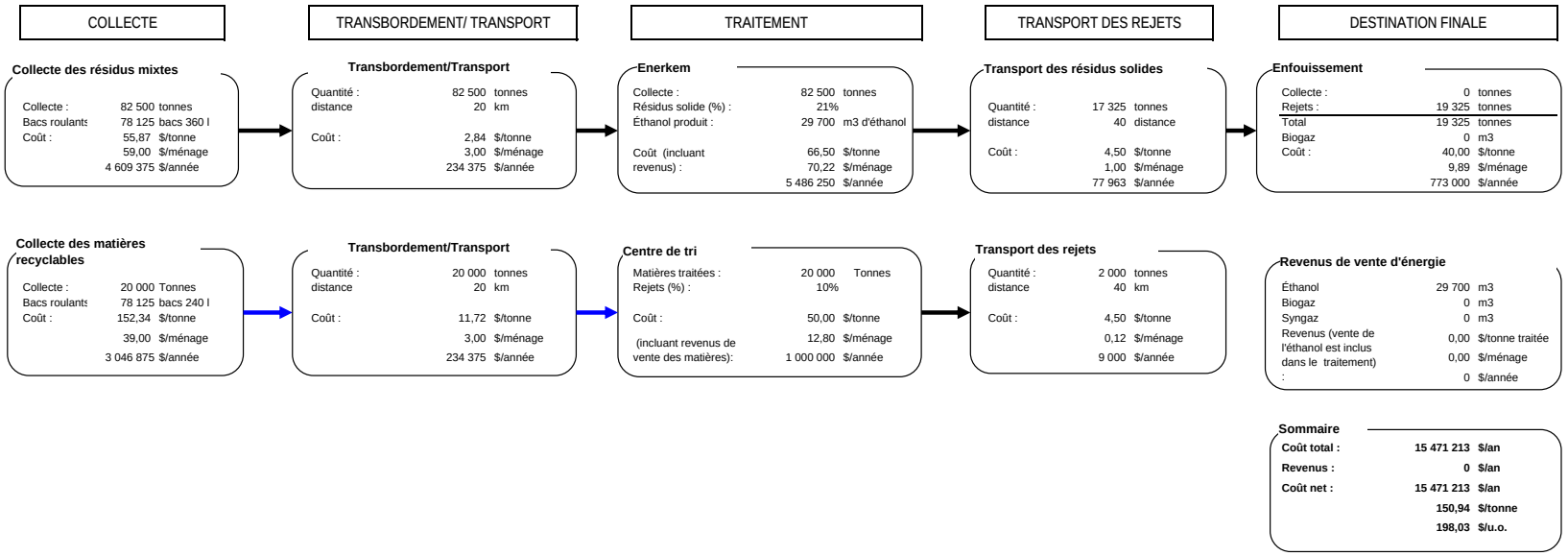
SCÉNARIO	4
Type de collecte	**2 voies**
Traitement des résidus mixtes	Incinération sur grille avec récupération d'énergie
Population	200 000 habitants



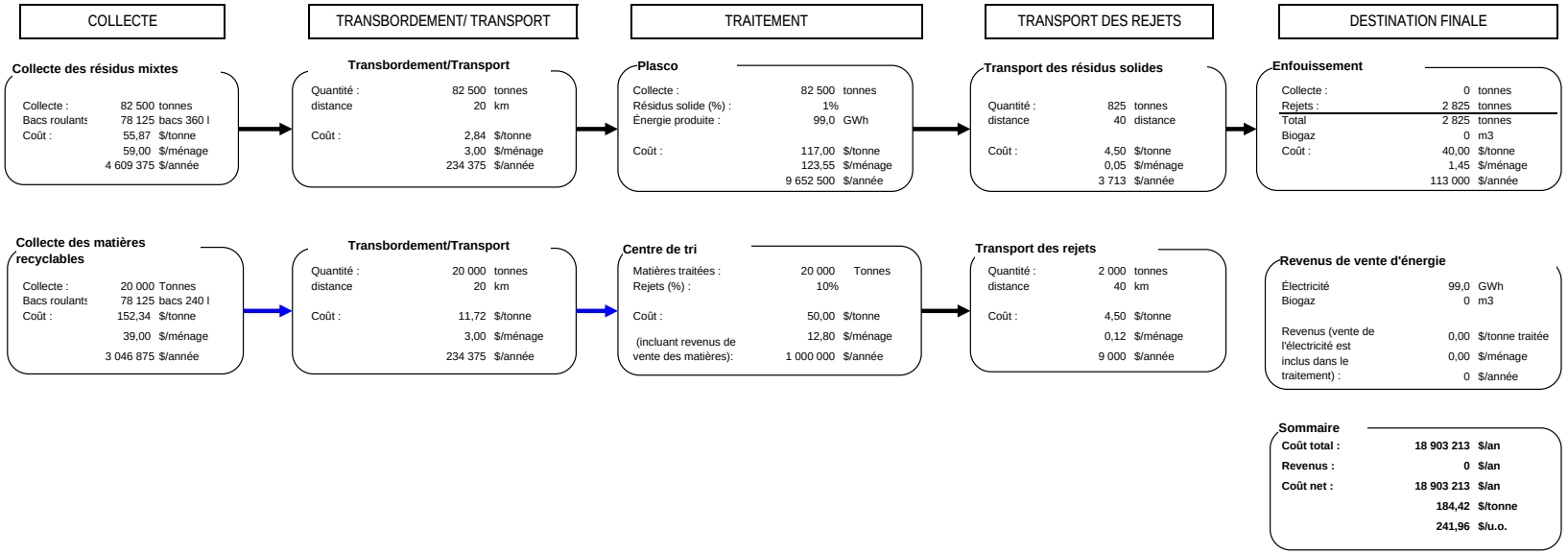
SCÉNARIO	5
Type de collecte	**2 voies**
Traitement des résidus mixtes	Gazéification à haute température
Population	200 000 habitants



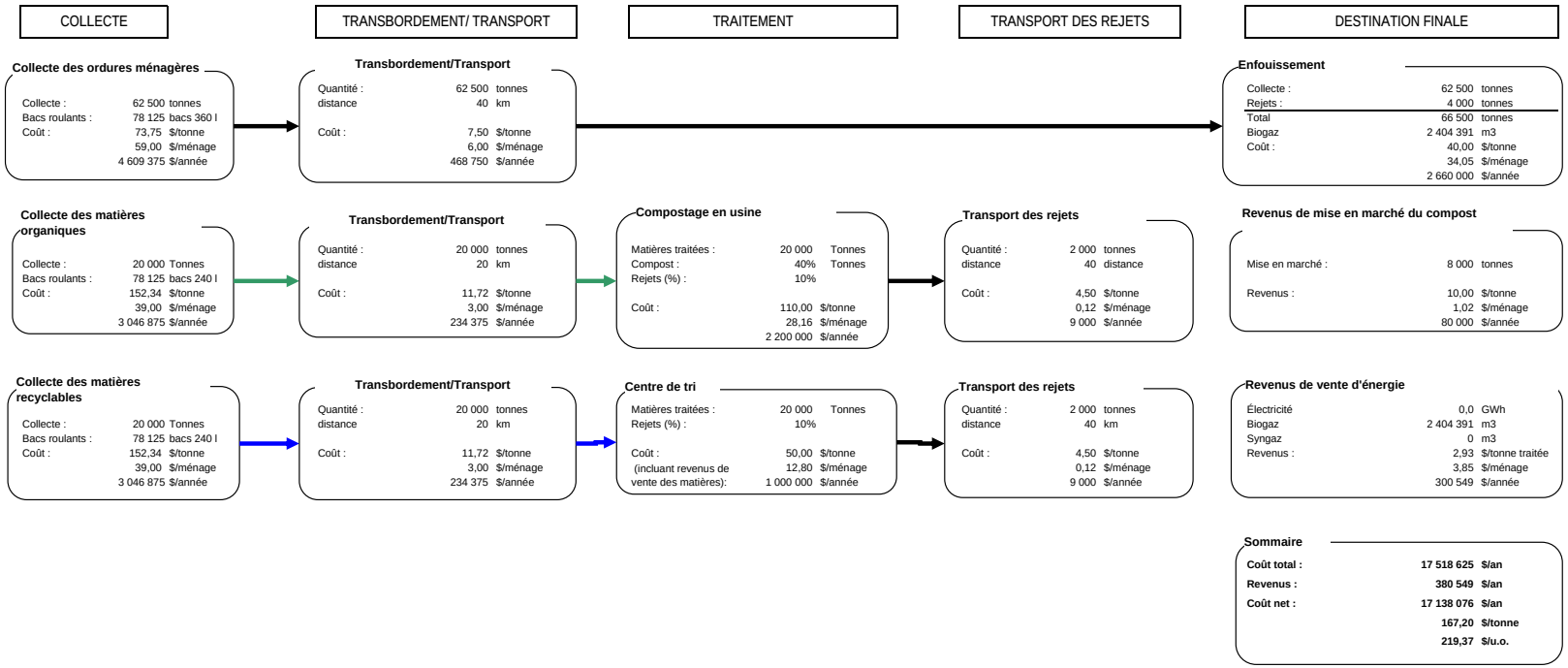
SCÉNARIO	6
Type de collecte	**2 voies**
Traitement des résidus mixtes	Gazéification avec production d'éthanol
Population	200 000 habitants



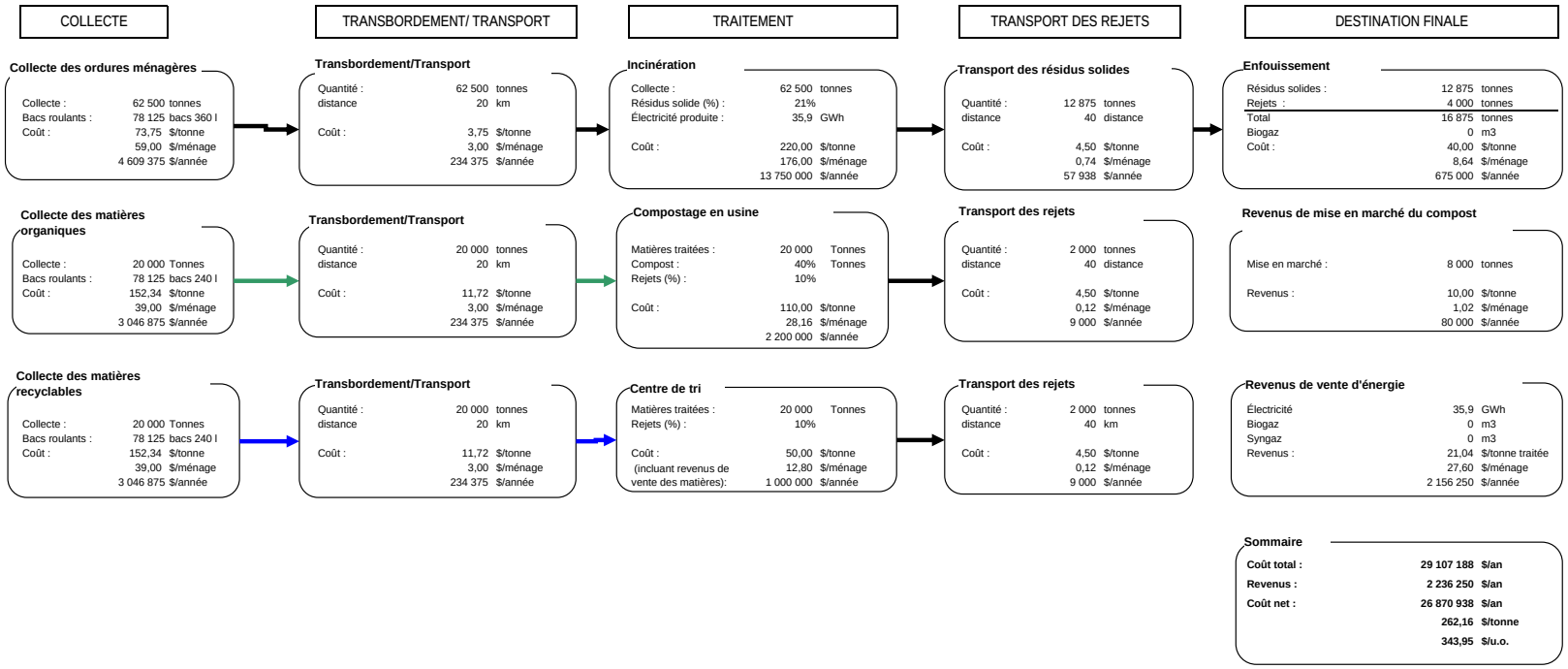
SCÉNARIO	**7**
Type de collecte	**2 voies**
Traitement des résidus mixtes	Gaséification au plasma
Population	200 000 habitants



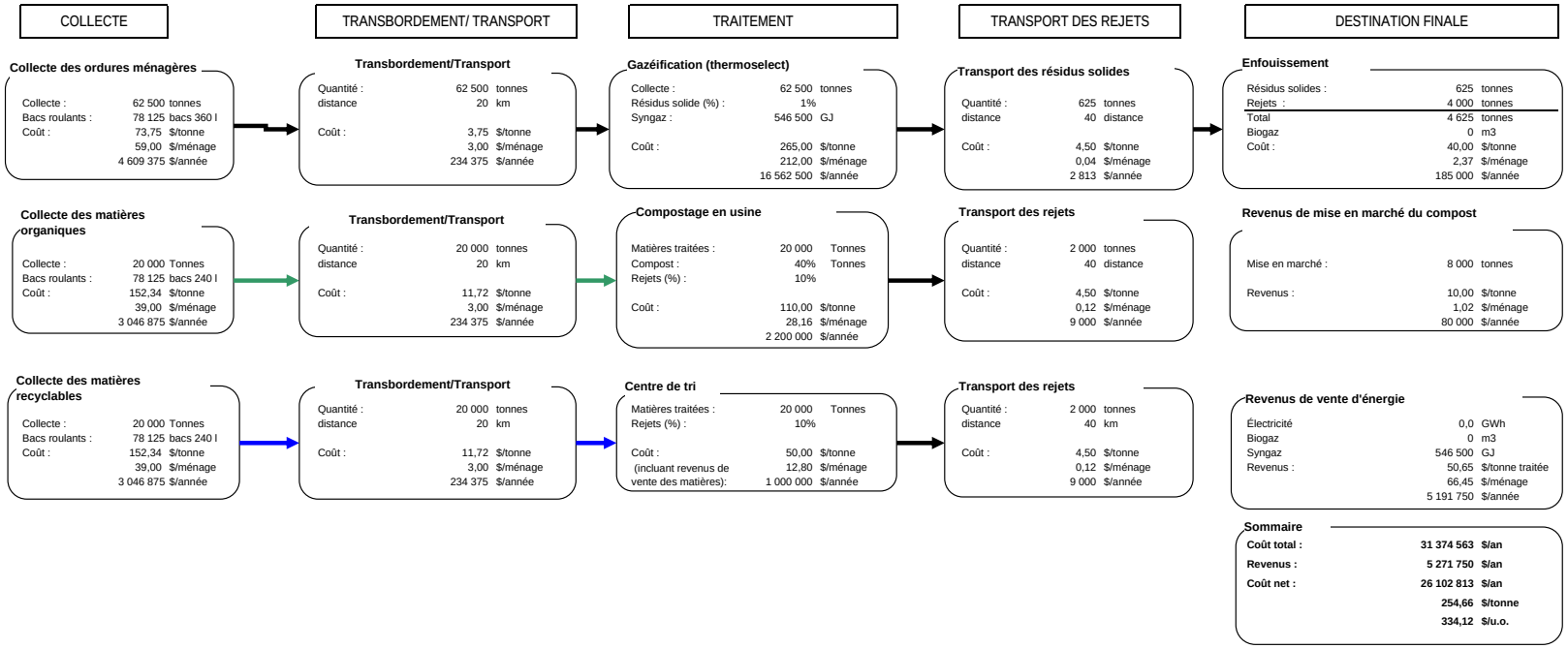
SCÉNARIO	**8**
Type de collecte	**3 voies**
Traitement des résidus ultimes	Enfouissement en bioréacteur
Traitement des résidus organiques	Compostage en usine
Population	200 000 habitants



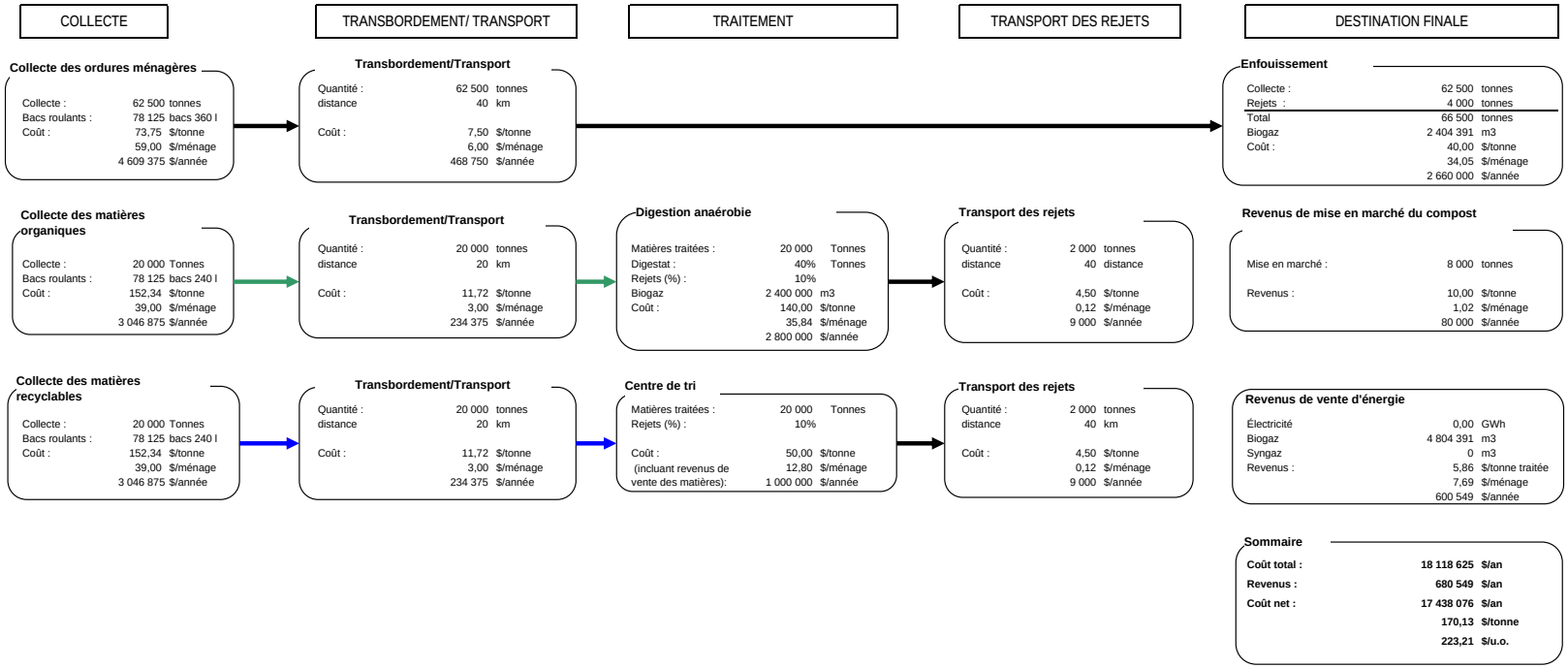
SCÉNARIO	**9**
Type de collecte	**3 voies**
Traitement des résidus ultimes	Incinération avec récupération d'énergie
Traitement des résidus organiques	Compostage en usine
Population	200 000 habitants



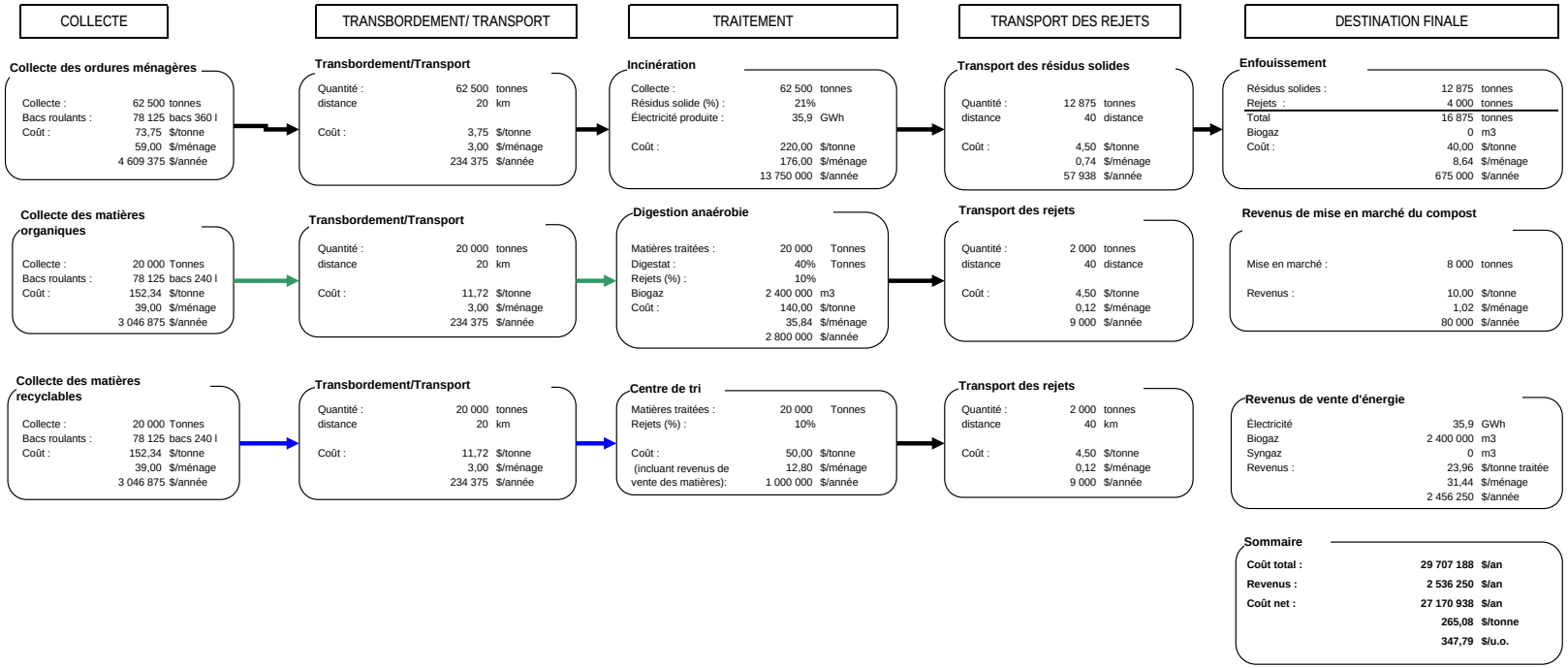
SCÉNARIO	**10**
Type de collecte	**3 voies**
Traitement des résidus ultimes	Gazéification à haute température
Traitement des résidus organiques	Compostage en usine
Population	200 000 habitants



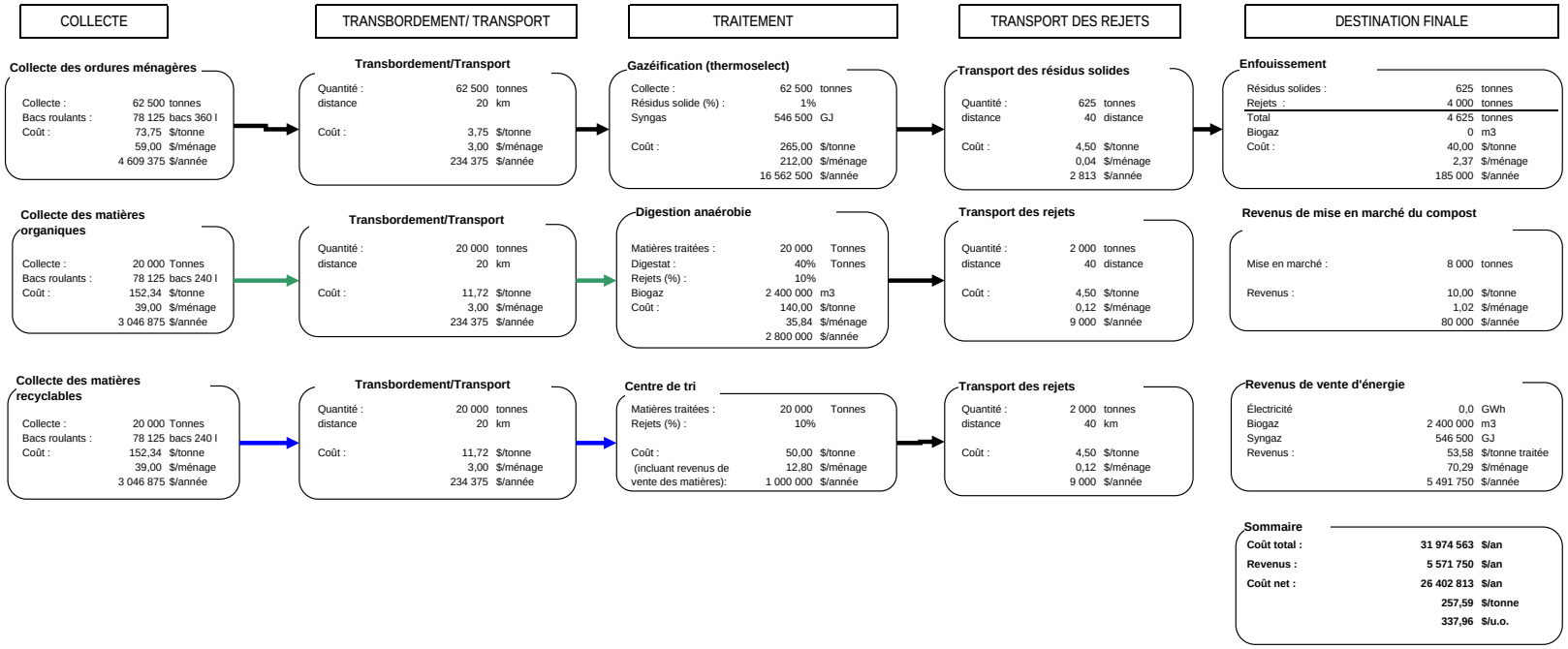
SCÉNARIO	**11**
Type de collecte	**3 voies**
Traitement des résidus ultimes	Enfouissement en bioréacteur
Traitement des résidus organiques	Digestion anaérobie
Population	200 000 habitants



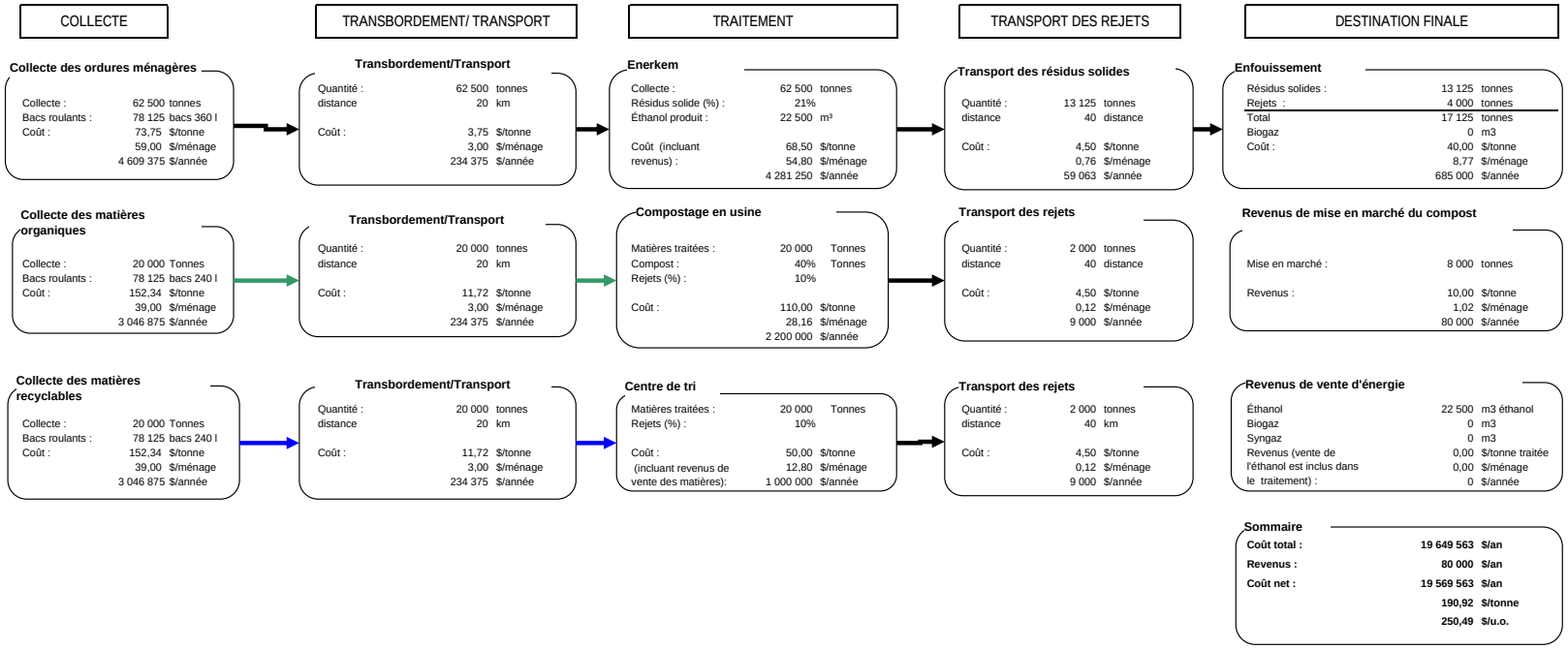
SCÉNARIO	**12**
Type de collecte	**3 voies**
Traitement des résidus ultimes	Incinération avec récupération d'énergie
Traitement des résidus organiques	Digestion anaérobie
Population	200 000 habitants



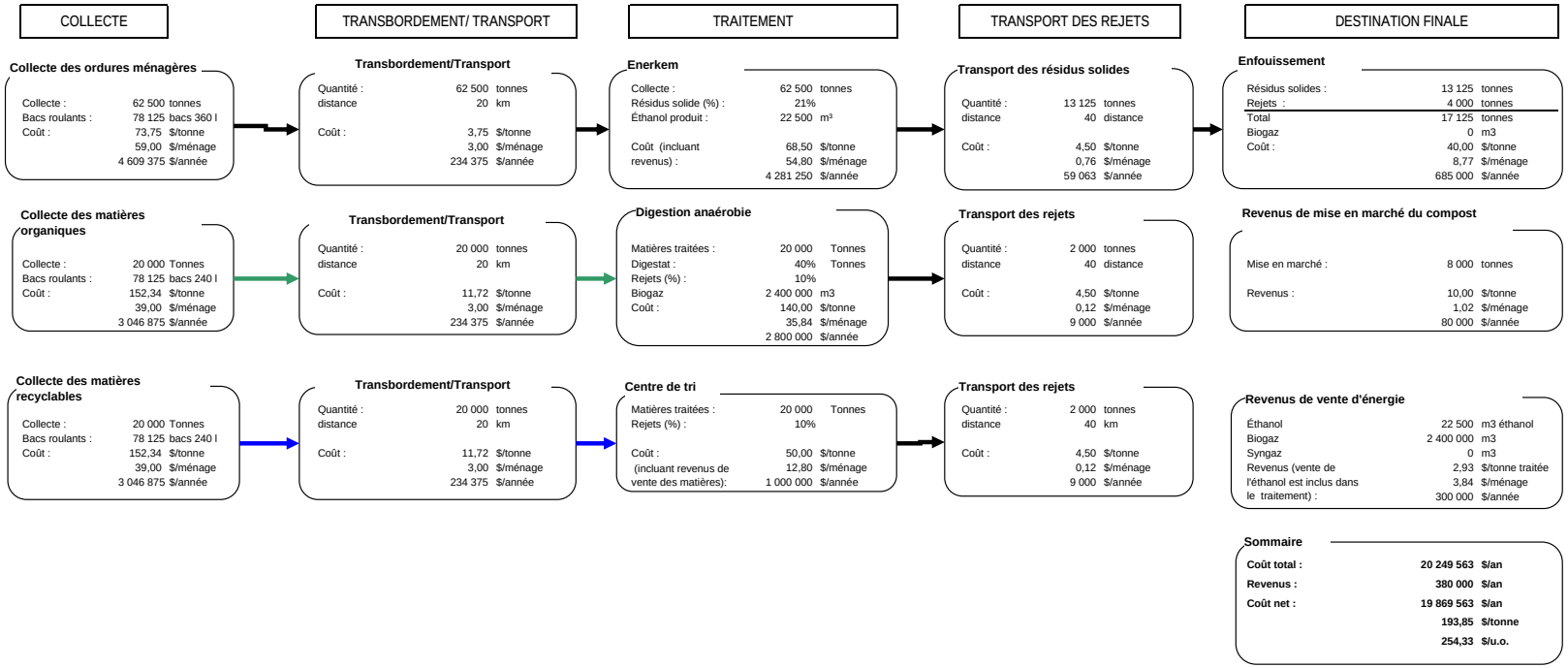
SCÉNARIO	**13**
Type de collecte	**3 voies**
Traitement des résidus ultimes	Gazéification à haute température
Traitement des résidus organiques	Digestion anaérobie
Population	200 000 habitants



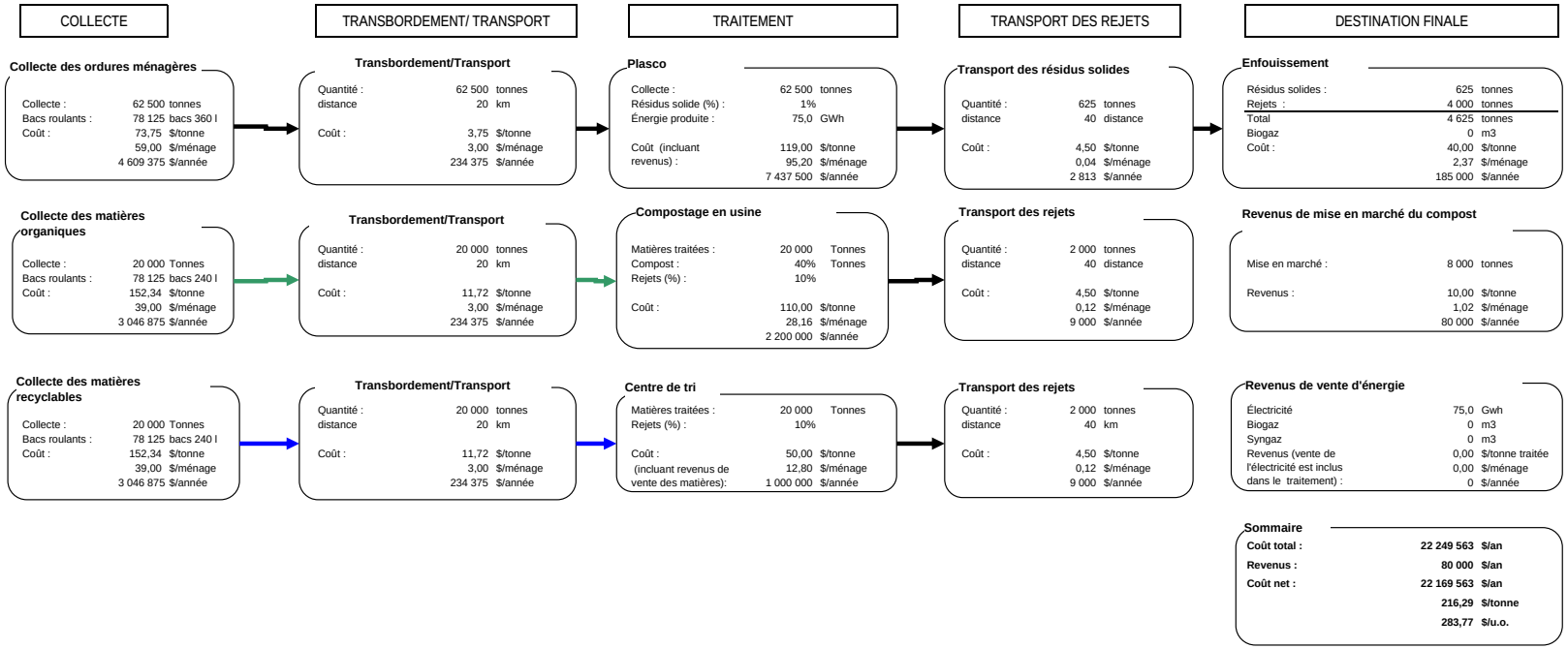
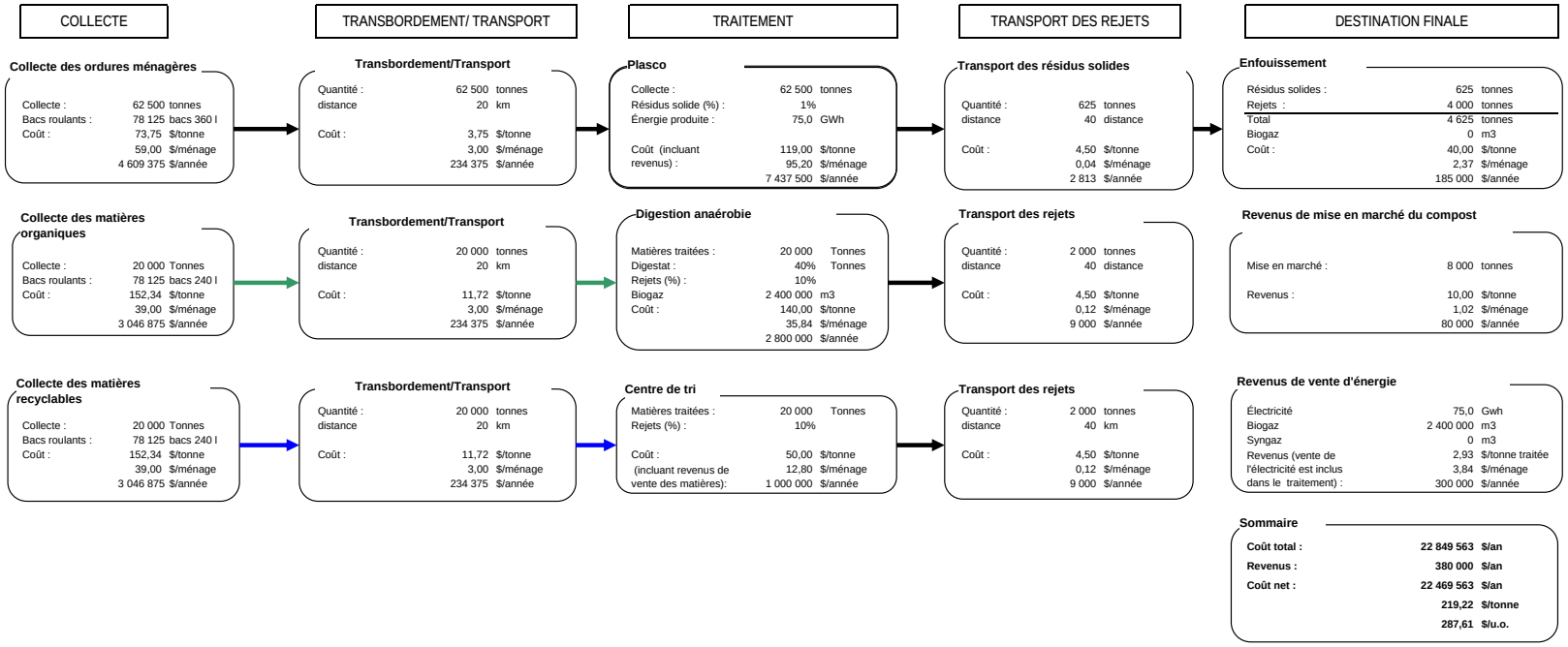
SCÉNARIO	**14**
Type de collecte	**3 voies**
Traitement des résidus ultimes	Gaséification avec production d'éthanol
Traitement des résidus organiques	Compostage en usine
Population	200 000 habitants



SCÉNARIO	**15**
Type de collecte	**3 voies**
Traitement des résidus ultimes	Gazéification avec production d'éthanol
Traitement des résidus organiques	Digestion anaérobie
Population	200 000 habitants



SCÉNARIO	**16**
Type de collecte	**3 voies**
Traitement des résidus ultimes	Gaséification au plasma
Traitement des résidus organiques	Compostage en usine
Population	200 000 habitants



SCÉNARIO	**17**
Type de collecte	**3 voies**
Traitement des résidus ultimes	Gaséification au plasma
Traitement des résidus organiques	Digestion anaérobie
Population	200 000 habitants