



Sté Rouennaise de Transformation



Sté de Promotion Industrielle et Energétique

La valorisation des laitiers métallurgiques et cendres volantes de charbon dans les gammes cimentières

Maison des Travaux Publics, Paris 8^e, le 23 mai 2012

Arnaud HOURDIN	SPI
William SONGEUR	SRT

Sommaire

1. Etat des lieux

1. Le contexte français
2. Les sources de cendres et de laitiers
3. Le dispositif de valorisation : CEM II, III & V

2. La réponse aux enjeux : le CEM V

1. Avantages produits : CEM V vs CEM III
2. Complémentarité technique cendres / laitiers
3. Formulation cimentière = Maîtrise de la variabilité des additions
4. Complémentarité géographique et logistique
5. Economie de la ressource et enjeux CO₂

Conclusion

1. Etat des lieux

Le contexte français

- Exigences Techniques croissantes
 - Bénéfices de la régularité des ciments pour réaliser des bétons techniques,
 - Maîtrise de la chaleur d'hydratation pour les bétons d'«ouvrages d'art»,
 - Conditions et qualité de mise en œuvre, ...
- Exigence Economique
 - Diminution du coût des chantiers par le développement des bétons techniques
- Evolution du contexte Environnemental
 - Limitation des émissions de CO₂ (quotas)
 - Recherche de nouvelles solutions de valorisation des déchets
 - Economie de la ressource naturelle

1. Etat des lieux

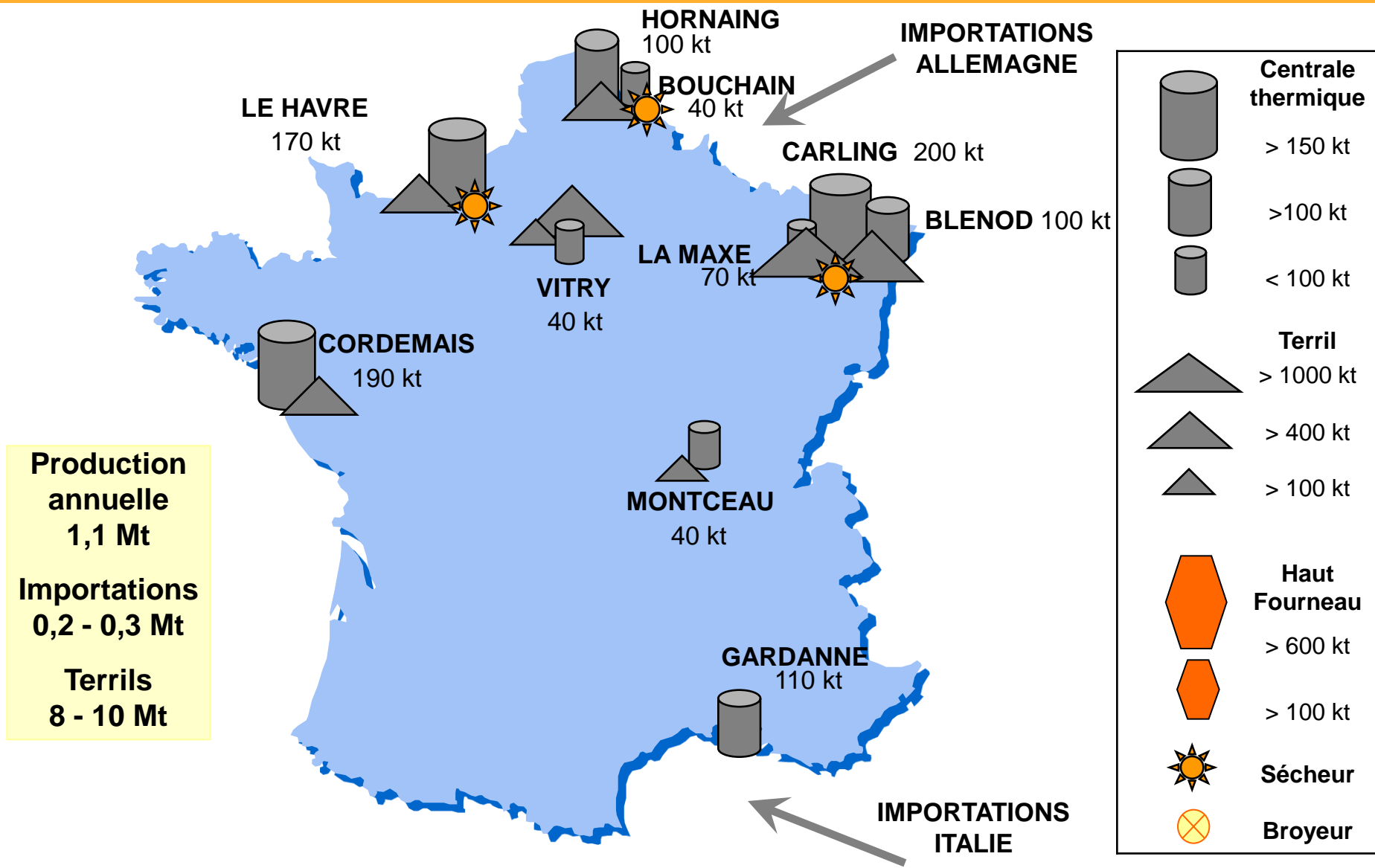
Le contexte français

Réponse : Evolution des gammes cimentières

- Développement de ciments techniques très performants
- Développement des gammes de ciments à fort taux d'ajouts (laitiers, cendres et fillers calcaires)

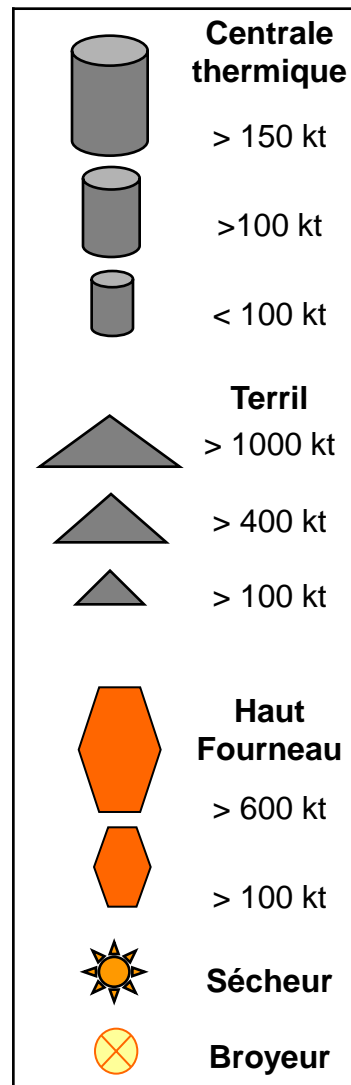
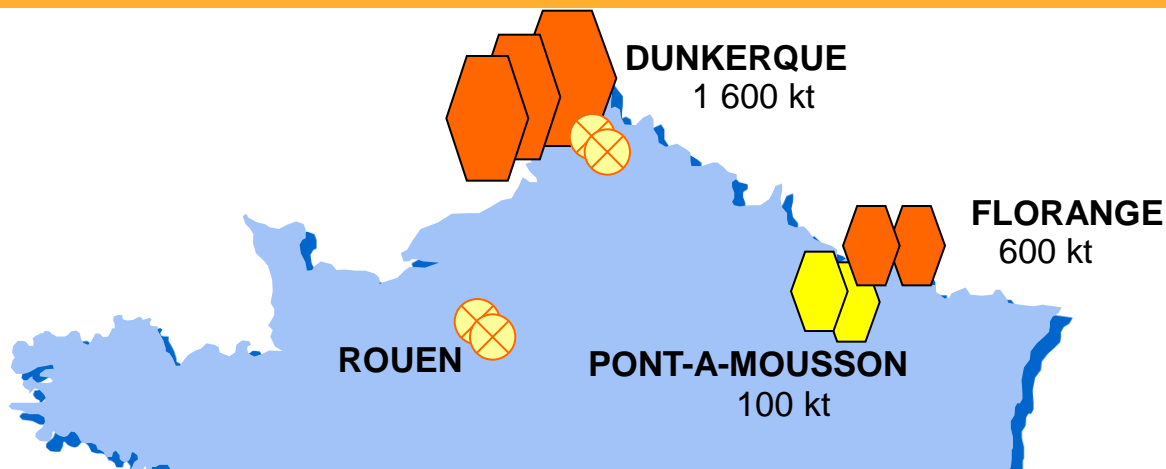
1. Etat des lieux

Les sources actuelles de cendres

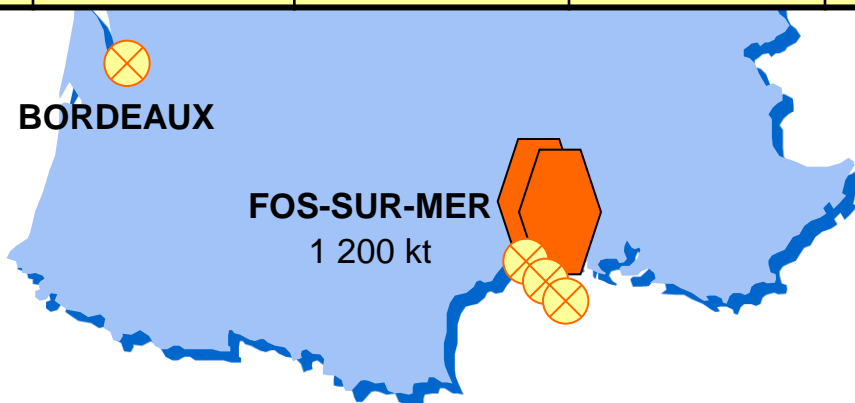


1. Etat des lieux

Les sources actuelles de laitiers

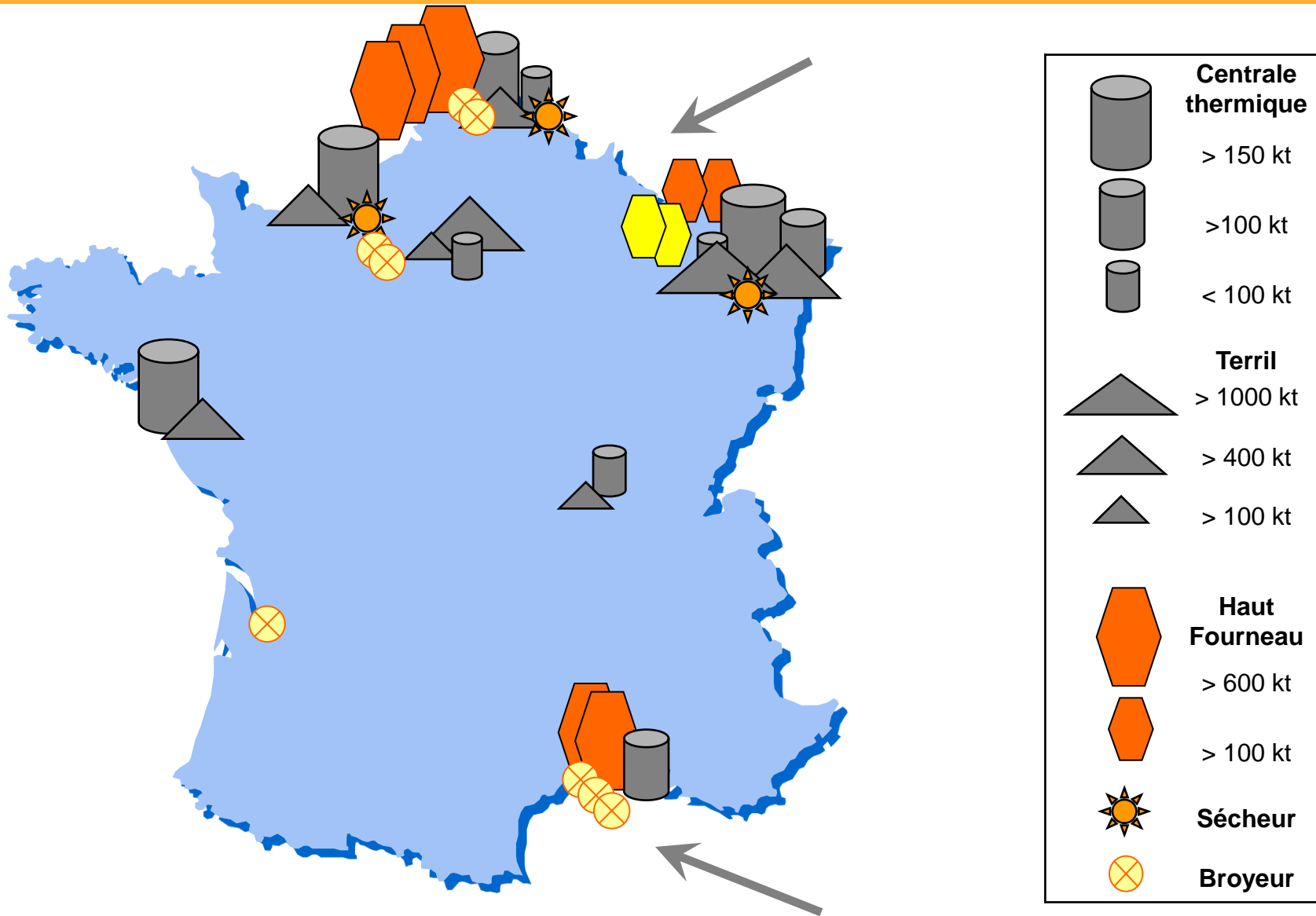


	2006	2008	2009	2010
Prod. laitier HF (en kt)	4200	3600	2300	3077



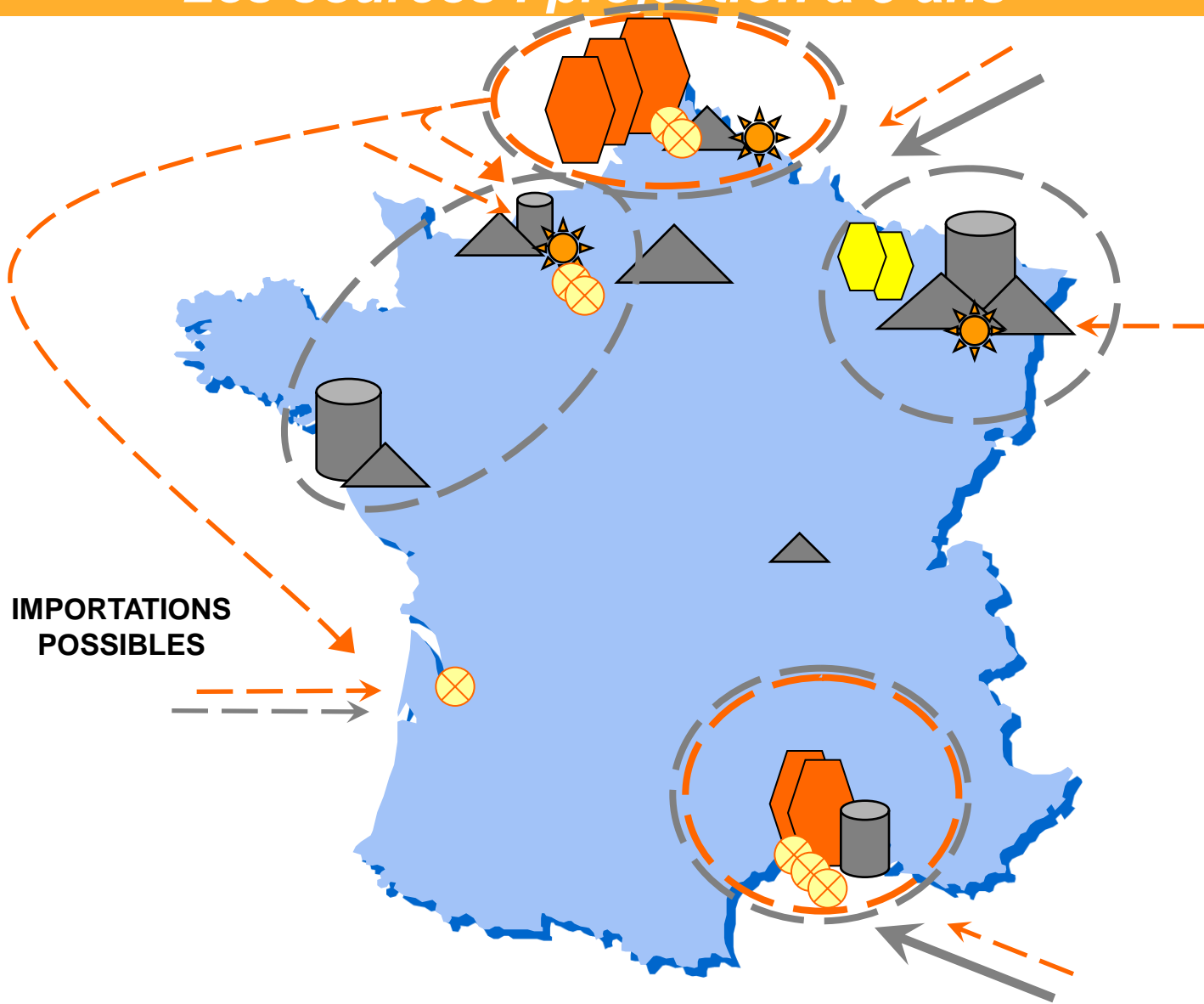
1. Etat des lieux

Les sources actuelles de cendres et de laitiers



1. Etat des lieux

Les sources : projection à 5 ans



Remarques

Laitiers

Légère diminution attendue des productions de laitiers du fait de l'arrêt de Florange
3,5 Mt ➔ 3,0 Mt




Cendres

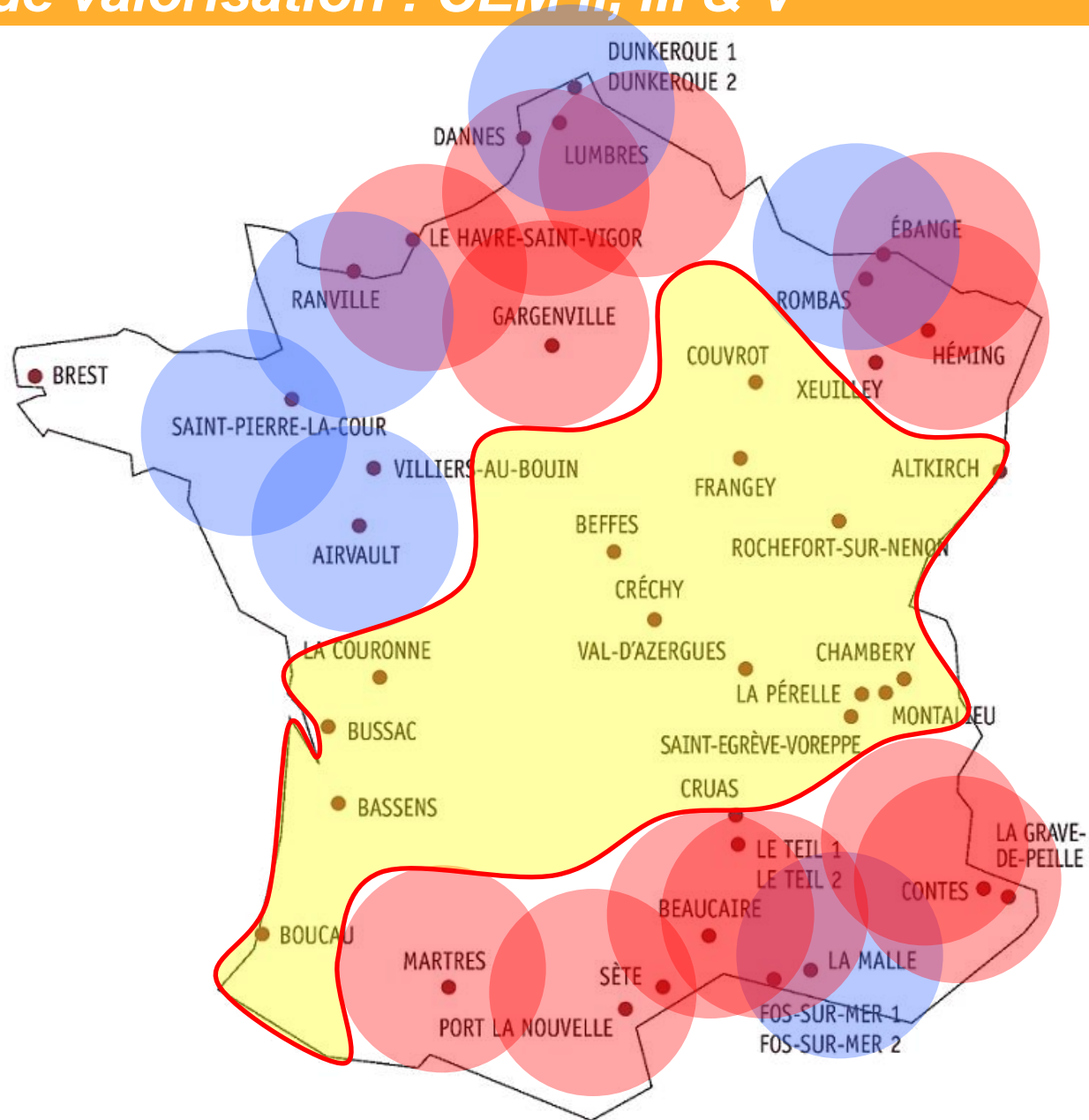
Perspectives d'augmentation du marché des cendres liées aux importations
1,1 Mt ➔ 1,5 Mt

1. Etat des lieux

Le dispositif de valorisation : CEM II, III & V

Situation actuelle des ciments aux ajouts

-  Zone laitier
CEM II
CEM III
-  Zone cendres
CEM II
-  Zone sans additions
laitier ou cendres




1. Etat des lieux

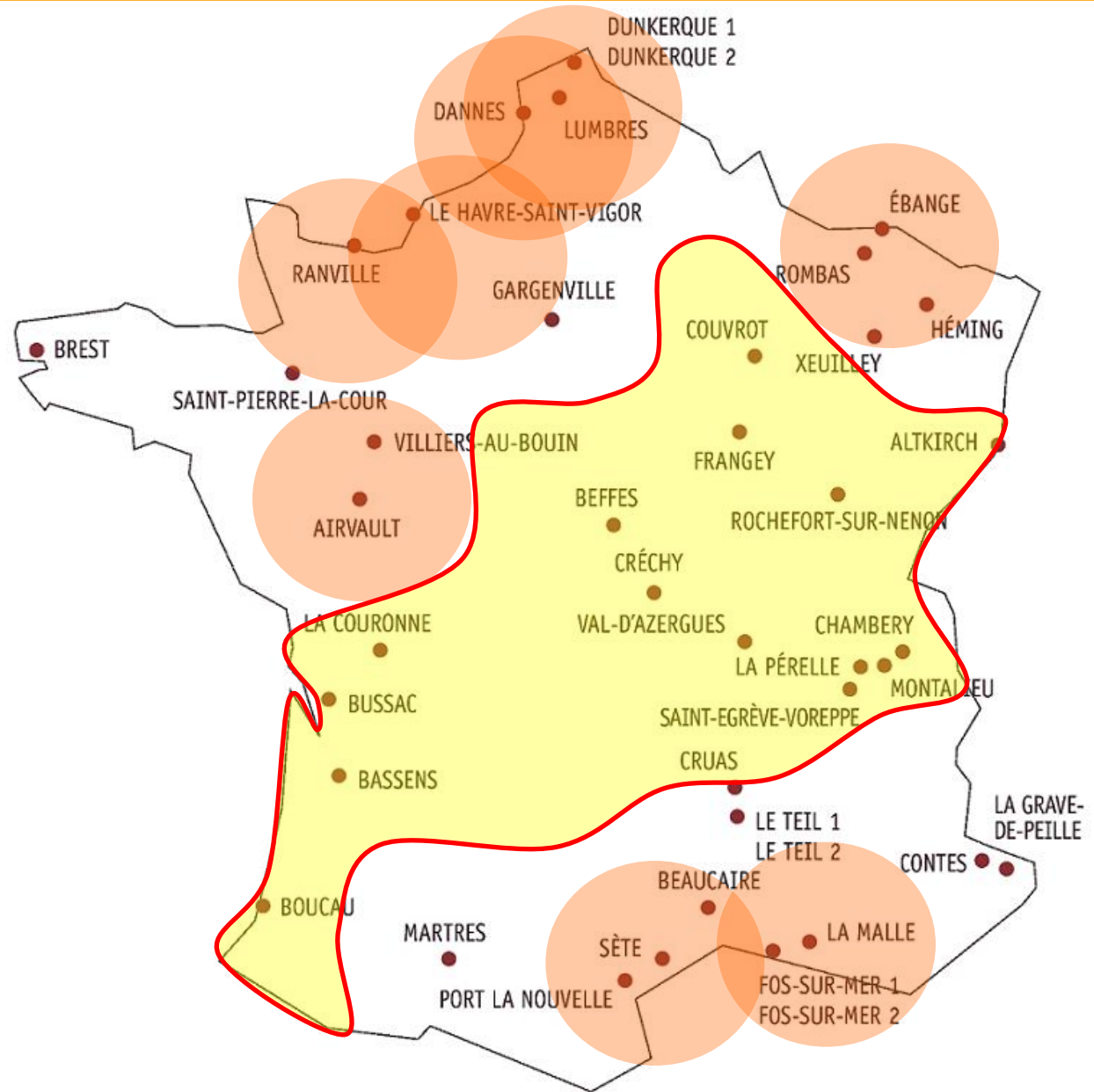
Le dispositif de valorisation : CEM II, III & V

Situation actuelle :

**Développement
des CEM V**

 Zone laitier & cendres
CEM V

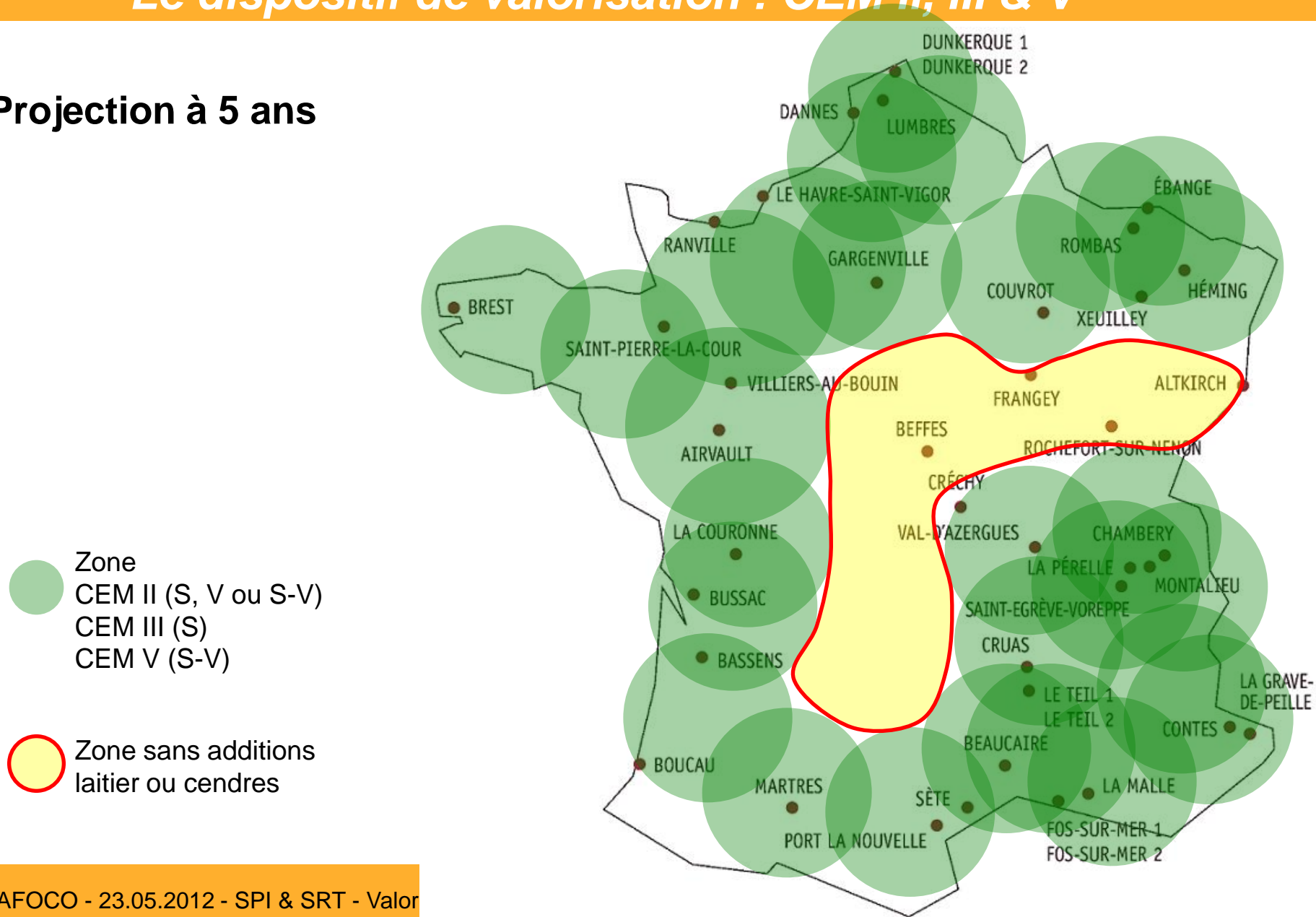
 Zone sans additions
laitier ou cendres



1. Etat des lieux

Le dispositif de valorisation : CEM II, III & V

Projection à 5 ans



Sommaire

1. Etat des lieux

1. Le contexte français
2. Les sources de cendres et de laitiers
3. Le dispositif de valorisation : CEM II, III & V

2. La réponse aux enjeux : le CEM V

1. Avantages produits : CEM V vs CEM III
2. Complémentarité technique cendres / laitiers
3. Formulation cimentière = Maîtrise de la variabilité des additions
4. Complémentarité géographique et logistique
5. Economie de la ressource et enjeux CO₂

Conclusion

2. La réponse à la demande : le CEM V

Avantages produits : CEM V vs CEM III

- Les CEM V, qui intègrent laitiers et cendres, apportent des avantages techniques décisifs par rapport aux CEM III qui n'intègrent que des laitiers.
- Pourquoi ?
 - Limites des cendres et des laitiers :
 - Les cendres : forte caractéristique hydrophile
 - Les laitiers : forte caractéristique hydrophobe
- Avantages du CEM V :
 - Ces deux inconvénients majeurs pris séparément deviennent un avantage commun dans le CEM V par la composition : clinker / laitier / cendres
 - Meilleure maniabilité apportée par les cendres
 - Rétention d'eau maîtrisée
 - Poursuite du développement des résistances bétons pendant près de 3 ans

2. La réponse à la demande : le CEM V

Complémentarité technique Cendres / Laitiers

	Laitiers	Cendres
Chaleur d'hydratation	Diminue	Diminue
Maniabilité des bétons frais	Pénalise	Améliore
Demande en eau	Diminue (percolation)	Augmente (hydrophile)
Prise	Propriétés hydrauliques à partir de 7 jours	Propriétés pouzzolaniques à partir de 25 jours
Impact de la variabilité	Très fort	Limité
Couleur	Claire	Sombre

2. La réponse à la demande : le CEM V

Complémentarité technique Cendres / Laitiers

- Les exigences contradictoires du marché final (réalisation des ouvrages)

	Laitiers	Cendres	CEM III	CEM V
Performance à court terme	-	- - -	+ +	+ +
Performance à long terme	+ +	+ + +	+ +	+ + +
Facilité de mise en œuvre	- - -	+	+	+ + +
Qualité de mise en œuvre	- - -	+	+	+ + +

Rappel : seul le clinker permet l'activation des additions

2. La réponse à la demande : le CEM V

Formulation cimentière = Maîtrise de la variabilité des additions

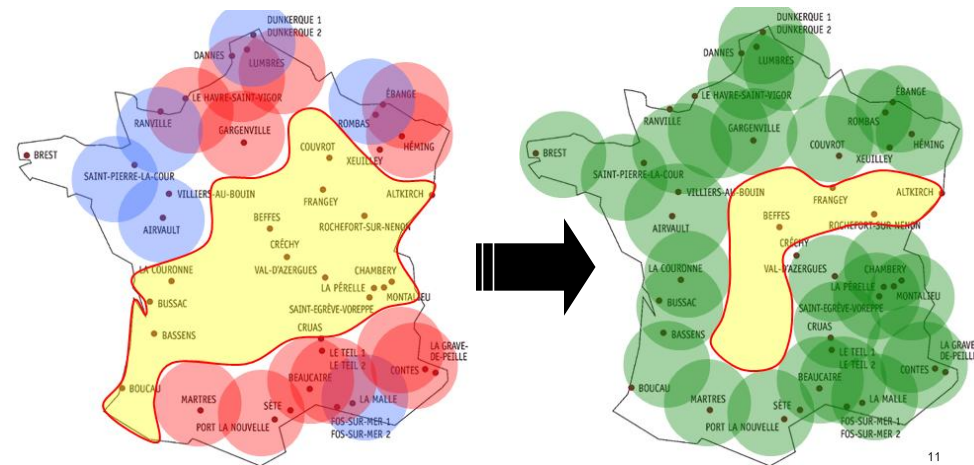
- La combinaison laitiers et cendres dans le CEM V permet de mieux compenser les différentes variabilités de ces additions :
 - Variabilité de la qualité :
 - Process de production
 - Cendres : perte au feu, composition chimique
 - Laitiers : granulométrie, phase vitreuse, sulfures, TiO₂, composition chimique (*cf. AFOCO – Marseille – mai 2011*)
 - Stockage : effets du vieillissement et du tassement
 - Variabilité du sourcing :
 - Différence de saisonnalité de la production
 - Effets conjoncturels
 - Maintenance / Revamping

La combinaison optimale des additions cendres et laitiers garantissant la qualité du béton ne peut se faire qu'en cimenterie, par le CEM V

2. La réponse à la demande : le CEM V

Complémentarité géographique et logistique

- Complémentarité du maillage géographique des sites de production laitiers et cendres.
- Avantages logistiques :
 - Massification des flux entrants
 - Capacité de stockage
 - Outils de formulation disponibles
- Taux de couverture géographique optimisé pour les ciments à ajouts
- La complémentarité tri-composants (CEM V) en amont en cimenterie existe déjà sur quelques unités. Leur extension, voire leur généralisation, n'implique pas d'adaptation majeure du dispositif cimentier.



2. La réponse à la demande : le CEM V

Economie de la ressource et enjeux CO₂

- Exigences environnementales :
 - Economie de la ressource : carrières et énergies fossiles
 - Réduction des émissions de CO₂
- ➔ **Les ciments à fort taux d'ajouts offrent le meilleur potentiel pour satisfaire ces exigences.**

Capacité de valorisation des additions par le marché	Actuel	Maximum (additions domestiques)	Techniquement potentiel (domestiques + imports)
C/K (Ciment/Clinker)	1,3	1,5	1,7
Economie de CO₂ (766kg/t clinker) basée sur une production nationale de 20 Mt		1,6 Mt	2,8 Mt

2. La réponse à la demande : le CEM V

Economie de la ressource et enjeux CO₂

- Les conditions requises :
 - Privilégier les formulations ciment à fort taux d'ajouts par rapport au mélange BPE (*cf. AFOCO – Marseille – mai 2011*)
 - Développer des volumes d'additions significatifs à l'import (essentiellement des cendres)
 - Optimiser l'utilisation combinée (CEM V) des additions

Sommaire

1. Etat des lieux

1. Le contexte français
2. Les sources de cendres et de laitiers
3. Le dispositif de valorisation : CEM II, III & V

2. La réponse aux enjeux : le CEM V

1. Avantages produits : CEM V vs CEM III
2. Complémentarité technique cendres / laitiers
3. Formulation cimentière = Maîtrise de la variabilité des additions
4. Complémentarité géographique et logistique
5. Economie de la ressource et enjeux CO₂

Conclusion

Conclusion

EXIGENCES		CEM I + laitier	CEM III	CEM V
		Mélange BPE	Formulation cimentière	
Techniques	Performance	-	++	+++
	Facilité mise en œuvre	--	+	+++
	Qualité mise en œuvre	--	+	+++
Maîtrise variabilité	Qualité	---	+	+++
	Sourcing	---	-	++
Logistique		---	-	++
Environnement	Economie ressource	+	++	+++
	Emissions CO2	+	++	+++