

Recyclage et valorisation des déchets et sous-produits industriels en construction : conditions et expériences

Luc COURARD, Université de Liège, Belgique

Eco-matériaux de construction, Ouagadougou, 10-12 juin 2013

Constatation

Nous produisons beaucoup de déchets

Difficile à estimer

Ce chiffre varie de 3.400 à 4000 milliards de kilos par an, soit de 80 à 126 tonnes de kilos de déchets générés chaque seconde !

Chaque jour, l'activité humaine produit environ plus de 10 milliards de kilos de déchets.

Selon Pike Research, nous produirons 74 millions de tonnes de déchets et d'équipements électriques et électroniques par an en 2014 soit 2346 kilos par seconde!

Source: <http://www.planetoscope.com/dechets/363-production-de-dechets-dans-le-monde.html>

Constatation

Nous produisons beaucoup de déchets

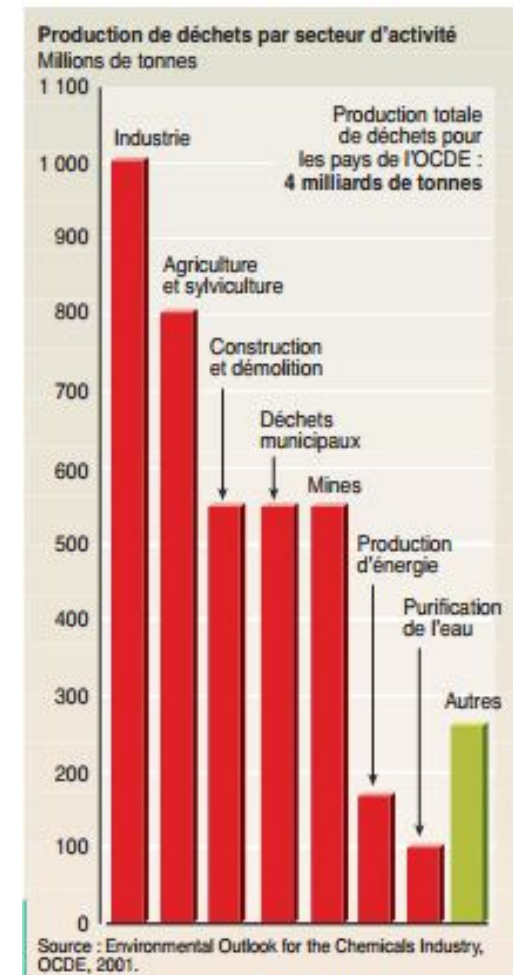
Répartition des déchets (différentes formes)

- 83% des déchets se trouvent sous forme solide;
- 10% des déchets se trouvent sous forme pâteuse;
- 7% des déchets se trouvent sous forme liquide.

Production de déchets industriels

- déchets inorganiques (70%)
- déchets organiques (25%)

Le solde est constitué de déchets non classés



Sommaire

Constatation

les chiffres

Attitudes et conception

concevoir et recycler

Exemples de recyclage

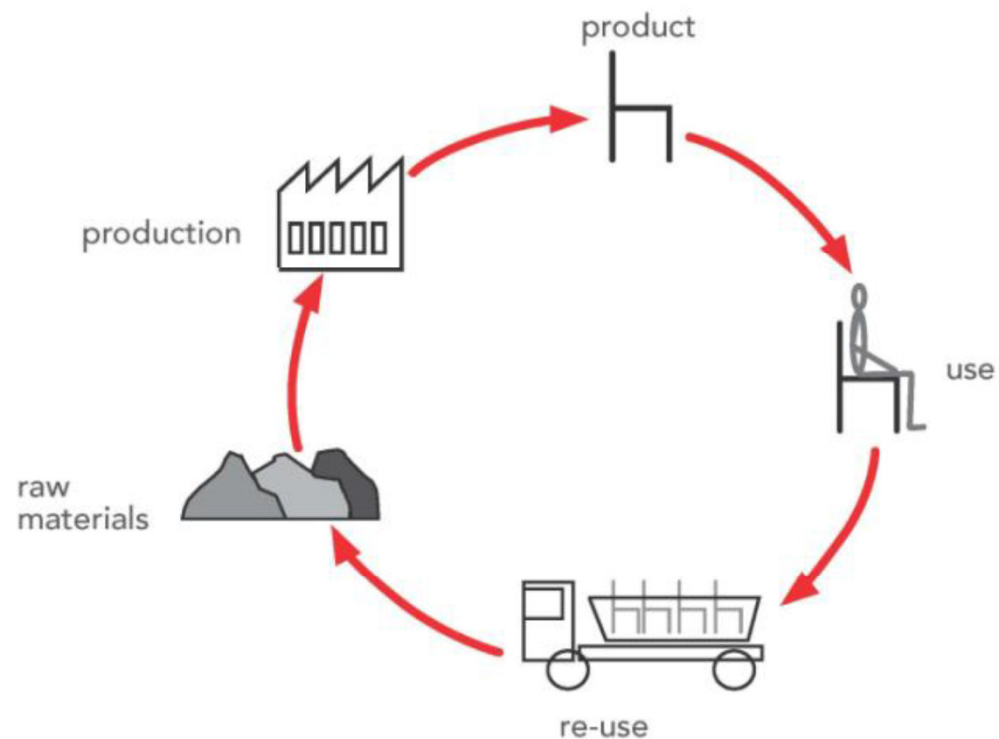
applications et restrictions

Conclusions et perspectives

Attitudes et conception

Concevoir et recycler

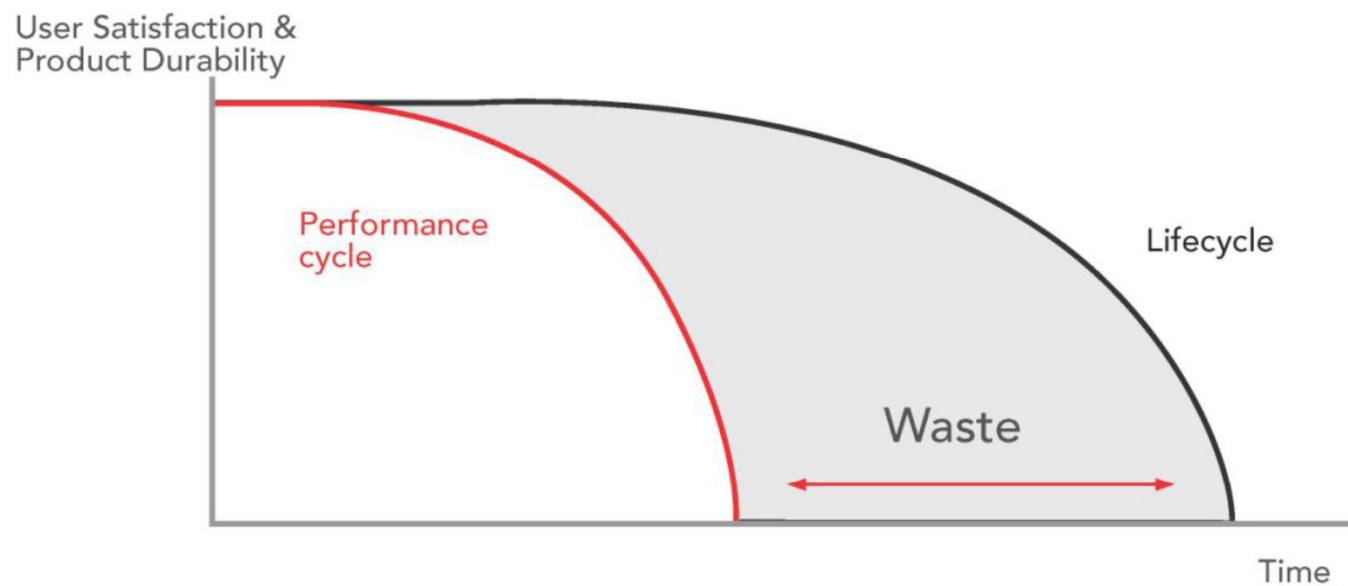
Eco-bénéficine



C2C - TECHNICAL NUTRIENT CYCLE

SOURCE: S. BECKERS (d'après M. BRAUNGART -EPEA, Cradle to Cradle)

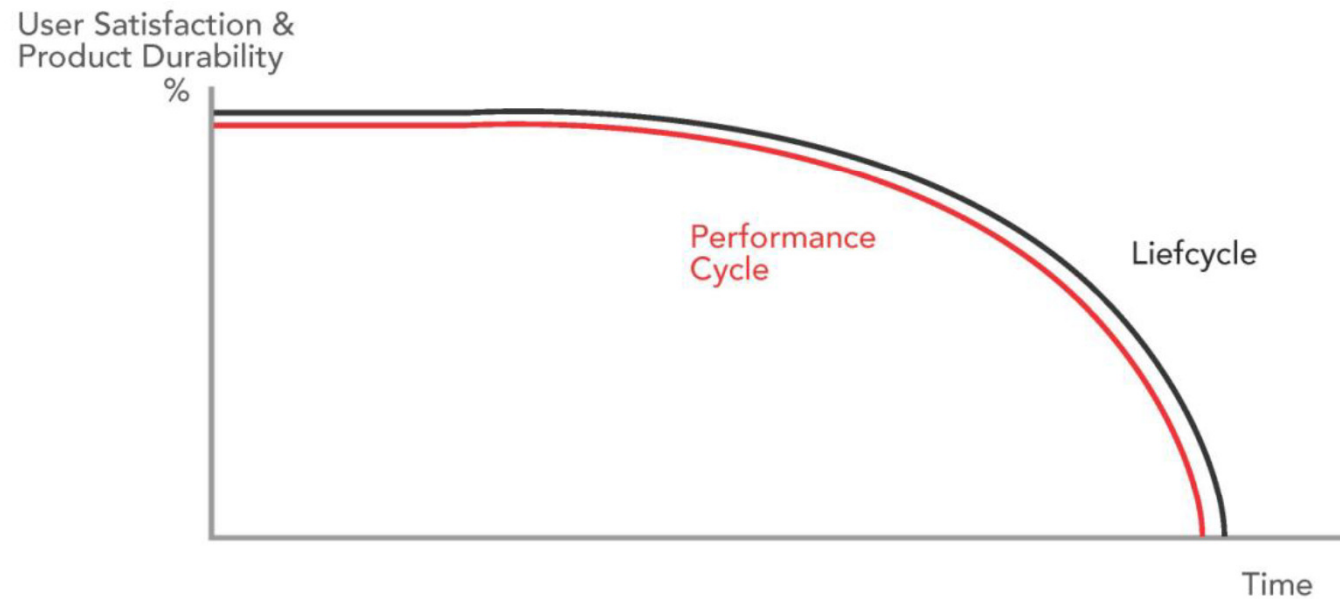
Eco-bénéfice



Life cycle versus Performance cycle

SOURCE: S. BECKERS (d'après M. BRAUNGART –EPEA, Cradle to Cradle)

Eco-bénéfice



Life cycle versus Performance cycle

SOURCE: S. BECKERS (d'après M. BRAUNGART –EPEA, Cradle to Cradle)

Recyclage et réemploi

Le recyclage s'inscrit dans la stratégie de traitement des déchets dite des 3 R

réduire, qui regroupe tout ce qui concerne la réduction de la production de déchets,

réutiliser, qui regroupe les procédés permettant de donner à un produit usagé un nouvel usage,

recycler, qui désigne le procédé de traitement des déchets par recyclage.



Conditions du recyclage

Adéquation entre le gisement et la marché

Exemple: démolition et construction routière

Recyclage sur site = 50% économie totale

70% en frais de transport

20% coût des matériaux

10% frais de versage en C.E.T.

Freins au recyclage

Transport

Règlementarisme

Béton de bois



Conditions du recyclage

Transport

Prix transport = f(quantité, distance)

Indépendant de la qualité

Recyclage intéressant si

C.E.T. éloigné

Coût de versage élevé

Matières premières coûteuses et approvisionnement difficile

Fillers calcaires



Règlementarisme

un matériau n'a pas de spécification car nouveau et peu utilisé

un matériau est peu utilisé car non couvert par des spécifications

Conditions du recyclage

Évaluation de l'opportunité du recyclage

Technique

Caractérisation des déchets

Durabilité

Constance des propriétés

Logistique et économique

Gisement et transport

Constance de production

Conditionnement

Localisation

Atelier de reconditionnement de chaussée



Conditions du recyclage

Évaluation de l'opportunité du recyclage

Technique

Caractérisation des déchets

Durabilité

Constance des propriétés

Logistique et économique

Gisement et transport

Constance de production

Conditionnement

Localisation

Conditions du recyclage

Évaluation de l'opportunité du recyclage

Environnementale et économique

Diminution des quantités mises en C.E.T

Obligation réglementaire d'élimination

Taxation

On ne recycle pas ...
*n'importe quoi, n'importe
comment, à n'importe quel prix.*



Baldaccini, César - "Compression" - (1960)

Conditions du recyclage

Besoins du génie civil

matériaux, sur lesquels pèsent de faibles exigences et consommés en grande masse dans les remblais mais transportables sur de faibles distances en raison des coûts;

granulats, qui doivent répondre à des spécifications diverses selon la place qu'ils occuperont dans les structures et les techniques de traitement utilisées. Les exigences de qualité peuvent à ce niveau devenir élevées, voire sévères pour les couches de surface, (produits finis de qualité identiques à celle des matériaux traditionnels);



Conditions du recyclage

Besoins du génie civil

liants, qui doivent répondre à des spécifications bien précises et dont les propriétés doivent rester constantes dans le temps. Employés en petite quantité et concurrentiels de produits coûteux (ciments, bitumes), ils peuvent connaître des conditionnements préalables à l'emploi et supporter des coûts de transport plus élevés;

activants, qui seront utilisés en petites quantités, ce qui peut poser des problèmes de collecte, stockage, distribution et régularité.

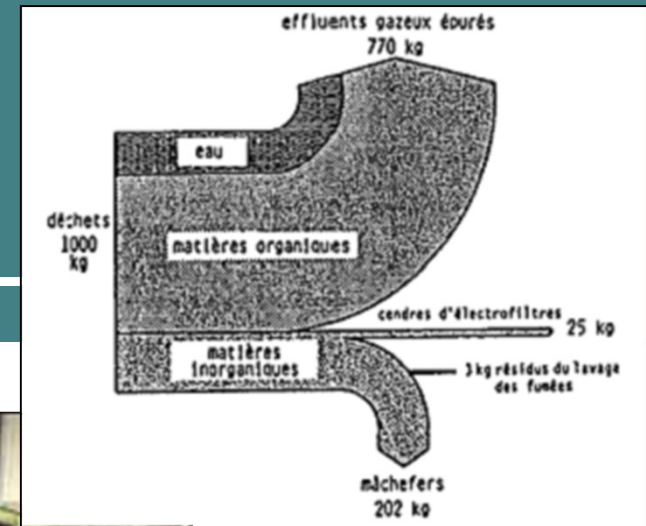


Exemples de recyclage

Applications et restrictions

Recyclage des déchets urbains

Economiser les ressources
Déchets municipaux
Combustion à 900-1000°C
Opérations post-combustion



Appvisionnement



Criblage



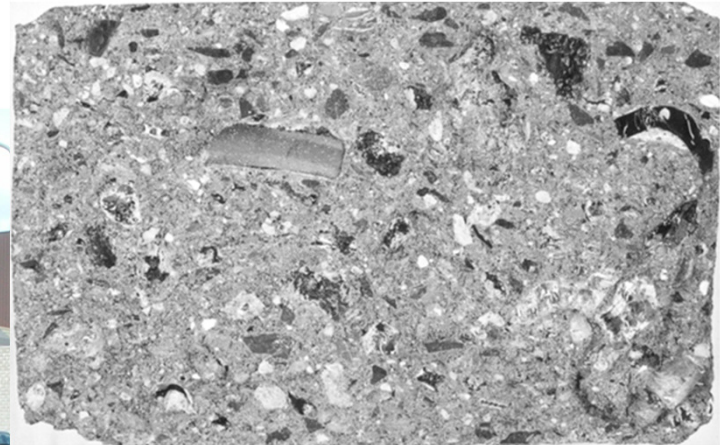
Séparation
magnétique



Maturación
(10 – 20 semaines)

Recyclage des déchets urbains

Economiser les ressources



1 cm

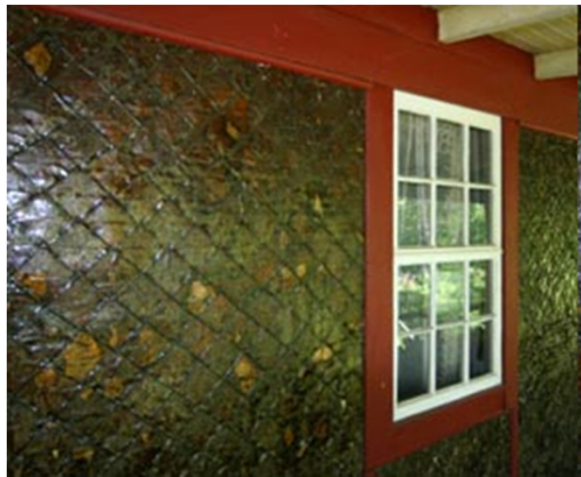
Industrial process – 10% MSW slags

Splitting resistance(N/mm ²)	4.05 ± 0.53
Water absorption (%)	6.61 - 6.29
Abrasion (mm)	0.98 - 1.36

Source : Utilisation des mâchefers d'incinérateur d'ordures ménagères dans la fabrication des pavés en béton. L. Courard, R. Degeimbre, A. Darimont, A.-L. Laval, L. Dupont et L. Bertrand. Mater. Struct., 35 (Juillet 2002), 365-372.

Recyclage des déchets urbains

Papiers et cartons



www.paperhouserockport.com

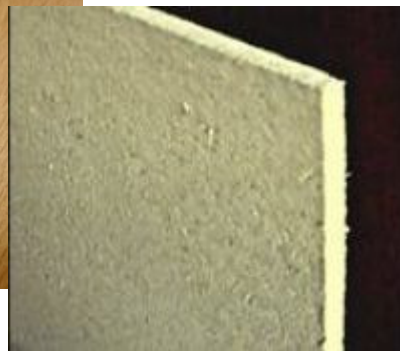
Mobilier dans la maison en papier d'Elis Stenman (Pigeon Cove, Massachusets
Source: Elfers, J. & Schuyt, M., « Les bâtisseurs de rêves »



Recyclage des déchets urbains

Papiers et cartons

Le panneau acoustique PAN TERRE NATURE de Acoustix est composé de **ouate de cellulose** et de *fibres de lin* compressées ce qui donne un panneau rigide avec des caractéristiques mécaniques et acoustiques exceptionnelles. Ces matériaux sont issus du recyclage et sont 100% recyclables.



www.terre.be

Recyclage des déchets urbains

Matières plastiques (www.autre-terre.org)



ASDES : assainir
Kaolack (Sénégal) et
promouvoir l'emploi

Pérou / CECYCAP
Arequipa



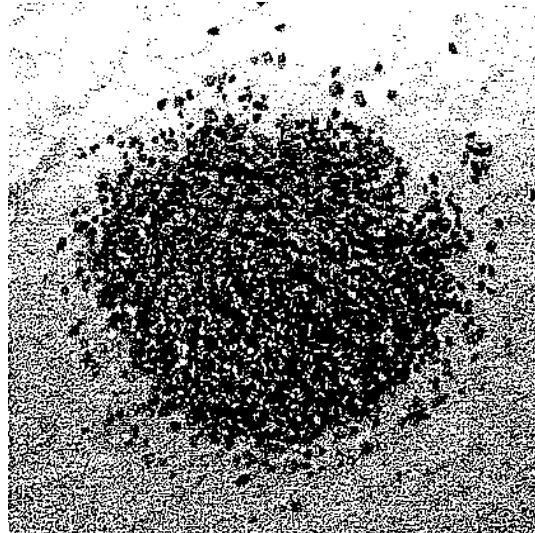
AJADD (Association Jeunesse
et Actions pour le
Développement Durable) est
née en 1996 à l'initiative de
jeunes aidés par le maire de
Kaya au Burkina-Faso.

Recyclage des déchets industriels

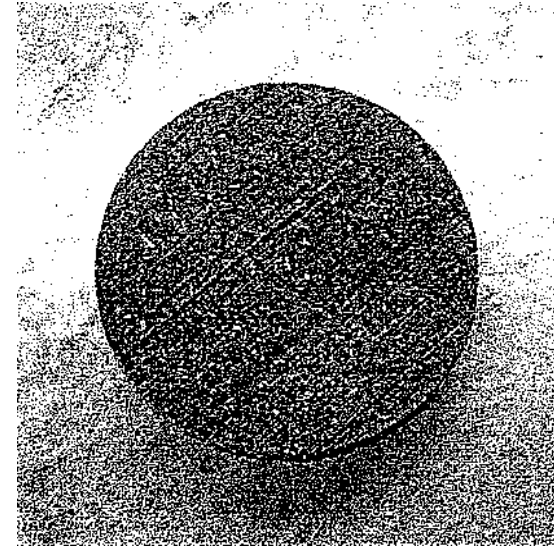
Caoutchoucs: poudrettes



pneus usagés



poudrette de caoutchouc



tapis de sol

transformation des pneus usagés

Recyclage des déchets industriels

Caoutchoucs: ouvrages de soutènement (procédé PNEUSOL)



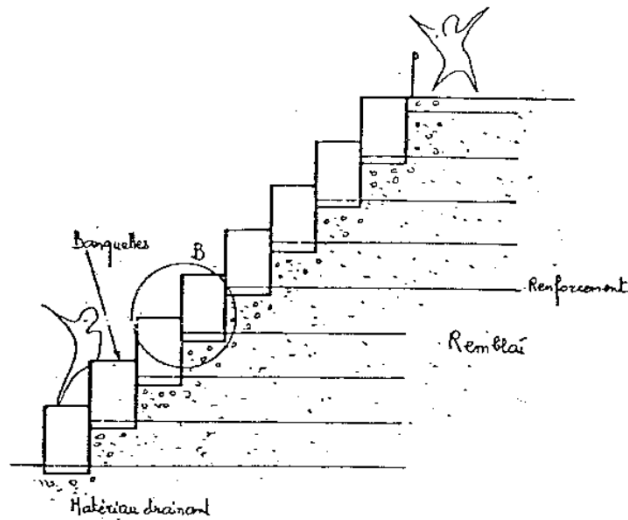
protection des pentes en Suisse



rampe pour véhicules

Recyclage des déchets industriels

Caoutchoucs: ouvrages de soutènement (procédé PNEUSOL)



stade en plein air (France)



réducteur de poussée à Mende (France)

Recyclage des déchets industriels

Cendres volantes de centrales thermiques (charbon)

Cendres entraînées par les fumées récupérées

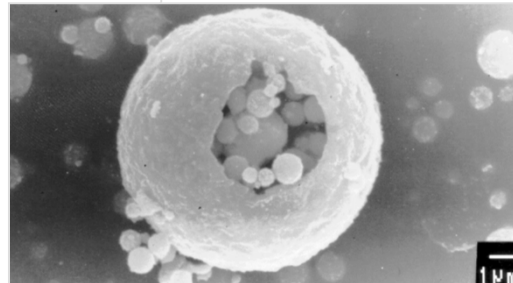
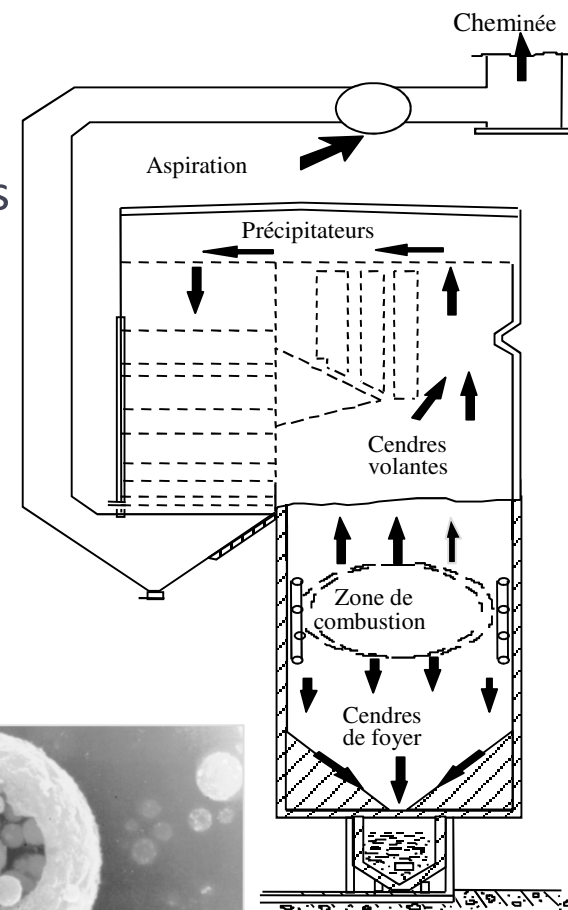
Poudre fine - microsphères noires et dures, creuses (céosphères) ou remplies d'autres sphères plus petites (plérosphères)

Structure minéralogique: combustion dans chaudière → structures amorphes (vitrifiées)

Granulométrie: $0.5 - 200\mu\text{m}$ et $d_{\text{Médian}} < 20\mu\text{m}$

Finesse: $SS = 2500-5500\text{ cm}^2/\text{g}$

Densité: $1.9 - 2.4$

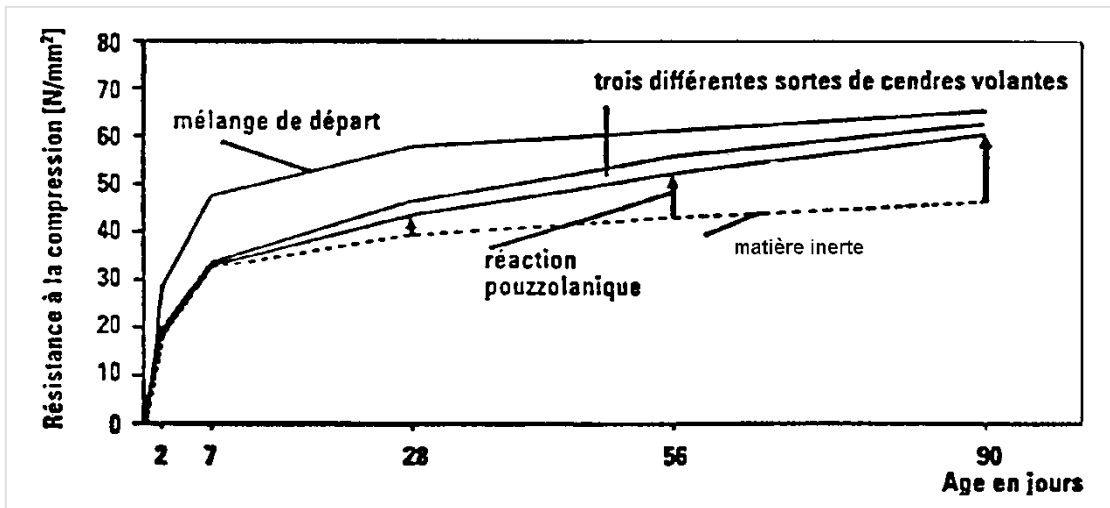


Recyclage des déchets industriels

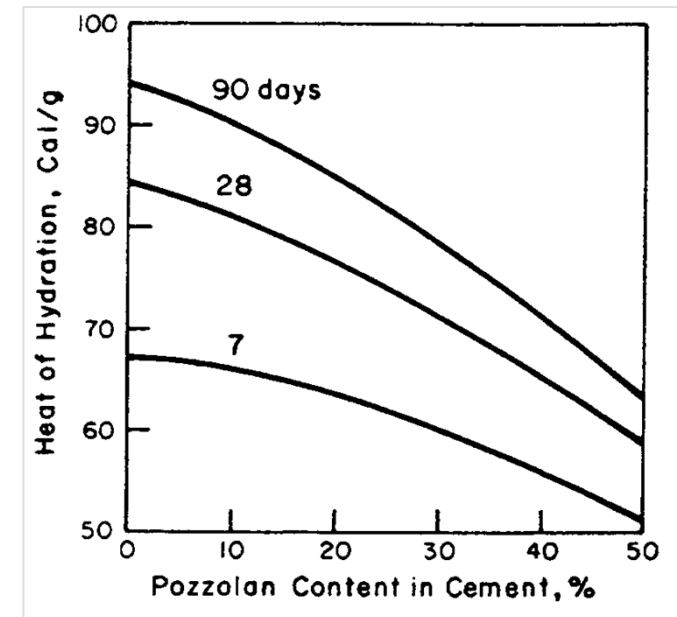
Cendres volantes de centrales thermiques

Réaction pouzzolanique

Réaction lente à se manifester ([CH] minimale nécessaire)



Emploi dans les ciments, les bétons légers, ...



Recyclage des déchets industriels

Laitiers de haut fourneau

Réaction hydraulique

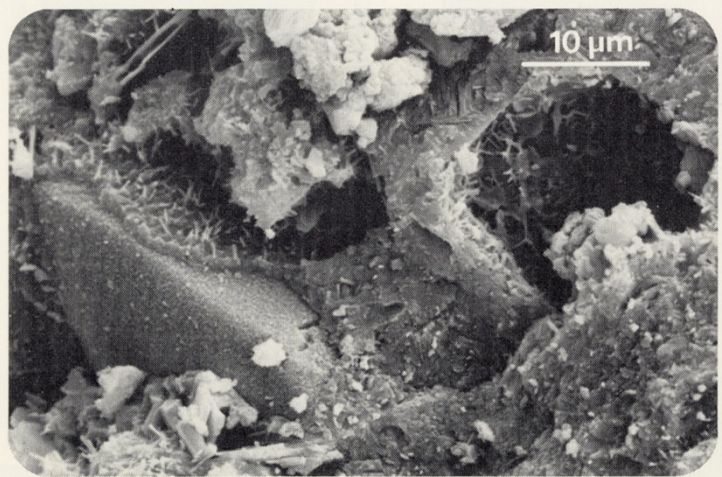
résistances plus faibles aux âges jeunes;

résistances équivalentes ou supérieures à moyen et long terme;

chaleurs d'hydratation plus faibles;

bon comportement en milieu agressif.

CEM III/A 32.5 après 90 j



Recyclage des déchets industriels

Déchets de construction et de démolition



Photos F. Debieb, Université de Médéa, Algérie

Recyclage des déchets industriels

Déchets de construction et de démolition: propriétés des granulats

Applications routières

L.A.: 10-15 à 40-45

Micro-Deval: 5-10 à 40-45

CPA: 0.55-0.60 à 0.40

Granulométrie, forme, propreté

Bétons

Propriétés mécaniques: idem

Faible teneur en matières organiques (effets sur hydratation)

Faible teneur en chlorures (effets sur hydratation, corrosion)

Faible teneur en sulfates (ettringite)

Faible teneur en alcalins (AAR)

Recyclage des déchets industriels

Déchets de construction et de démolition: propriétés des bétons

Propriétés = $f(\text{porosité des granulats (mortier)}, [C], [E])$

Origine des granulats

Mortier: L.A. = 45

Bétons de bâtiment ($[E] \uparrow$): L.A. = 37

Bétons routiers: L.A. = 31

Prise rapide (à cause de la porosité plus élevée: petits granulats → [mortier] plus élevée → absorption d'eau plus élevée)

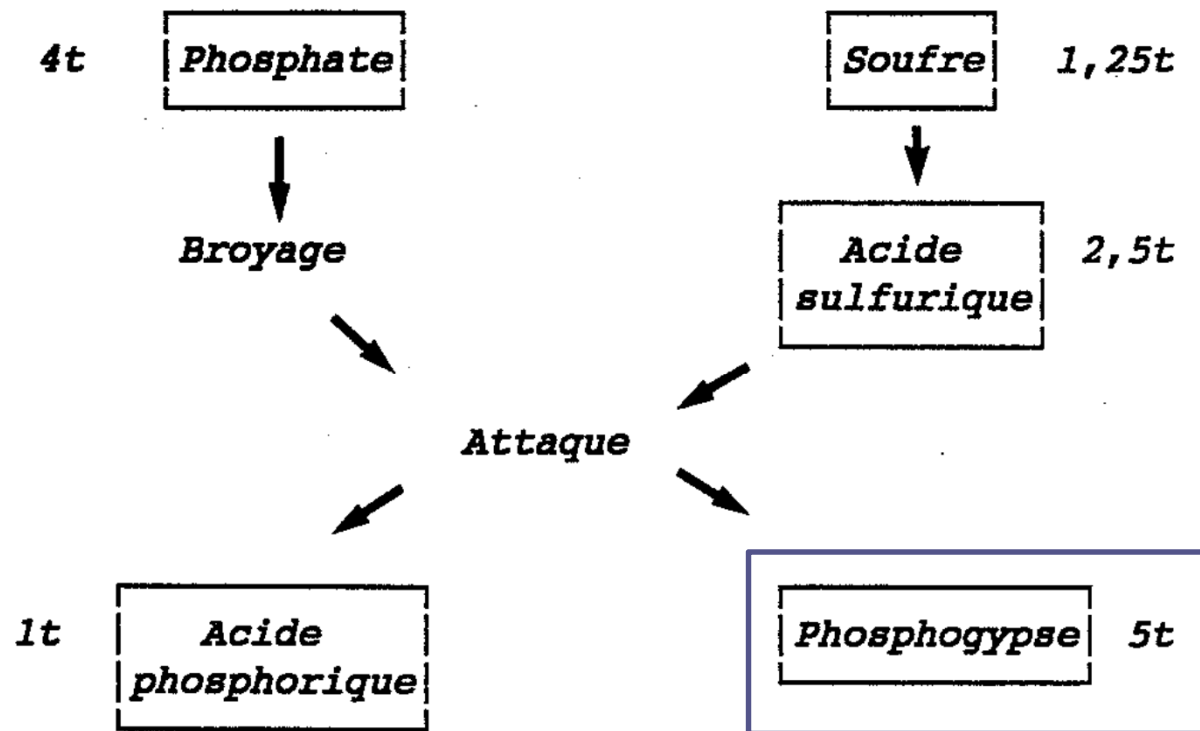
Influence du broyage

Broyeur à mâchoires ou à boulets: granulats nettoyés

Broyeur à percussion: granulats concassés avec mortier

Recyclage des déchets industriels

Phosphogypses



Recyclage des déchets industriels

Phosphogypses

Intérêt: remblai léger

masse volumique humide à la teneur en eau d'équilibre de $1,50 \text{ t/m}^3$ (contre 2 à $2,20 \text{ t/m}^3$ pour les sols traditionnels)

Dispositions minimales

site non sensible à la pollution par les eaux internes ou par les eaux de ruissellement;

hauteur raisonnable des remblais: 5 m;

ne pas construire en juxtaposition à des points durs;

pentés de talus: 1/1;



Photo CRR S2016

Conclusions et perspectives

Demain, les matériaux

Conclusions

Notre façon de recycler doit changer

Evaluer le gisement sur les plans social, technique, environnemental et économique

Développer les filières de valorisation

Affiner les techniques d'évaluation

Favoriser la diversité

Exploiter la mine urbaine

Intégrer de nouveaux critères de sélection

La nature l'a fait ..., pourquoi pas nous?



Merci

Takk

Hvala

Dziękuję

Thank you

Dank u

Grazie

Danke

Gratias

Arigato

Efkaristos