

# Gaz de schiste et de charbon - Quelques aspects d'ingénierie

---

## L'état de l'art en gazéification souterraine du charbon

*Marc Mostade, Managing Director*

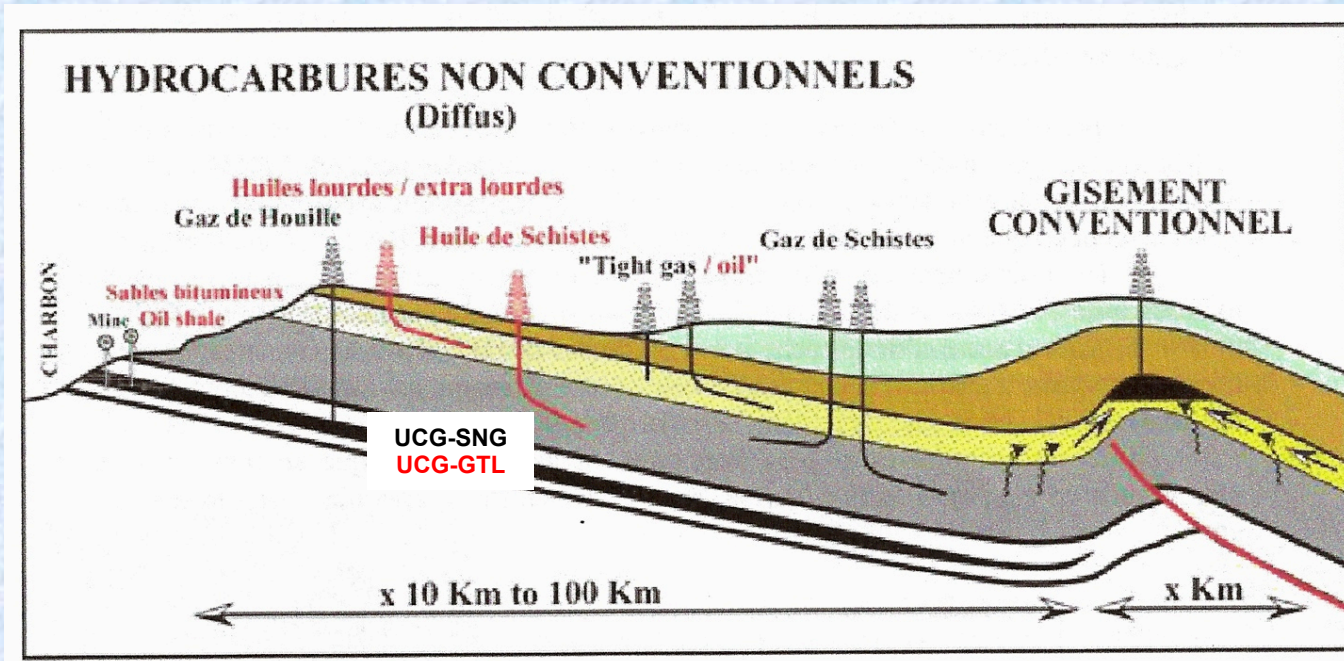
Lundi 8 décembre, Université de Mons

Société Belge de Géologie de l'Ingénieur et de Mécanique des Roches



Your Partner in Non-conventional Deep Coal Engineering

# La révolution des énergies non-conventionnelles - contexte



- ✓ Les énergies fossiles conventionnelles et non-conventionnelles coexistent très souvent dans un même bassin sédimentaire.
- ✓ Les techniques non-conventionnelles d'exploitation des énergies fossiles se caractérisent par l'obligation de stimuler la roche dans laquelle elles sont piégées dès la première phase d'exploitation pour obtenir une production commerciale



# La gazéification souterraine du charbon (GSC) - Introduction

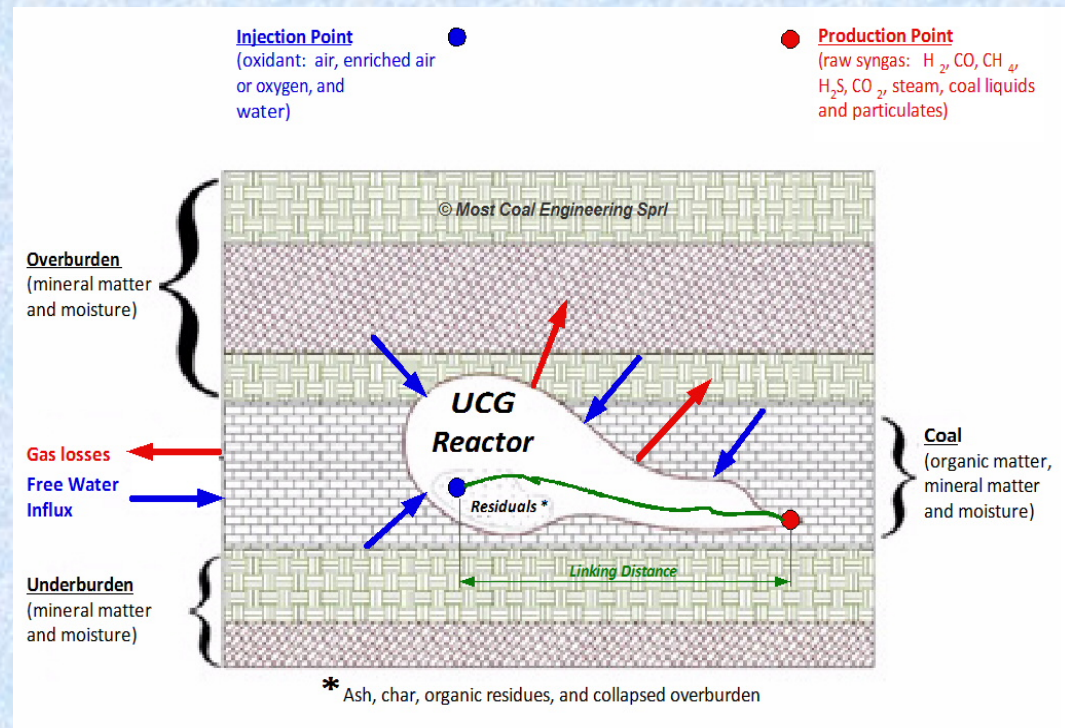
La GSC (« Underground Coal Gasification (UCG) en anglais ») est la combinaison d' :

- (i) un processus minier  
(avec sa propre efficacité & son propre impact environnemental ), et
- (ii) un processus de conversion de l'énergie solide => gaz  
(avec sa propre efficacité & son propre impact environnemental).

La GSC moderne est entièrement basée sur les forages et les équipements de puits (type gaz & pétrole)

Toutes les techniques de GSC sont similaires étant donné qu'elles requièrent au minimum deux points de contrôle du processus souterrain **reliés entre eux dans la veine de charbon** :

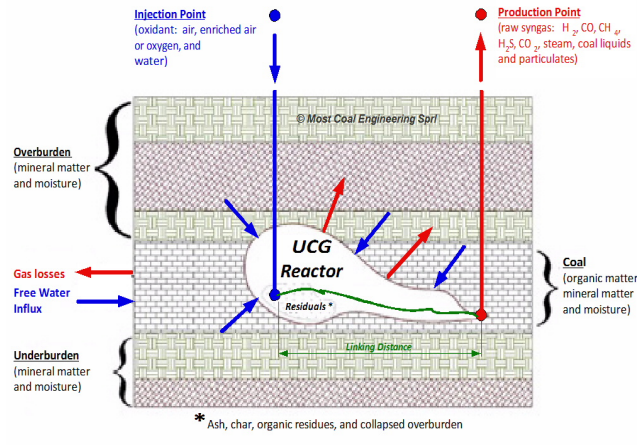
- (i) Un pour injecter les agents gazéifiant et initier/allumer le processus, et
- (ii) L'autre pour récupérer le gaz de synthèse produit.



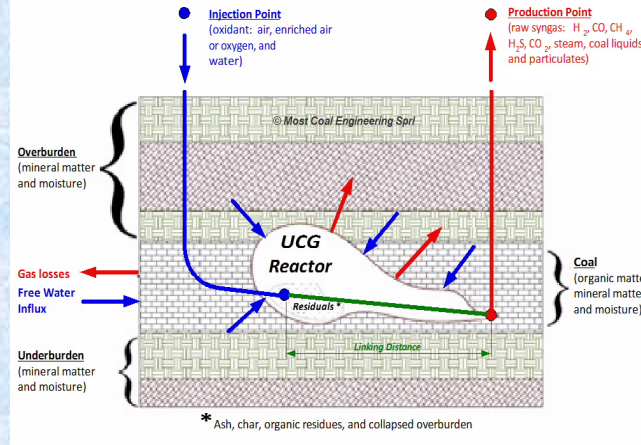


# GSC – Revue de la technologie (types de configuration)

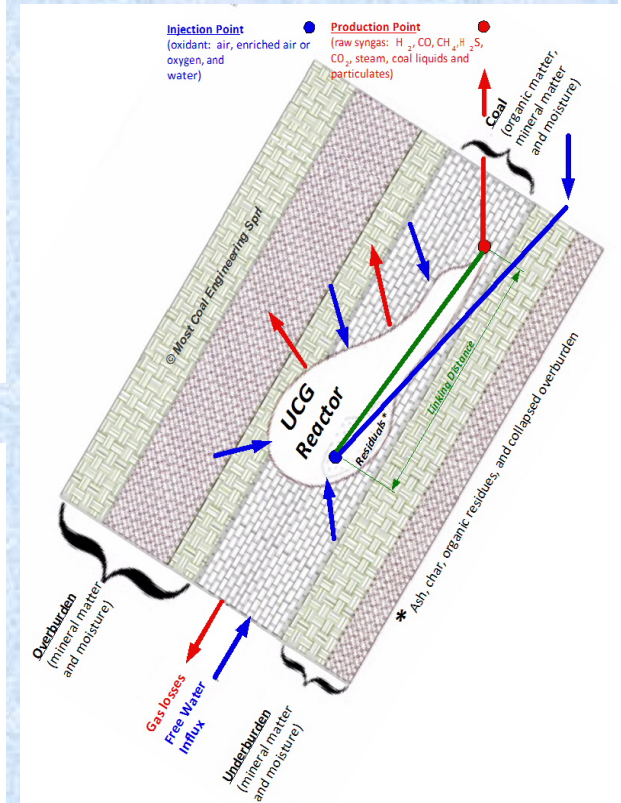
## Liaison de forages verticaux Linked Vertical Well (LVW)



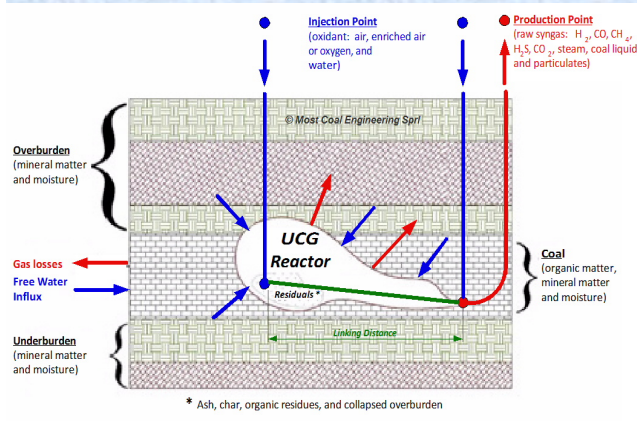
## Rétraction contrôlée du point d'injection Controlled Retracting Injection Point (CRIP)



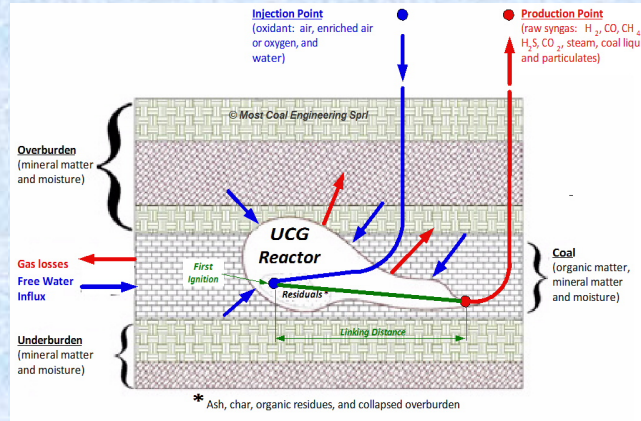
## Veine à grand pendage Steeply Dipping Bed (SDB)



## Standard



## Linéaire



## Améliorée

## Parallèle

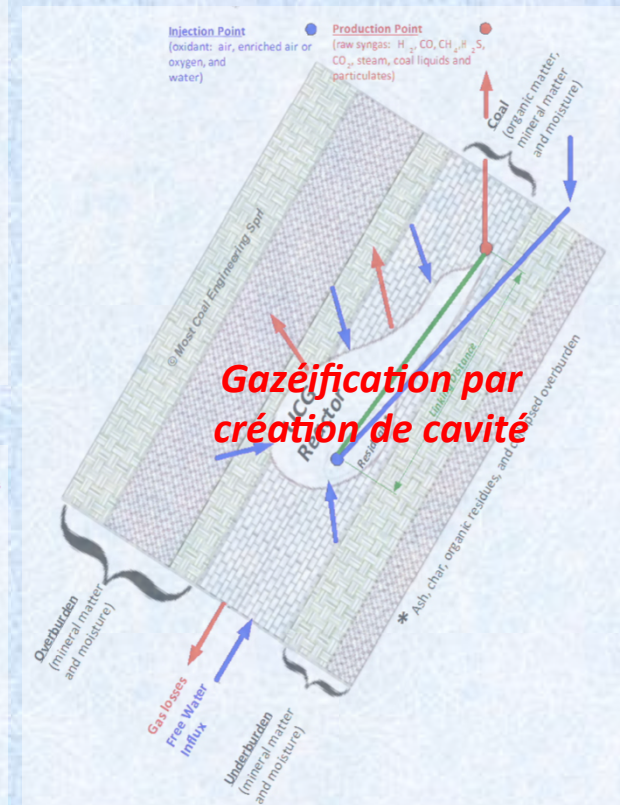
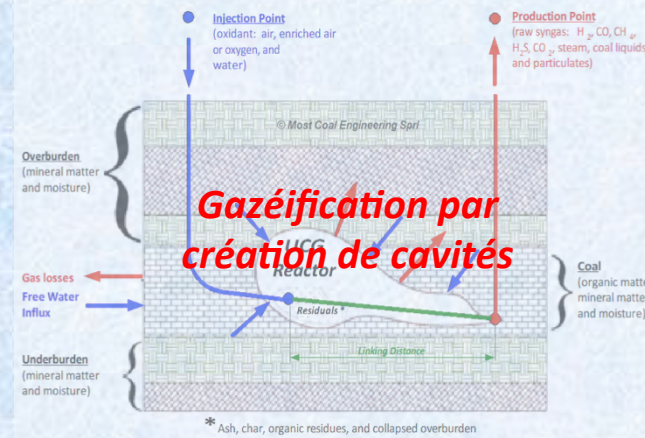
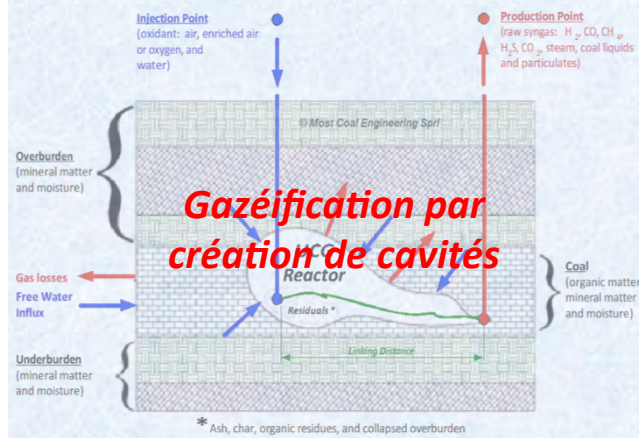


# GSC – Revue de la technologie (types de configurations – suite)

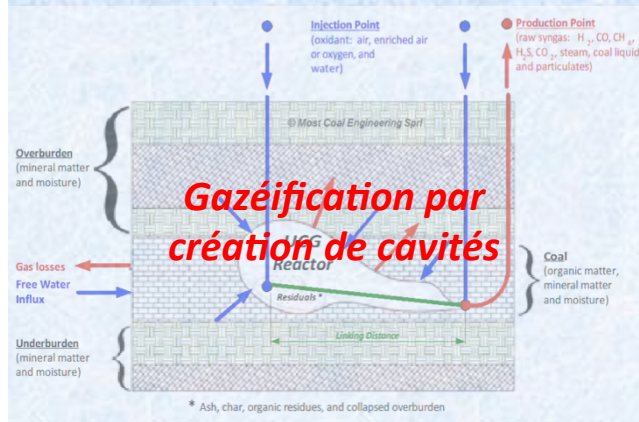
## Liaison de forages verticaux Linked Vertical Well (LVW)

## Rétraction contrôlée du point d'injection Controlled Retracting Injection Point (CRIP)

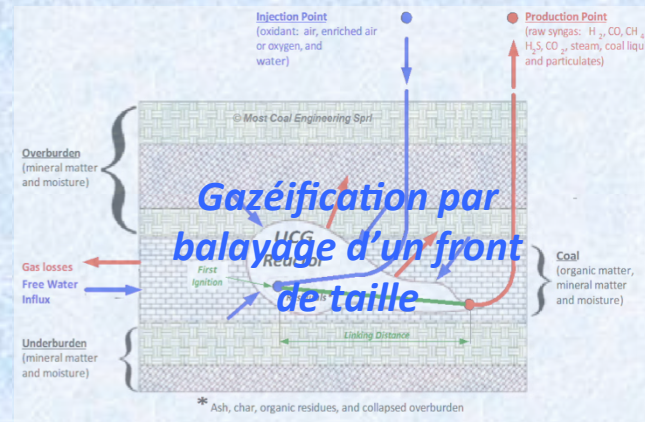
## Veine à grand pendage Steeply Dipping Bed (SDB)



### Standard



### Linéaire



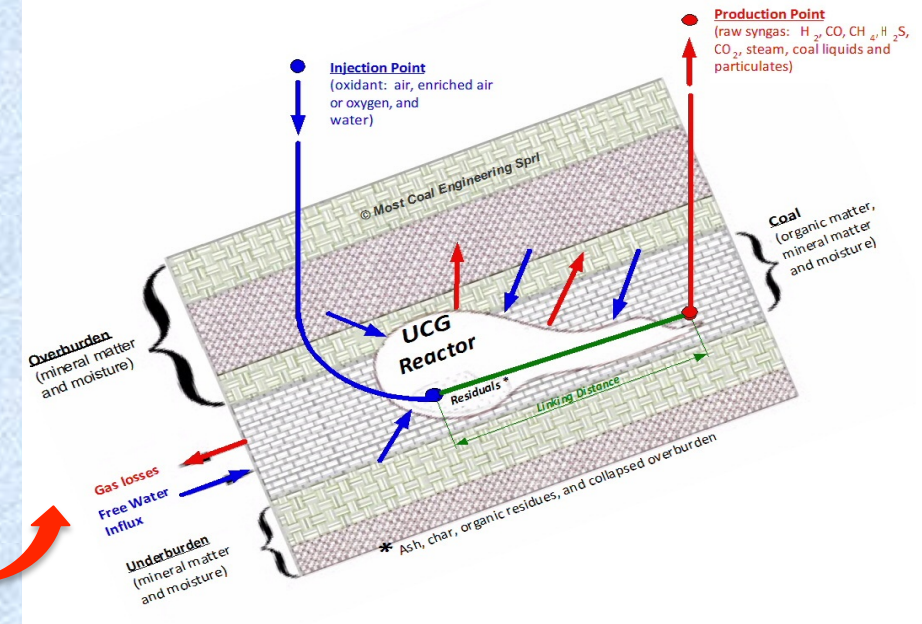
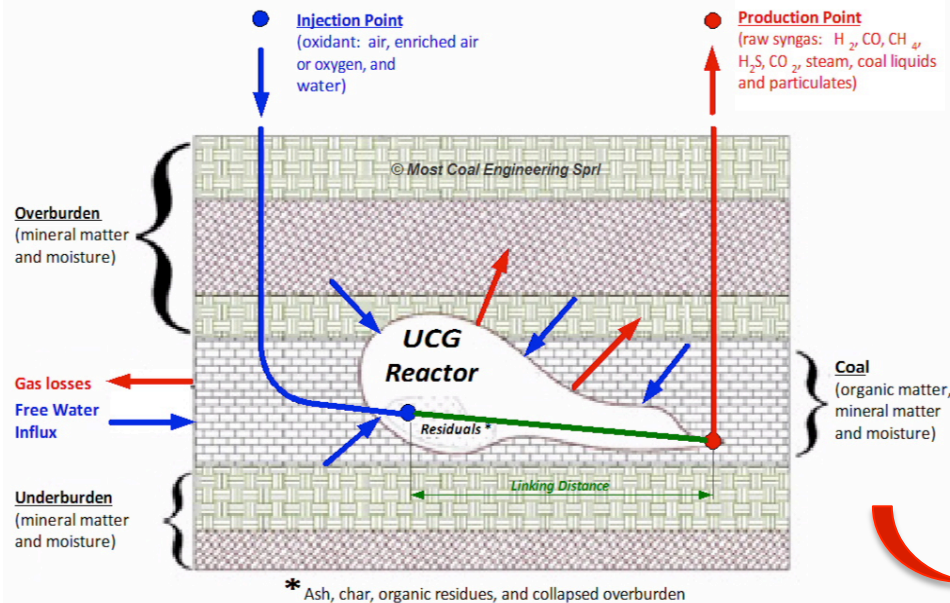
### Améliorée

### Parallèle



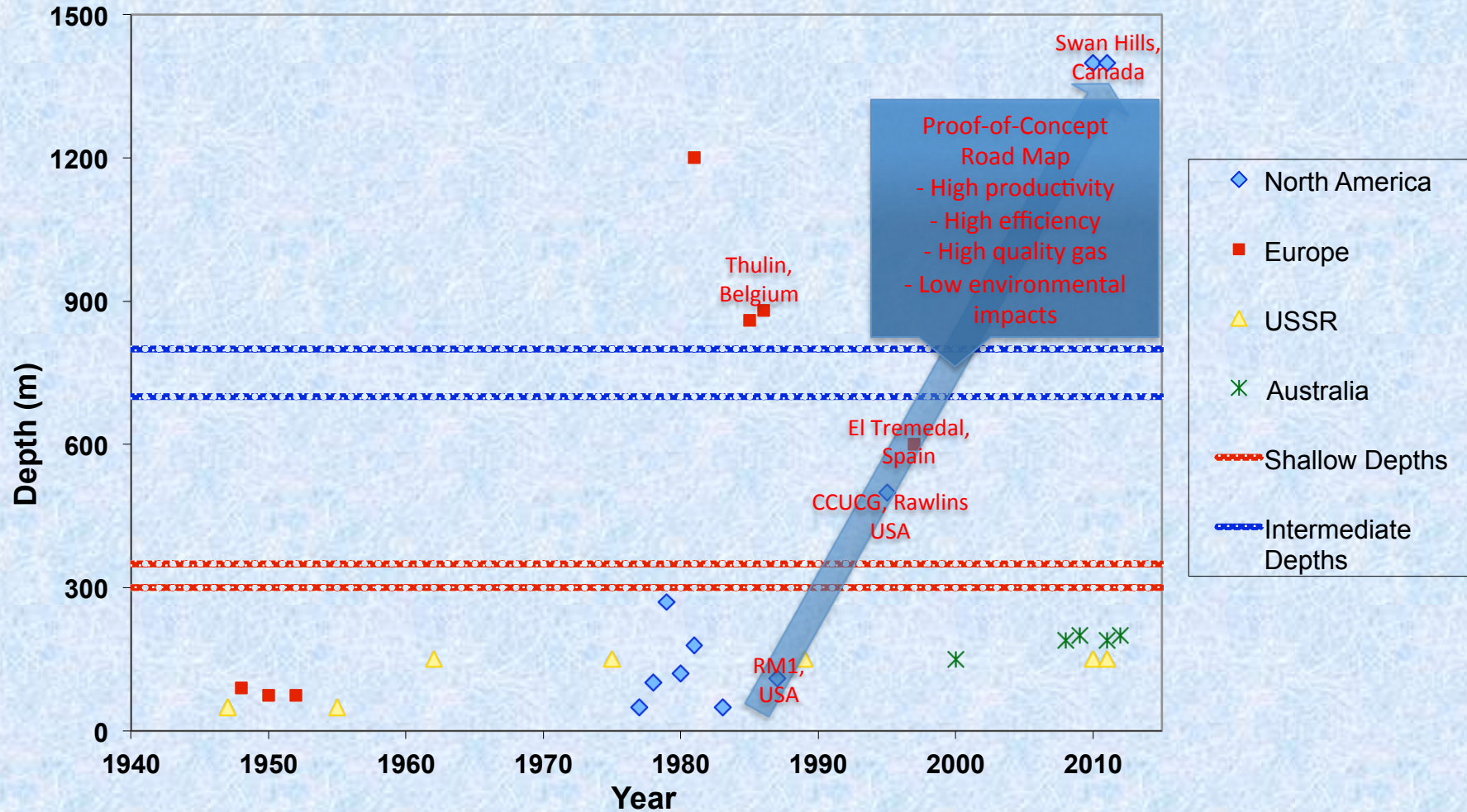
# GSC – Revue de la technologie (types de configurations – suite)

La rétraction linéaire du point d'injection (L-CRIP) est applicable à tous les types de charbon, profondeurs, et pendages

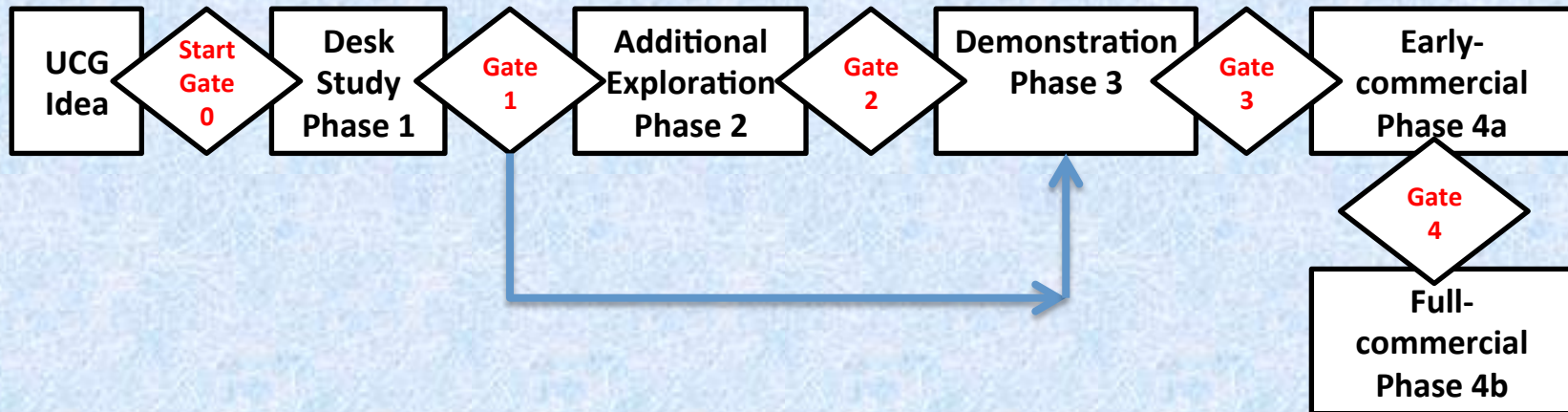
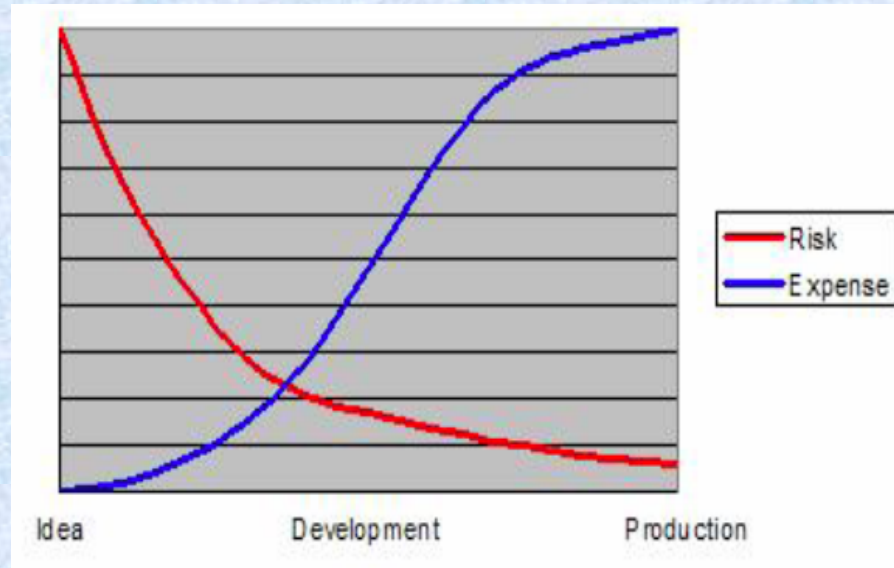




# GSC – Revue de la technologie (essais remarquables)

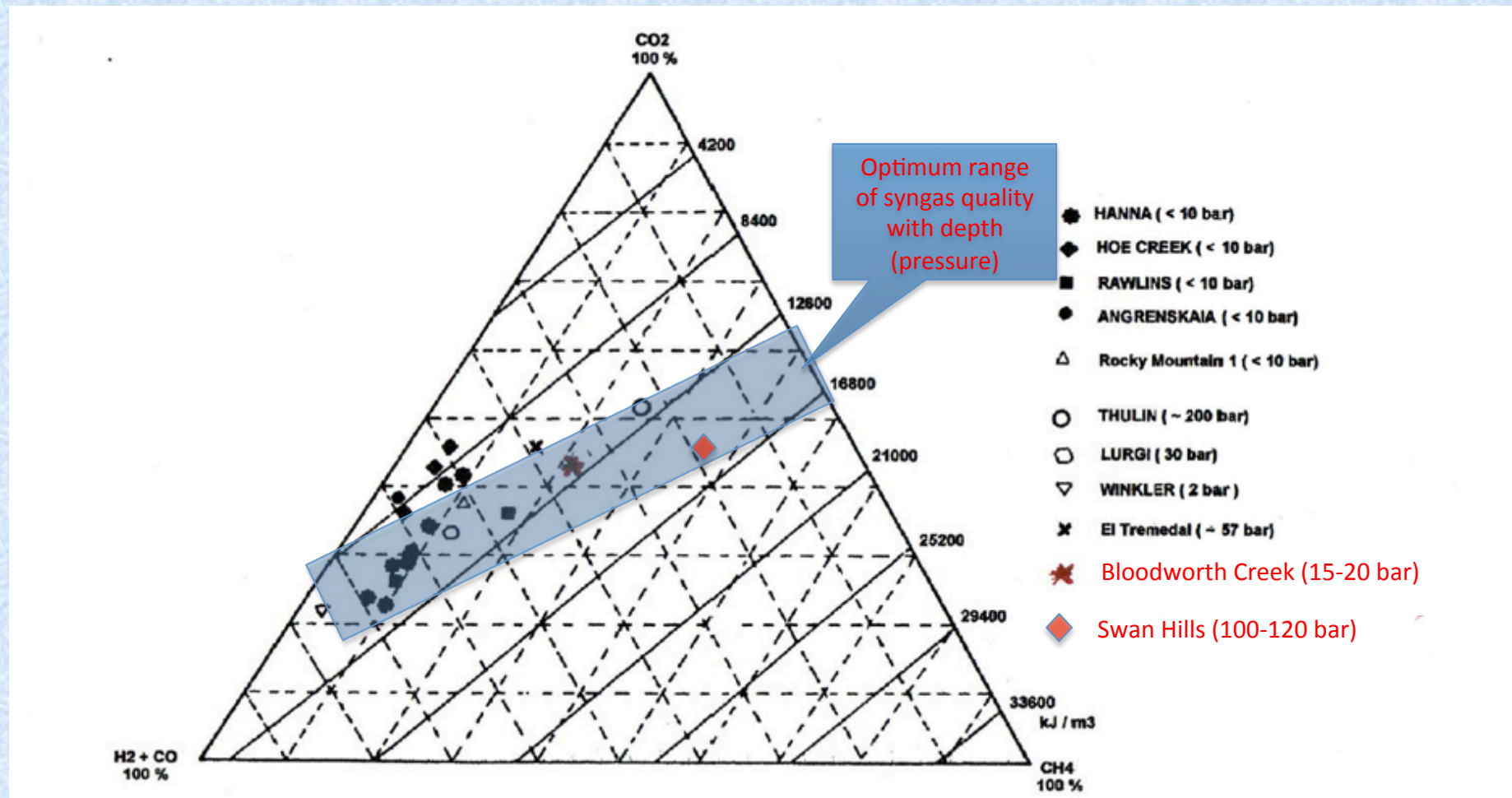


# GSC – Guide de meilleure pratique (étapes d'investissement)





# GSC – Revue de la technologie (composition sur sec et sans azote)



# GSC – Guide de meilleure pratique (module & modélisation)

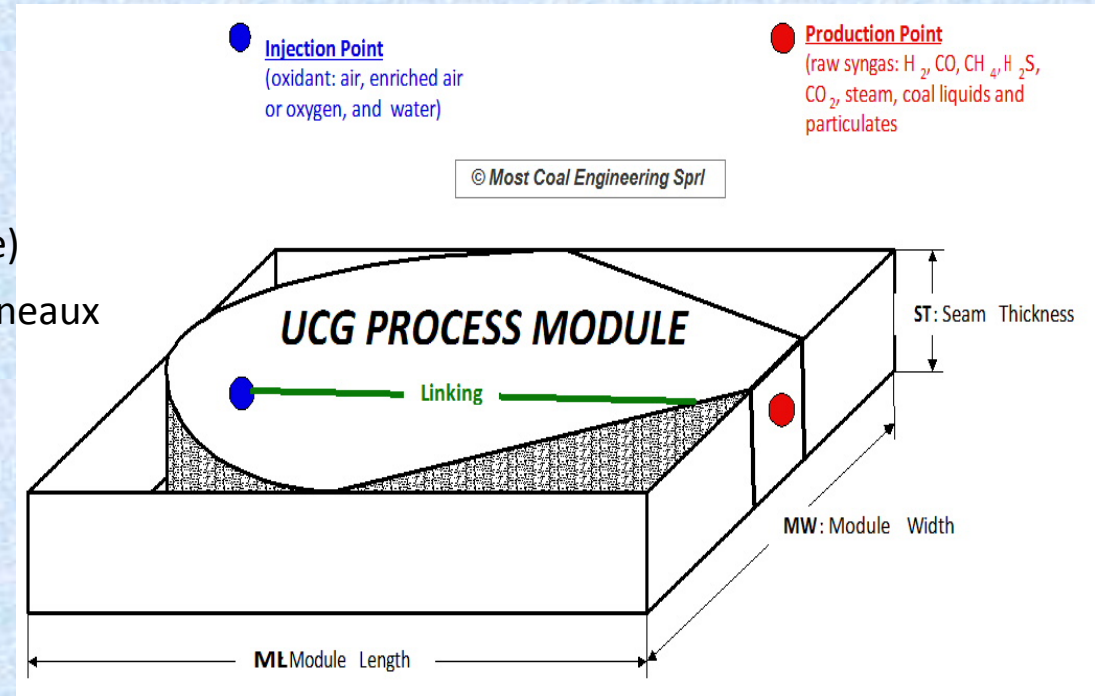
Calcul des flux massiques & énergétiques autour du module de gazéification (défini comme une paire de points/puits d'injection et de récupération).

Les paramètres:

- ✓ L'épaisseur de la veine de charbon
- ✓ La profondeur & le pendage de la veine
- ✓ La qualité du charbon (densité énergétique)
- ✓ La configuration des puits, modules et panneaux

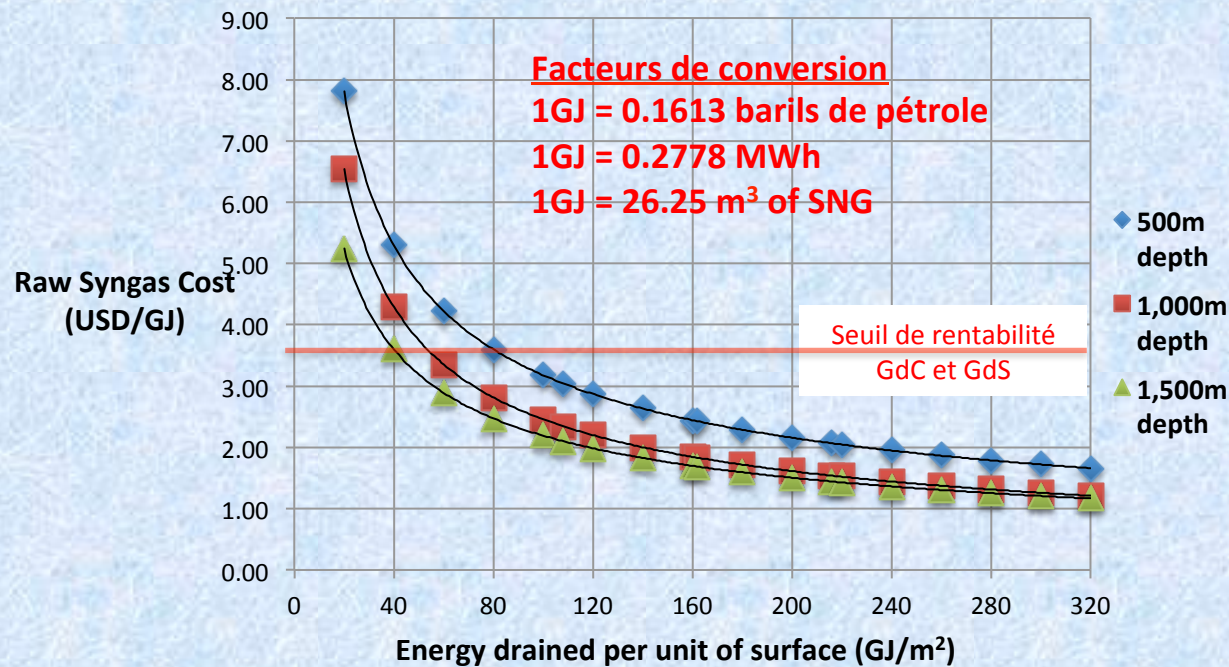
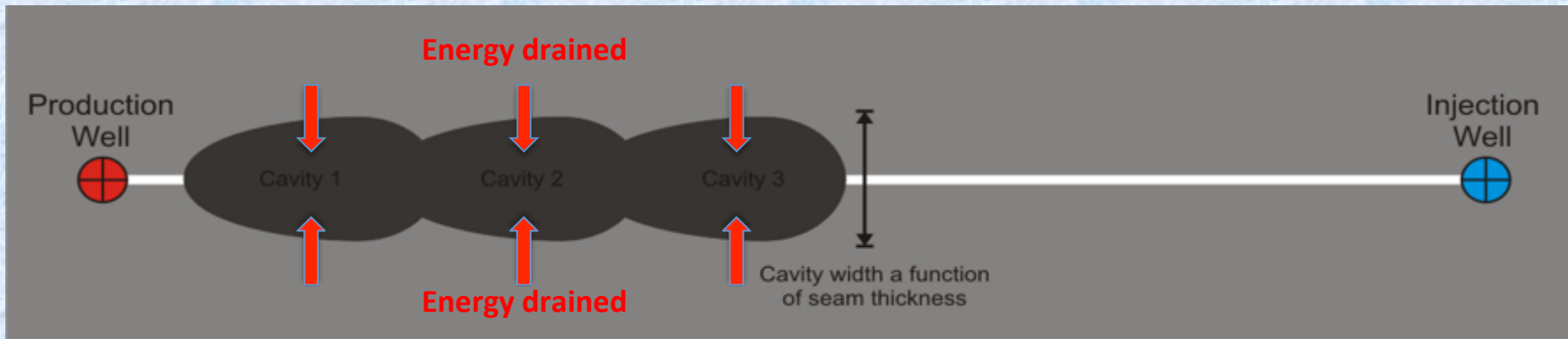
Les performances du processus souterrain:

- ✓ L'efficacité géométrique (minière)
- ✓ L'efficacité de conversion (ramenée à la température ambiante)
- ✓ Les débits et températures
- ✓ Les compositions
- ✓ Les débits de consommation d'oxygène et d'eau
- ✓ Les débits de consommation et déposition souterraines (charbon, cendres et coke)
- ✓ L'investissement en énergie (en anglais EROEI) (énergie produite par rapport à l'investissement en énergie: énergies oxygène & forages)





# GSC – Guide de meilleure pratique (coût du gaz de synthèse)



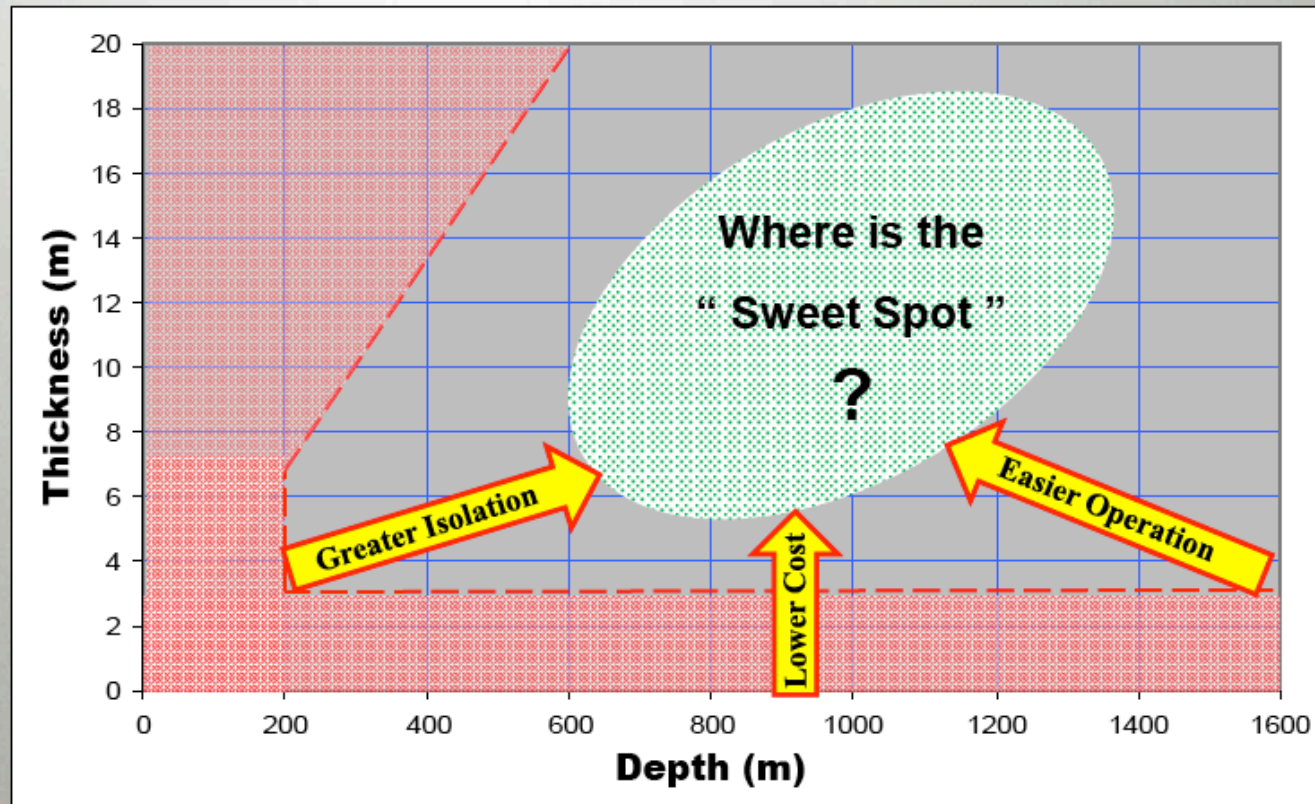
A 1 000 m

- ✓ 120 GJ/m<sup>2</sup> => épaisseur de 5,3 m Bitumineux à 25% de cendres
- ✓ 120 GJ/m<sup>2</sup> => épaisseur de 7,0 m Subbitumineux à 25% de cendres
- ✓ 120 GJ/m<sup>2</sup> => épaisseur de 8,3 m Lignite à 25% de cendres

GSC devient économique quand la quantité d'énergie produite dépasse le coût d'installation d'un module.

# GSC – Guide de meilleure pratique (sweet spot)

## Optimum UCG Target Zone

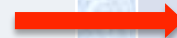




# GSC – Guide de meilleure pratique (analyse des risques)

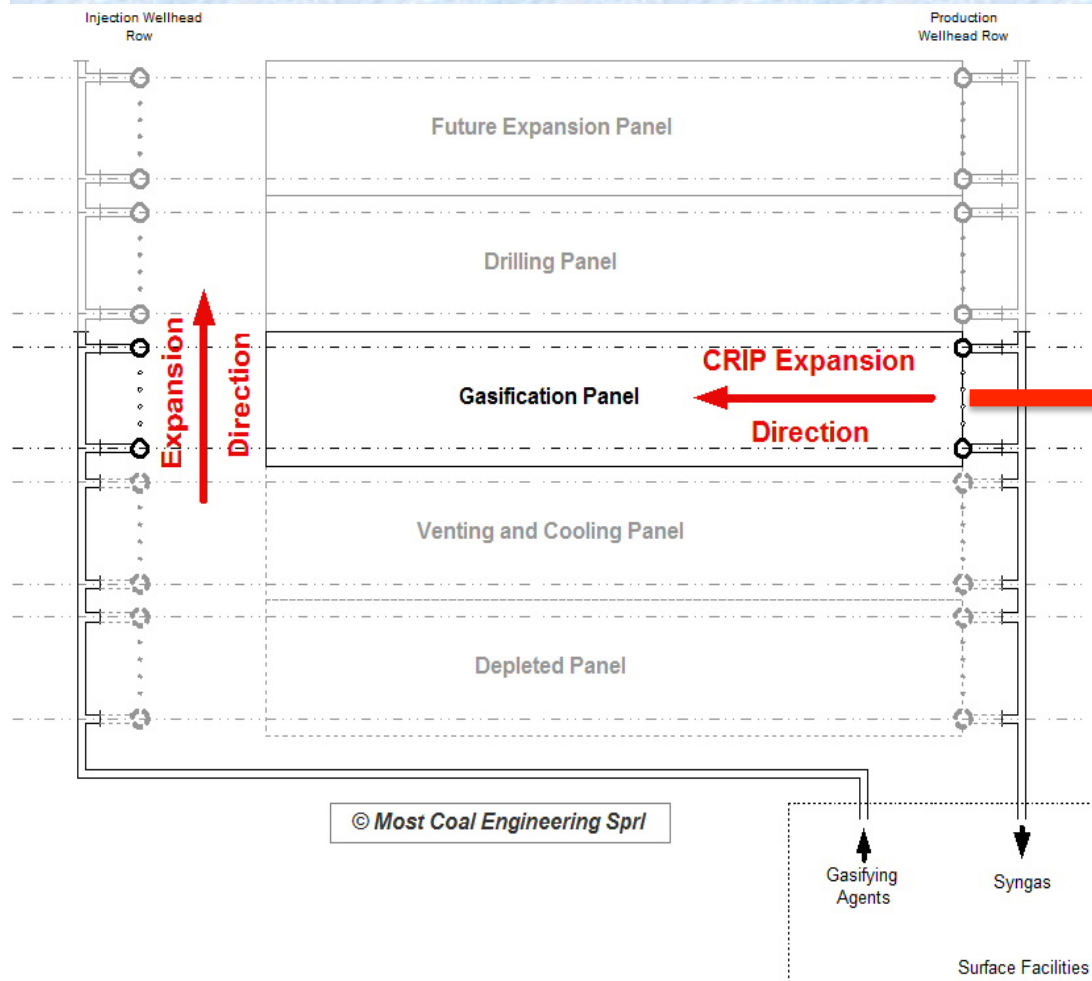
Analyse des risques basée sur la méthodologie des couches de protection successives (en anglais LOPA) :

Couche	Description
1.	Sélection du site & Plans miniers
2.	Design du processus souterrain, surveillance et contrôle
3.	Alarmes critiques et systèmes de sécurité
4.	Plans d'urgence

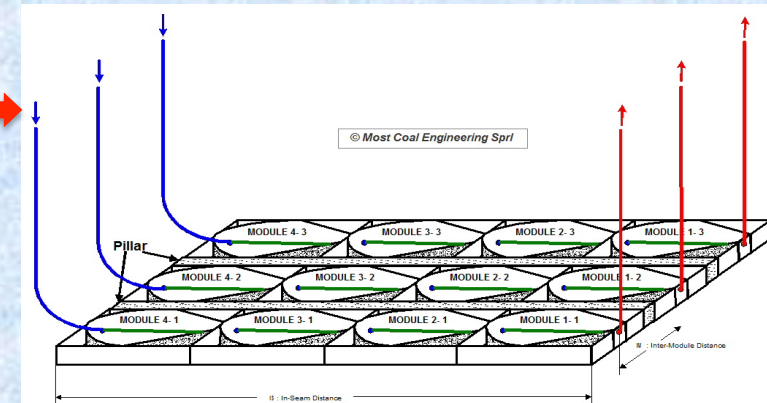


Sous-couche	Description
1.	Installation, réception & intégrité des modules de GSC ( puits d'injection & récupération)
2.	Installation, réception & intégrité des forages de surveillance
3.	Processus d'allumage
4.	Operations mono-module
5.	Operations multi-modules
6.	Désaffectation (caverne propre)
7.	Réhabilitation

# GSC – Guide de meilleure pratique (plans miniers)



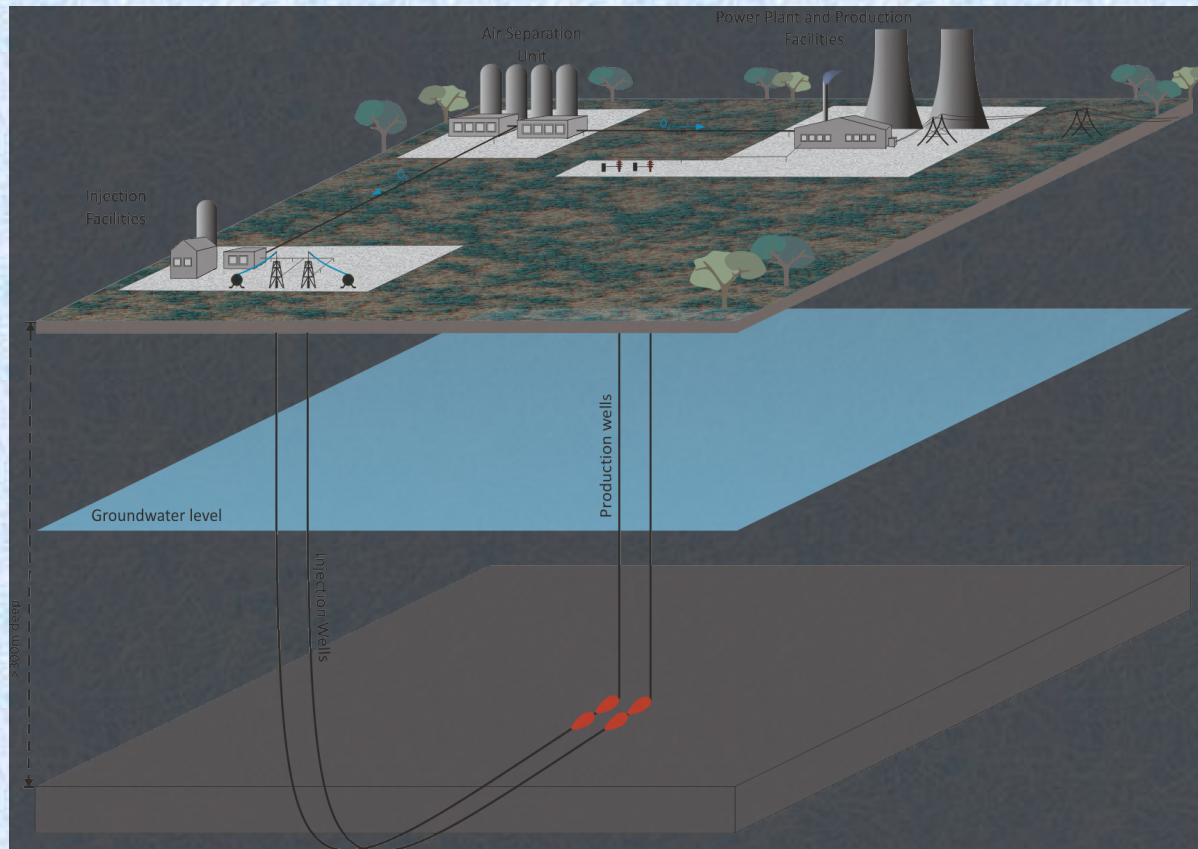
- ✓ Zone d'expansion future: topographie, sismique, routes d'accès, ...
- ✓ Forages, équipements & mises en service: puits de surveillance & processus,
- ✓ Opérations & contrôles de gazéification



- ✓ Opérations de ventilation & de refroidissement , pour une désaffectation en toute sécurité et
- ✓ Activités de contrôle (i) des affaissements & des nappes aquifères, et (ii) l'abandon des forages.



# GSC – Guide de meilleure pratique (Hub de polygénération)

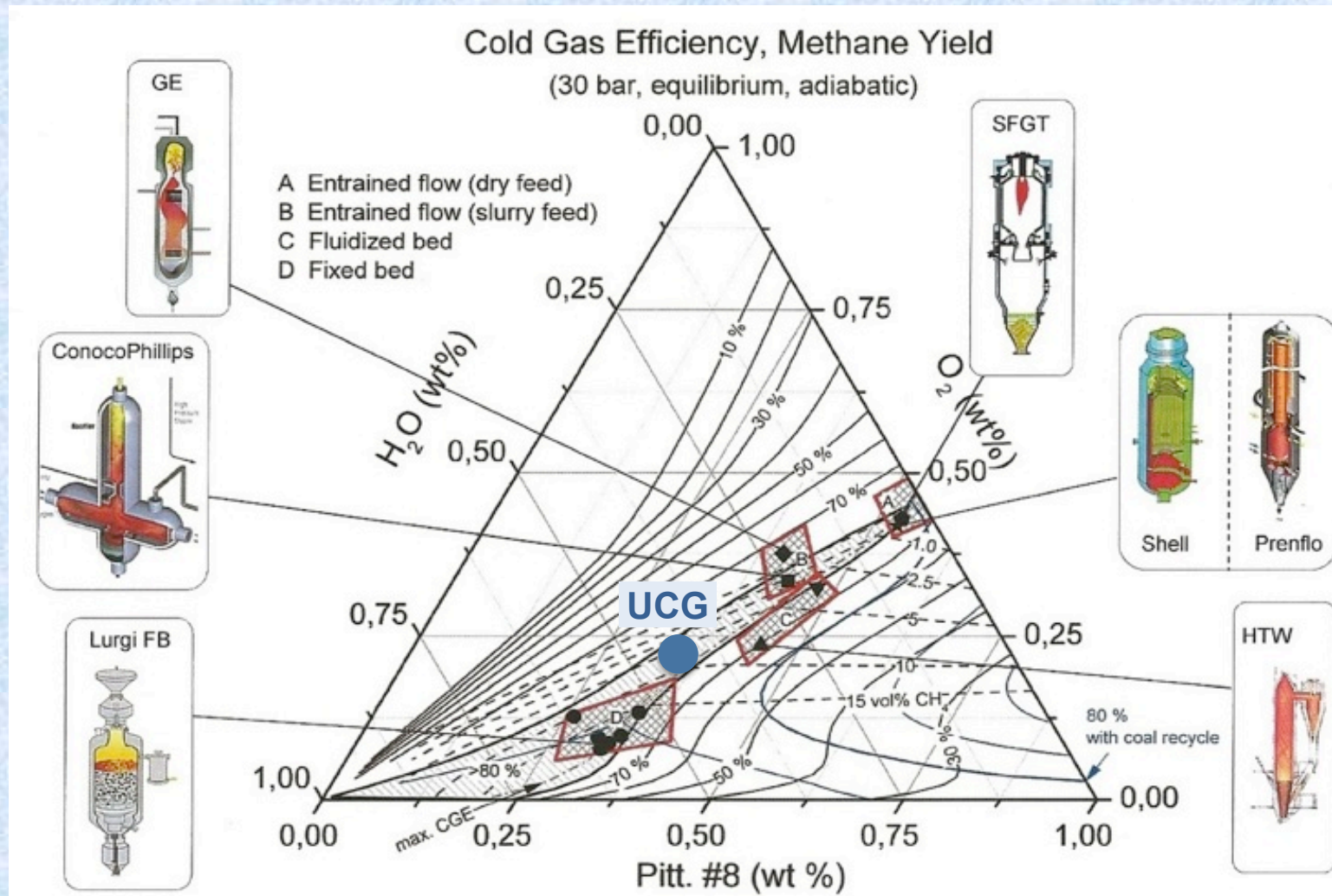


✓ Electricité

**plus**

- ✓ Azote
- ✓ Argon
- ✓ CO<sub>2</sub>
- ✓ Eau
- ✓ Méthane  
(gaz naturel)
- ✓ Produits  
pétroliers

# GSC – Revue de la technologie (comparée à la gazéification de surface)



Trois grandes catégories: (i) lit fixe, (ii) lit fluidisé et (iii) lit entraîné



## GSC – Revue de la technologie (comparée à la gazéification de surface)

=> électricité, gaz naturel, liquides	GSC	Gazéification de surface
Exploitation minière, transport, lavage & stockage	Inclus dans le processus souterrain	En plus du processus de gazéification
Récupération & traitement des cendres	Inclus dans le processus souterrain	Partie du processus de gazéification (suivant constructeurs)
Contrôle des cendres volantes & récupération	Production très réduite; Partie du processus de surface	Partie du processus de gazéification (suivant les constructeurs)
Type de réacteur & taille	Module en configuration CRIP; Plan de mine (chambre & pilier)	Suivant les constructeurs
Temps de séjour au sein du réacteur	Minutes	Secondes
Efficacité de gazéification (gaz => température ambiante)	> 80%	Suivant les constructeurs
Qualité du gaz de synthèse	Haut contenu CH <sub>4</sub> ; A grande profondeur/pression	Suivant les constructeurs
Investissement nécessaire au départ	+/- 1/3 de la gazéification de surface (mine & transport exclus)	-

# GSC – Revue de la technologie (comparée au GdS et GdC)

## GSC

Nécessite (i) forage dévié  
(ii) injection d'oxygène contrôlée

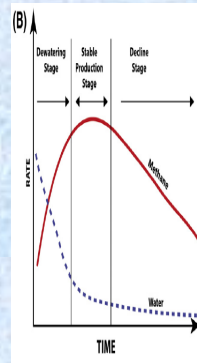
Production continue contrôlée  
par l'injection



Sweet spot  
500 – 1500 m

## GdS

Nécessite (i) forage dévié  
(ii) fracturation hydraulique



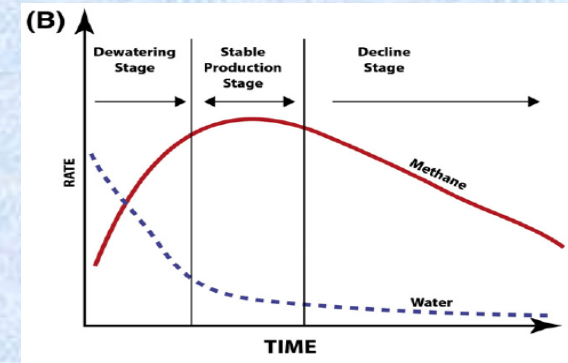
Production sur +/- 5 ans

20-30 fois plus d'énergie  
récupérable par m<sup>3</sup> de réservoir

Sweet spot  
1500 – 3000 m

## GdC

Nécessite (i) forage vertical ou dévié  
(ii) désorption contrôlée



Production sur +/- 25 ans



Sweet spot  
500 – 1000 m



## Ressources potentielles de la GSC

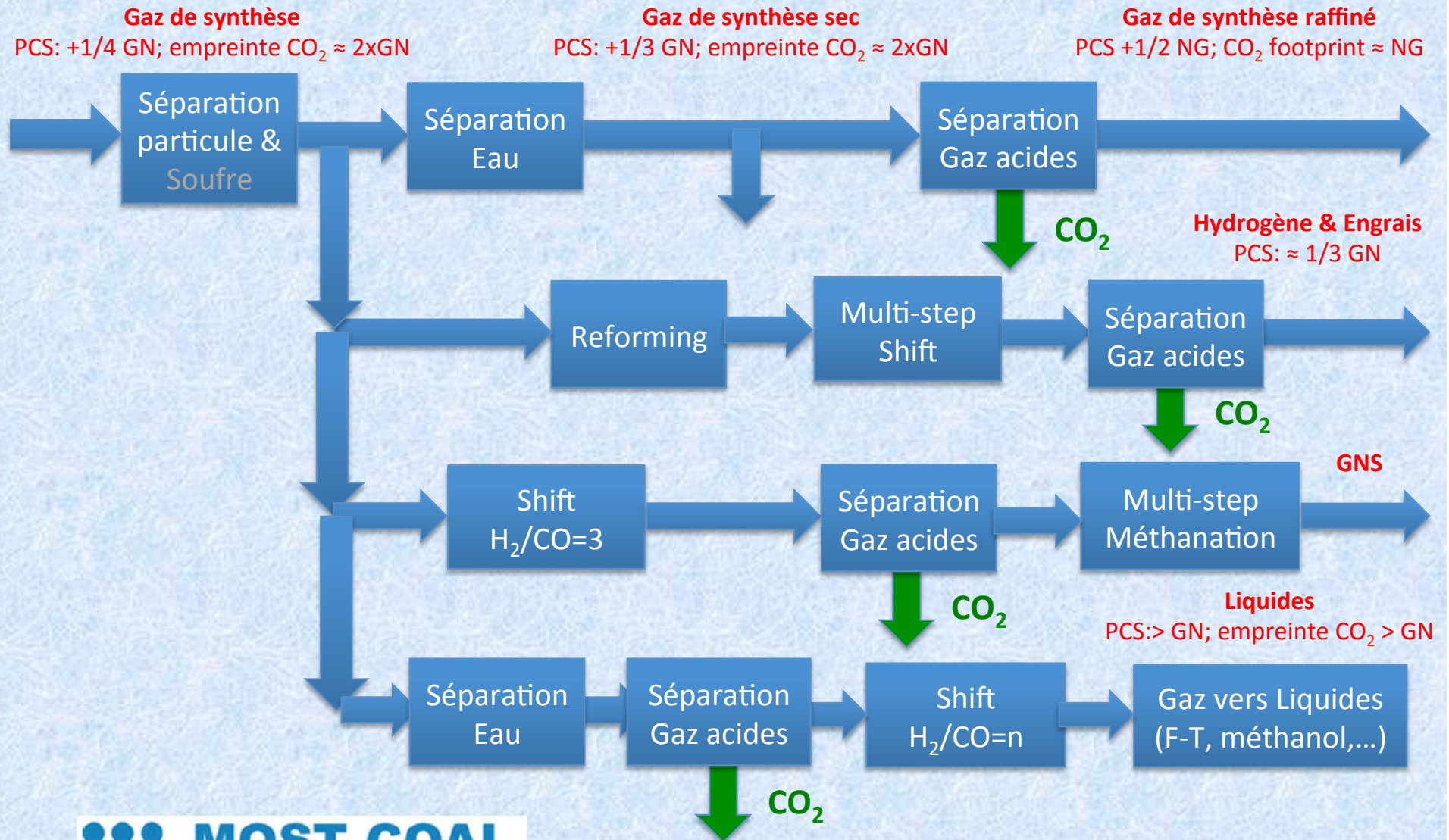
**Ressources mondiales de charbon à grande profondeur (+500m)  
=> plus de 1 000 Gt**

**Chaque 100 millions de tonnes de charbon** en place a le potentiel de produire approx. 1 100 PJ de gaz synthèse sec ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ) de haute qualité ( $> 12 \text{ MJ/Nm}^3$ ) qui peut ensuite être converti/transformé en surface en

(1PJ = 1 million GJ = 1 milliard MJ)

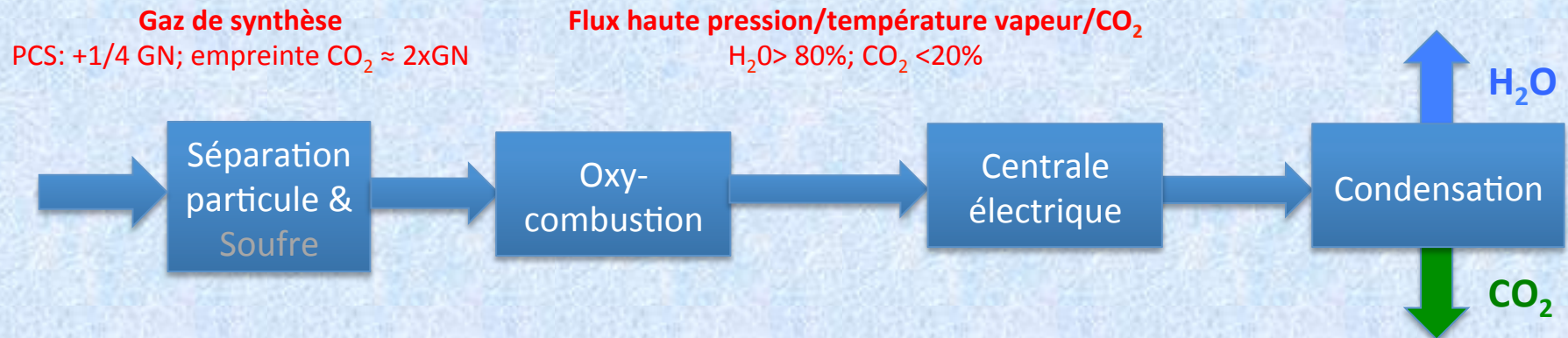
- (i) => 20-25 milliards de mètres cube de gaz naturel synthétique (en anglais SNG); ou
- (ii) => 120-140 millions de barils de liquides de synthèse (diésel, naphta, méthanol, ...).

# GSC – Les solutions de capture (pré-utilisation)





# GSC – Les solutions de capture (oxy-combustion)



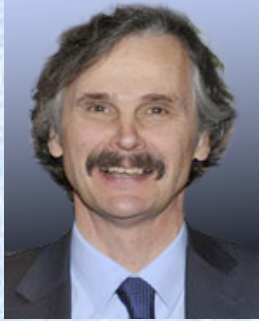
La production d'électricité par oxy-combustion  
=> auto-suffisante en eau

## GSC – Le stockage dans les vides laissés après gazéification

Les vides (éboulis) laissés après gazéification ont la capacité d'emmagasiner entre 70 – 90 % du CO<sub>2</sub> séparé/capté en sortie de la production de gaz naturel de synthèse (en anglais UCG-SNG) et 100% du CO<sub>2</sub> séparé/capté en sortie de la production de liquides synthétiques (en anglais UCG-GTL)

- (i) Les charbons faiblement évolués (type lignites) ont une plus grande capacité de stockage que les charbons fortement évolués (type anthracite) (=> du à leur plus forte teneur en humidité), et
- (ii) Une profondeur minimum de 900m est requise pour atteindre une capacité de stockage significative (état supercritique) .





**En vous remerciant pour votre attention**



**Your Partner in Non-conventional Deep Coal Engineering**