inkoh Biochar and beyond

Fonctionnement de l’installation de pyrolyse



Avec le soutien financier de la Fondation Leopold Bachmann

agridea

Tables des matières

Définition générale 3
Description du fonctionnement de l'installation de pyrolyse : 4
1. Réception et préparation des matériaux 4
2. Processus de pyrolyse dans le réacteur 4
3. Traitement des produits 5
4. Intégration énergétique 5
5. Commande et surveillance 5
Le procédé de pyrolyse 6
Exemple de projet 7
1. Stockage de combustible 7
2. Transport du combustible 7
3. Traitement du combustible 8
4. Pyrolyse 8
5. ORC 8
6. Transport et stockage du charbon 8
7. Traitement et valorisation du charbon 8
Schéma de principe – Exemple de projet 9
Diagramme des flux de matières – Exemple de projet 10

Inkoh AG
Sägenstrasse 8
7302 Landquart
T +41 81 555 80 00
F +41 81 555 80 00
www.inkoh.swiss
info@inkoh.swiss

ISO 9001
ISO 14001

zindel-united.swiss

Définition générale

La pyrolyse est un processus thermochimique au cours duquel des matières organiques sont décomposées à haute température et en l'absence quasi totale d'oxygène.

Il existe différents procédés de pyrolyse, tels que :

- La pyrolyse conventionnelle/lente
- La pyrolyse rapide
- La pyrolyse flash

Ce schéma général porte sur la « pyrolyse lente (conventionnelle) ». Cette variante est la mieux adaptée à la production de charbon végétal de haute qualité.

Exemple d'installation de NGE :



Inkoh AG
Sägenstrasse 8
7302 Landquart
T +41 81 555 80 00
F +41 81 555 80 00
www.inkoh.swiss
info@inkoh.swiss

ISO 9001
ISO 14001

zindel-united.swiss

Description du fonctionnement de l'installation de pyrolyse :

Le fonctionnement d'une installation de pyrolyse peut être divisé, pour l'essentiel, en plusieurs étapes :

1. Réception et préparation des matières premières :

- **Réception :** la matière première est livrée et soumise à un contrôle à la réception (composition, humidité, impuretés).
- **Stockage :** selon le concept, les copeaux (biomasse) sont stockés dans des silos ou des entrepôts.
- **Préparation :** cette étape est déterminante pour l'efficacité du processus de pyrolyse. Elle comprend :
  - **Broyage :** à l'aide de broyeurs ou de déchiqueteuses, la matière est réduite à une granulométrie appropriée pour garantir un transfert thermique optimal dans le réacteur.
  - **Séchage :** la teneur en humidité du matériau est réduite à l'aide de séchoirs, car une humidité élevée peut nuire au processus de pyrolyse. Différentes technologies de séchage peuvent être utilisées (par exemple, séchoirs à bande, séchoirs à tambour, séchoirs à fond mouvant).
  - **Nettoyage :** si nécessaire, les matières étrangères telles que les métaux, les pierres ou le sable sont éliminées.

2. Processus de pyrolyse dans le réacteur :

- **Apport en matière première :** la matière première préparée est introduite dans le réacteur de pyrolyse de manière continue ou discontinue.
- **Décomposition thermique :** C'est dans le réacteur que se déroule la pyrolyse proprement dite. En l'absence d'oxygène et à des températures élevées (généralement comprises entre 300 et 900 °C, selon le procédé), les molécules organiques de la matière première sont décomposées en molécules plus petites par fission(craquage) thermique.
- **Types de réacteurs :** Il existe différents types de réacteurs, qui se distinguent par leur conception et leur mode de fonctionnement :
  - **Réacteurs à lit fixe :** la matière repose sur une grille ou une surface fixe.
  - **Réacteurs à lit fluidisé :** la matière est mise en mouvement par un flux de gaz, ce qui permet un bon transfert thermique et une répartition homogène de la température.
  - **Four rotatif :** un tube ou une vis sans fin (vis d'engrenage) incliné(e) et rotatif(ve) dans lequel la matière circule et est chauffée.

- **Les principaux paramètres du procédé :**
  - **Température :** la température de pyrolyse se situe généralement entre 400 et 800°C. Les basses températures (pyrolyse lente) privilégient la formation de charbon végétal, tandis que les températures élevées (pyrolyse rapide) favorisent la formation d'huile et de gaz.
  - **Temps de séjour :** le temps que la matière passe dans le réacteur influence la composition du produit. Des temps de séjour courts entraînent un rendement plus élevé en huile et en gaz, tandis que des temps de séjour longs donnent davantage de charbon.
  - **Atmosphère :** le processus de pyrolyse se déroule en l'absence d'oxygène (décomposition thermique).

Inkoh AG
Sägenstrasse 8
7302 Landquart
T +41 81 555 80 00
F +41 81 555 80 00
www.inkoh.swiss
info@inkoh.swiss

ISO 9001
ISO 14001

zindel-united.swiss

Sous l'effet de la chaleur, les molécules organiques de la matière première sont fragmentées (cracking). Il en résulte des molécules plus petites qui constituent les différents produits de pyrolyse.

3. Traitement des produits :

- **Gaz de pyrolyse :**
  - **Épuration :** le gaz est débarrassé de la poussière, du goudron et d'autres impuretés. Cette épuration peut se faire à l'aide de différents procédés (par exemple, cyclones, laveurs, filtres).
  - **Condensation :** le refroidissement permet d'éliminer du gaz les composants condensables (par exemple, le goudron).
  - **Utilisation :** le gaz épuré peut être utilisé directement pour la production d'énergie dans des moteurs à gaz, des turbines à gaz ou des brûleurs à gaz.
    - → Souvent, le gaz est brûlé directement dans le réacteur et utilisé comme source de chaleur pour la pyrolyse

- **Huile de pyrolyse :**
  - **Condensation :** l'huile est obtenue par condensation des composants gazeux.
  - **Séparation :** L'eau et l'huile sont séparées l'une de l'autre.
  - **Raffinage :** grâce à d'autres procédés (par exemple la distillation ou l'hydrotraitement), l'huile peut être transformée en carburants ou en produits chimiques de haute qualité.
    - → Souvent, l'huile est brûlée directement dans le réacteur et utilisée comme source de chaleur pour la pyrolyse

- **Coke de pyrolyse (charbon végétal) :**
  - **Refroidissement :** le charbon végétal est refroidi et enrichi en eau afin d'éviter toute auto-inflammation.
  - **Stockage :** Le charbon végétal est principalement stocké dans des BIG-Bags et des silos.
  - **Utilisation :** Il existe différents domaines d'application (par exemple :matériaux de construction, plastiques, aliments pour animaux, denrées alimentaires, amendements pour sols, charbon actif)

4. Intégration énergétique :

- Une installation de pyrolyse efficace exploite de manière optimale la chaleur produite. La chaleur résiduelle issue du processus de pyrolyse peut être utilisée pour le séchage de la matière première, pour alimenter un réseau de chauffage urbain ou pour la production d'électricité.

5. Commande et surveillance :

- Les installations de pyrolyse modernes sont équipées d'un système de commande et de surveillance automatique qui enregistre et régule tous les paramètres de processus pertinents (température, pression, débit, composition) et les régule.

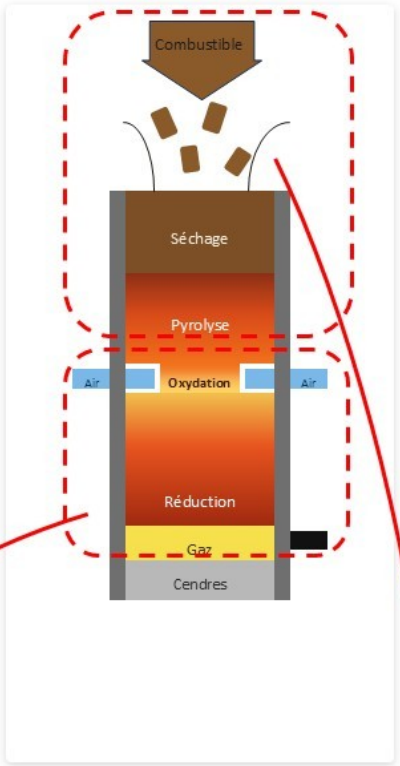
Inkoh AG
Sägenstrasse 8
7302 Landquart
T +41 81 555 80 00
F +41 81 555 80 00
www.inkoh.swiss
info@inkoh.swiss

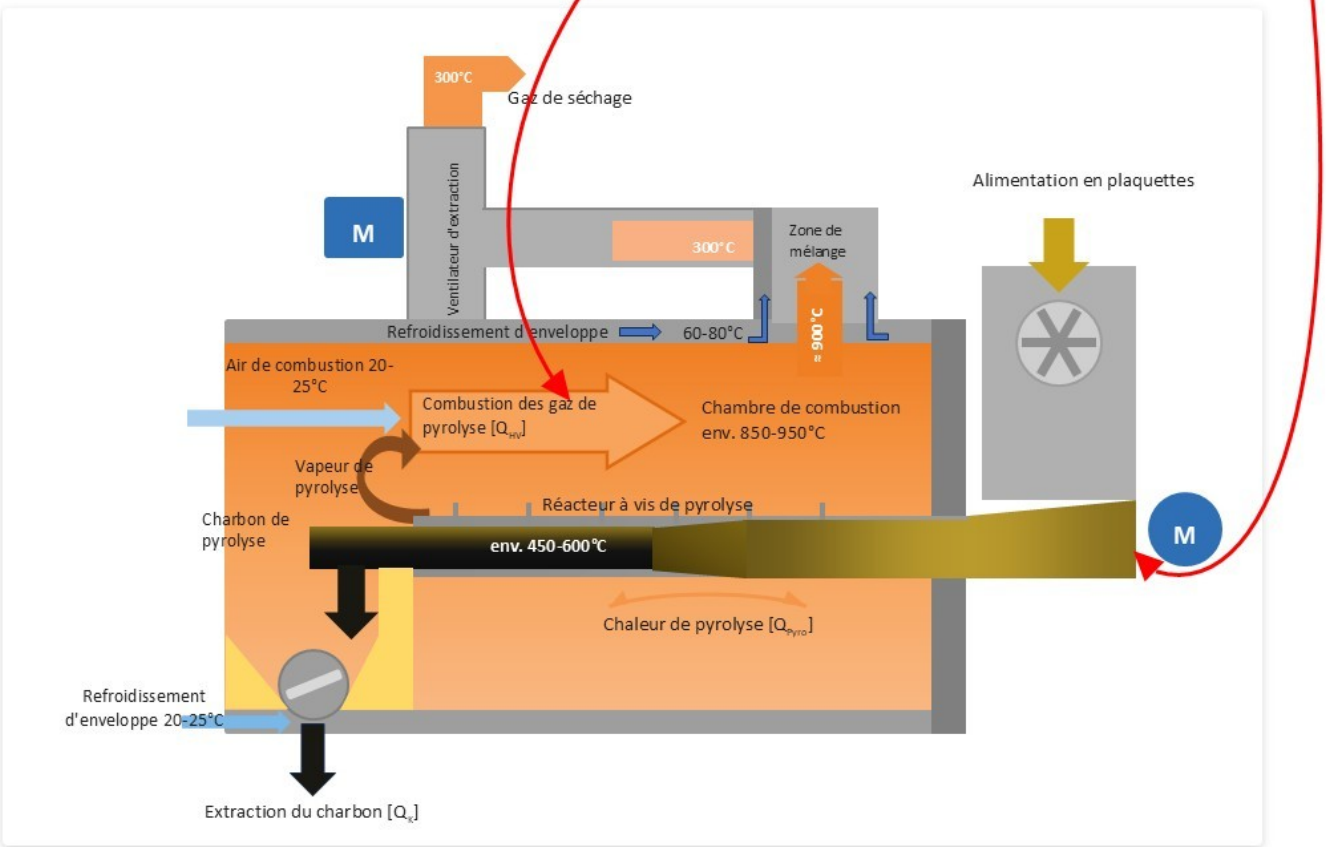
Le processus de pyrolyse

Le schéma de droite illustre le processus thermochimique, depuis la matière première jusqu'aux cendres (combustion).

Dans un four à pyrolyse, le processus de pyrolyse est dissocié des réactions d'oxydation et de réduction. Cela signifie que la matière première, par exemple des copeaux de bois, comme le montre l'illustration ci-dessous, est chauffée par la chaleur de pyrolyse dans un environnement appauvri en oxygène. Les copeaux de bois sèchent ainsi dans un premier temps, puis, à partir d'environ 150°C, les substances volatiles commencent à se transformer en gaz.

Le charbon végétal est évacué après la pyrolyse et n'est pas brûlé (oxydé, réduit) avec le gaz de bois.





Inkoh AG
Sägenstrasse 8
7302 Landquart
T +41 81 555 80 00
F +41 81 555 80 00
www.inkoh.swiss
info@inkoh.swiss

ISO 9001
ISO 14001

zindel-united.swiss

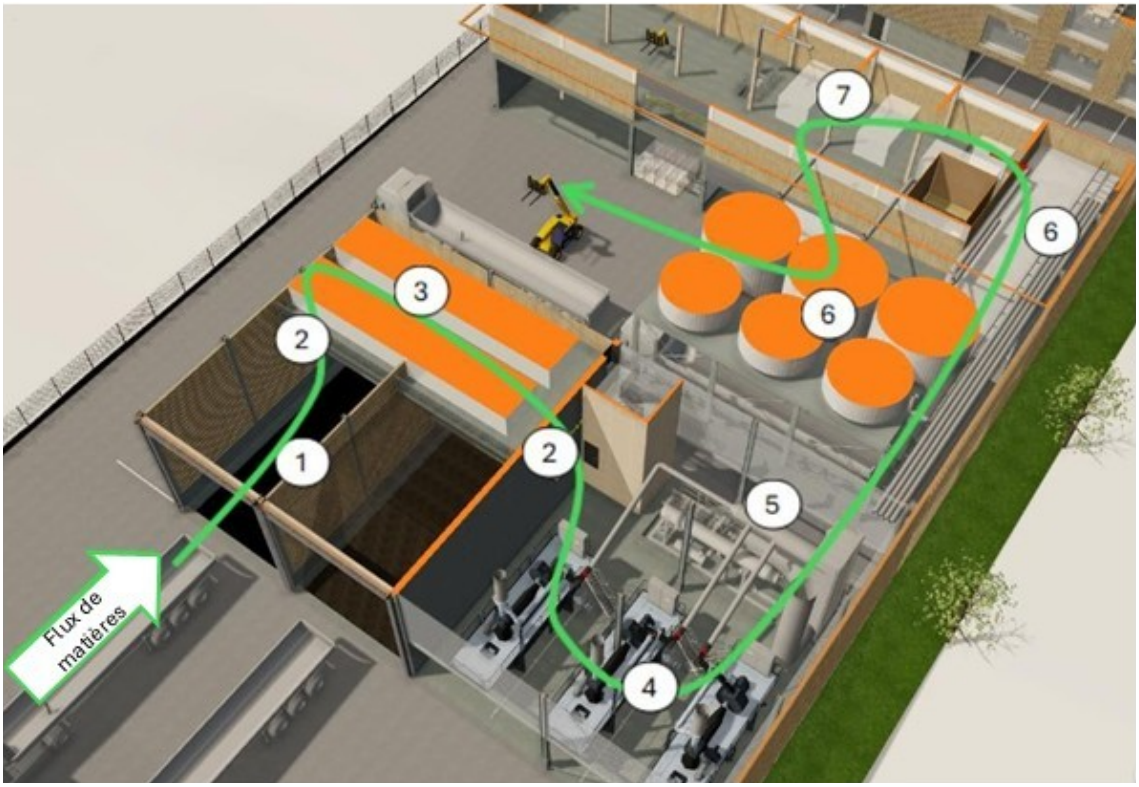
Exemple de projet

Caractéristiques techniques de l'installation complète :

- 330 kW_{el}
- 1650 kW_{th}
- 1600 t de charbon végétal

Concept :

- Conception redondante : toutes les étapes importantes du processus sont doublées. Cela garantit une grande fiabilité du processus et réduit les temps d'arrêt.
- Flux de matière sur deux lignes, ce qui permet de sécher et de mélanger de manière optimale différentes qualités.
- Cascade de 3 fours de pyrolyse NGE – adaptée au volume de production et aux équipements périphériques



1. Stockage de combustible

Des camions livrent la biomasse au stock de combustible et la déchargent directement sur le fond mouvant accessible aux véhicules. Nous avons besoin quotidiennement d'environ 80 à 90 m³ – les livraisons varient – la capacité tampon est d'au moins 800 m³. L'installation est divisée en deux lignes de production. Cela nous permet d'utiliser séparément deux matières premières différentes. Ce principe s'applique à toute l'installation.

2. Transport du combustible

Depuis le fond mouvant, la biomasse tombe dans la trémie de réception équipée de vis sans fin, qui l'acheminent vers les conteneurs de séchage, puis vers les fours de pyrolyse.

Inkoh AG
Sägenstrasse 8
7302 Landquart
T +41 81 555 80 00
F +41 81 555 80 00
www.inkoh.swiss
info@inkoh.swiss

3. Préparation du combustible

Dans les séchoirs à fond mouvant, la teneur en eau de la biomasse est réduite ; pour le séchage, on utilise de l'air chaud (environ 70 °C) issu du processus de pyrolyse/ORC

4. Pyrolyse

Dans le réacteur à vis T:CRACKER_DHR, la décomposition thermique (préchauffage – séchage – pyrolyse) de la matière première s'effectue à des températures d'environ 700 °C dans un environnement pauvre en oxygène. Le temps de séjour de la matière dans le réacteur est d'environ 30 à 90 minutes.

5. ORC

Le cycle organique de Rankine (ORC) est un cycle thermique qui utilise l'énergie thermique pour produire de l'électricité. Dans un premier temps, les gaz d'échappement chauds provenant d'une source de chaleur (par exemple, un réacteur de pyrolyse) traversent l'évaporateur du module ORC Cyplan®. L'énergie thermique des gaz d'échappement est alors partiellement transférée au fluide de travail de l'ORC, ce qui assure sa vaporisation. La vapeur de fluide de travail est acheminée sous pression vers un turbogénérateur, où une partie de l'énergie thermique est convertie en électricité. Le fluide de travail est ensuite recondensé dans un condenseur, puis renvoyé vers l'évaporateur par une pompe de gavage. La chaleur récupérée par un circuit d'eau de refroidissement peut être utilisée à des fins de chauffage.

6. Transport et stockage du charbon

Le charbon végétal (CV) est acheminé vers les silos tampons à l'aide de convoyeurs à vis sans fin fermés. Ces convoyeurs sont conformes aux directives de construction mécanique relatives à la prévention des projections d'étincelles (vitesse de rotation < 1 m/s) et sont étanches à la poussière.

Les silos tampons stockent le charbon végétal jusqu'à ce qu'il soit traité dans l'unité de transformation.

Les silos de stockage situés entre les bâtiments stockent le charbon végétal (CV) jusqu'à son transbordement pour le transport ou jusqu'à son ensachage dans des BIG-Bags.

7. Traitement et valorisation du charbon

Le criblage, le broyage, le compactage, le conditionnement ou le mélange constituent d'autres étapes de traitement. Pour cela, le charbon broyé est acheminé depuis les silos tampons et, le cas échéant, depuis les silos de stockage vers les machines de traitement en vue de son affinage, puis transporté vers les silos de stockage.

Inkoh AG
Sägenstrasse 8
7302 Landquart
T +41 81 555 80 00
F +41 81 555 80 00
www.inkoh.swiss
info@inkoh.swiss

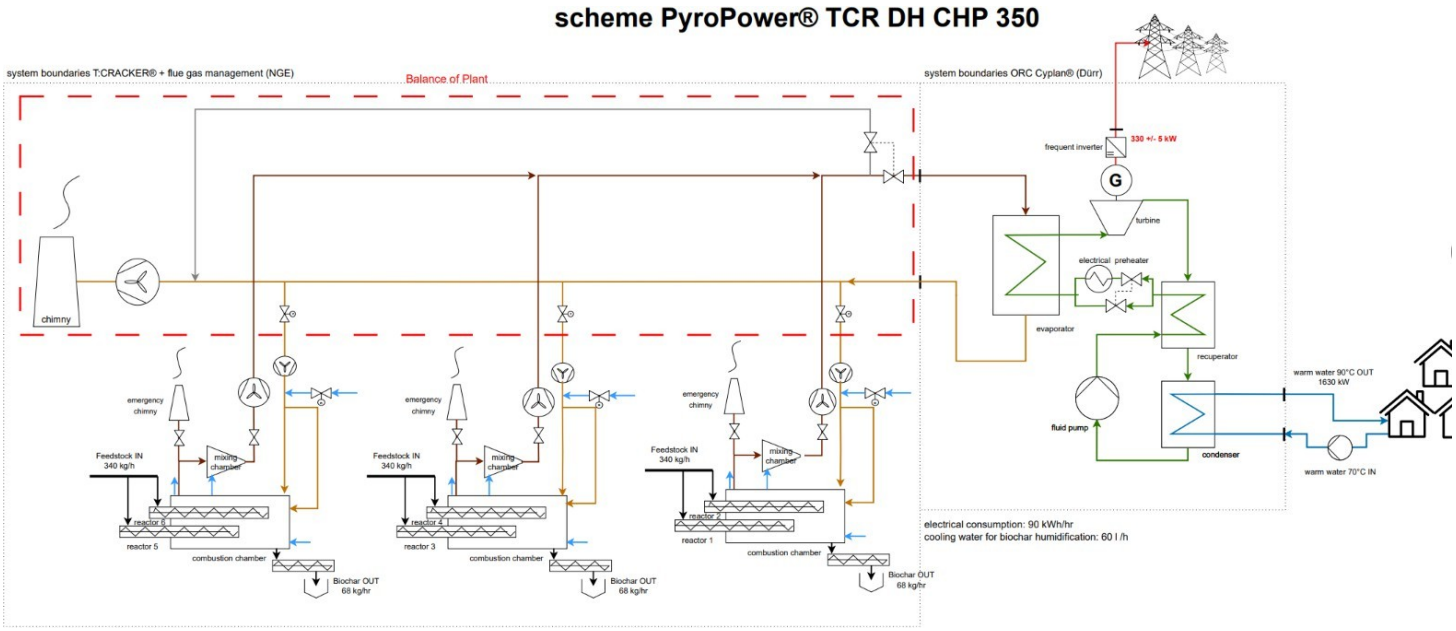
ISO 9001
ISO 14001

zindel-united.swiss

Schéma de principe – Exemple de projet

Composants principaux :

- 3 fours de pyrolyse (production de charbon et de chaleur sous forme de gaz sec)
- Installation ORC (production d'électricité à partir de gaz sec)
- Échangeur de chaleur (production d'eau chaude après le cycle ORC)
- Réseau de chauffage (l'eau chaude est injectée dans un réseau de chauffage)



Caractéristiques techniques de l'installation complète :

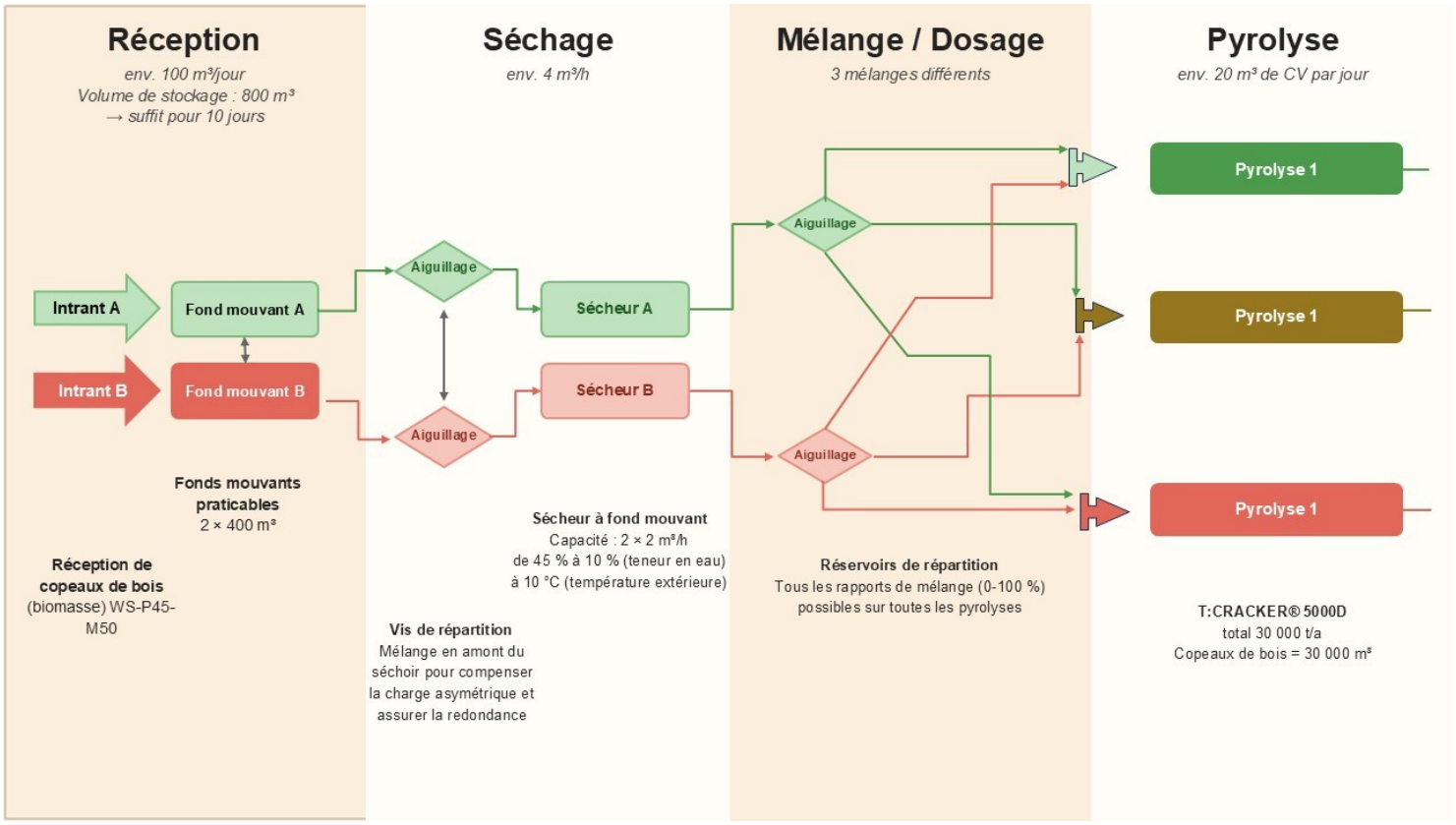
- 330 kW_{el}
- 1650 kW_{th}
- 1600 t de charbon végétal

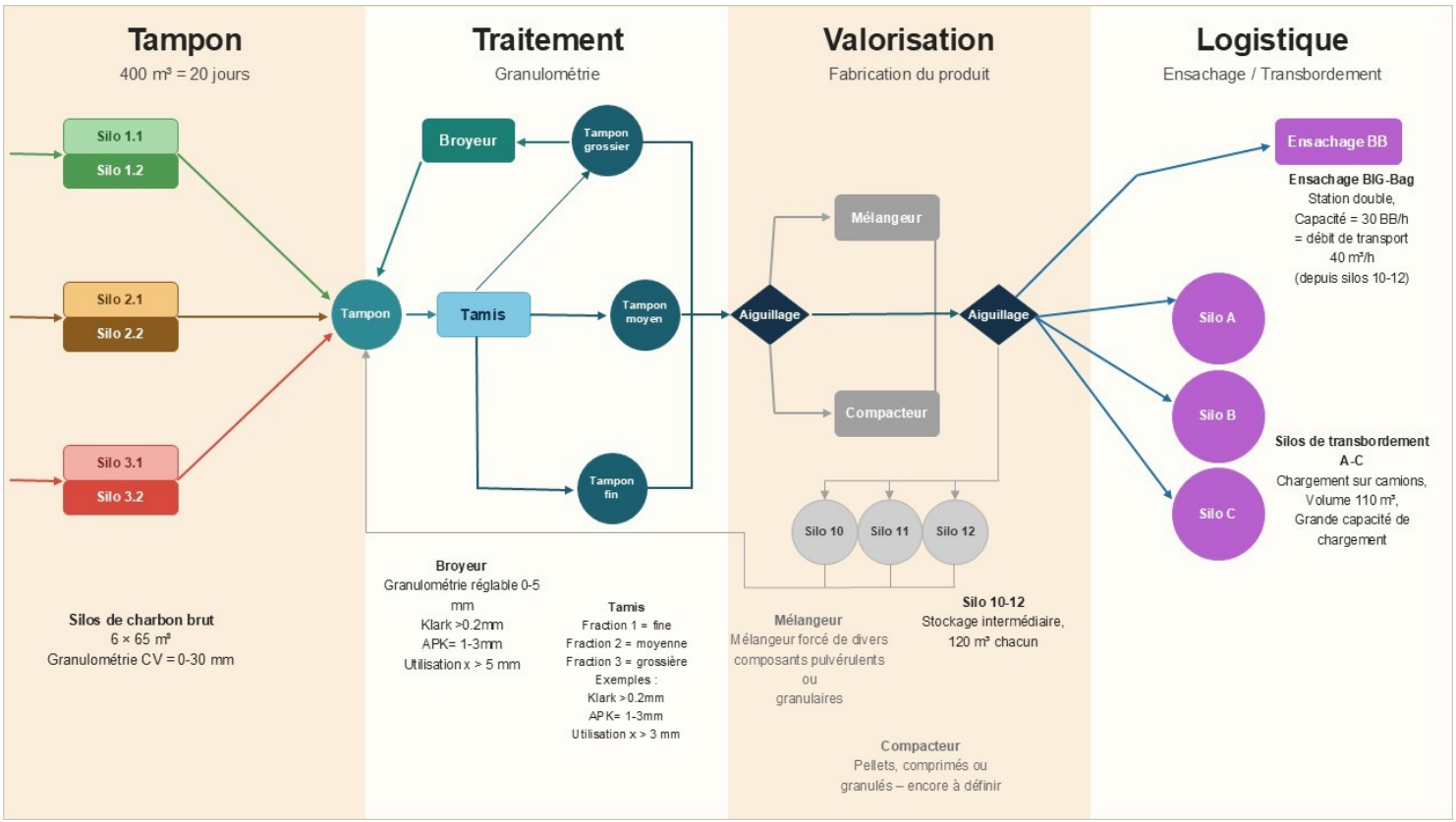
Inkoh AG
Sägenstrasse 8
7302 Landquart
T +41 81 555 80 00
F +41 81 555 80 00
www.inkoh.swiss
info@inkoh.swiss

ISO 9001
ISO 14001

zindel-united.swiss

Schéma des flux de matières – Exemple de projet





Inkoh AG
Sägenstrasse 8
7302 Landquart
T +41 81 555 80 00
F +41 81 555 80 00
www.inkoh.swiss
info@inkoh.swiss