

## Enquête sur le parc de broyeurs installés en France en 2024 – motorisation et débits

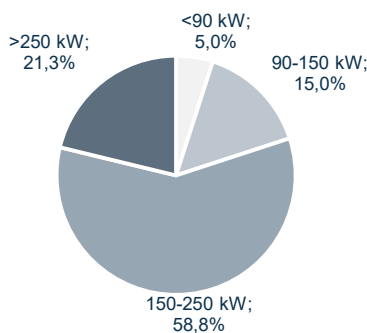
En 2024, une enquête a été effectuée sur le parc de broyeurs installés en France. Elle fait suite à la i'Tec\_B9 qui porte sur la description du poste de broyage, ainsi que son réglage en fonction des matières broyées. Cette fiche est consacrée à la motorisation du poste ainsi qu'aux débits de broyage.

### 1. Motorisations

#### 1.1. Moteurs des broyeurs

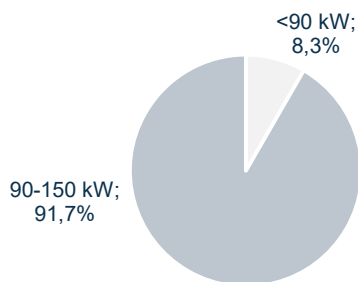
La puissance des moteurs de broyeurs est connue par 96% du panel. La moyenne est de 193 kW avec un minimum de 15 kW et un maximum de 355 kW.

Pour les broyeurs horizontaux, la moyenne est de 221 kW, avec plus de la majorité des moteurs compris entre 150 et 250 kW.



**Figure 1 :** Répartition de la puissance des moteurs de broyeurs horizontaux

Pour les broyeurs verticaux, la moyenne est inférieure avec 98 kW, avec une large majorité comprise entre 90 et 150 kW.



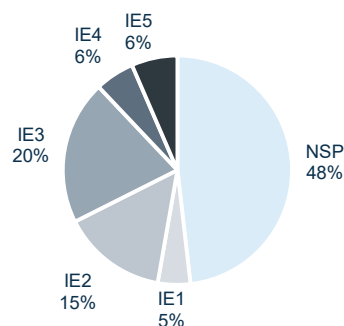
**Figure 2 :** Répartition de la puissance des moteurs de broyeurs verticaux

Les types de moteurs (broyeurs horizontaux et verticaux confondus) sont :

- 45% de moteurs asynchrones à cage (SC)
- 19% de moteurs synchrones (S)
- 15% de moteurs synchrones à bague (SB)
- 21% de moteurs non connus

La variation de vitesse est installée sur 70 % des broyeurs.

Au niveau de la classification du rendement des moteurs de broyeurs, elle n'est pas connue par près de la moitié des industriels. Pour ceux qui la connaissent (52 %), les classifications IE3 et IE2 sont les plus retrouvées.



**Figure 3 :** Répartition des classifications de rendement des moteurs de broyeurs

Les quelques données collectées montrent qu'un moteur plus récent a plus de chance d'avoir une classe plus élevée.

#### 1.2. Comparaison des moteurs de broyeurs

Dans l'enquête, les moteurs de 90 kW équipent uniquement des broyeurs verticaux, alors que ceux de 250 kW et 315 kW équipent des broyeurs horizontaux.

Le tonnage moyen, ainsi que le nombre de broyeurs par sites, augmentent avec la puissance des moteurs de broyeurs. Il est également logiquement remarqué que plus la puissance motrice augmente, plus le débit de broyage est important.

Puissance moteur	90 kW	250 kW	315 kW
Représentativité dans l'enquête	15%	23%	10%
Type de broyeurs concernés	100% verticaux	100 % horizontaux	100 % horizontaux
Tonnage moyen des sites (kt)	156	185	197
Nombre moyen de broyeurs / site	2.8*	2.6	2.3
Diagramme prédosage	63%	76%	50%
Année installation moteur moyenne	2003	2009	2014
Type de moteur	78% SC 22% SB	60% SC 27% S	90% SC 10% S
Variation de vitesse (utilisée)	43%	81%	100%
Débit broyage (t/h)	13	33	44
Moyenne moteur ventilateur (kW)	10	35	35*

**Tableau 1** : comparaisons de 3 puissances des moteurs de broyeurs (\*médiane car valeurs extrêmes)

Les broyeurs équipés de moteurs plus puissants sont plus dotés de variation de vitesse. Ce dernier point est essentiel pour piloter la performance énergétique de ce poste. Toutefois, il reste près de 20% des moteurs de 250 kW qui ne sont pas équipés de variation de vitesse et près de 60% des moteurs de 90 kW.

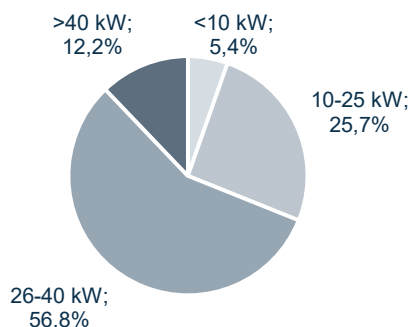
De plus, les moteurs de 315 kW se trouvent à part égale dans des usines en prébroyage et prédosage. Ces moteurs sont installés bien plus récemment, mais restent très largement synchrones à cage.

### 1.3. Moteurs des ventilateurs

Pour rappel, la puissance des moteurs du ventilateur d'un broyeur vertical est environ 3 fois inférieure comparée à celle des horizontaux. La puissance du moteur des ventilateurs est indépendante de celle installée sur les moteurs du broyeur dans le cas des broyeurs horizontaux. En effet, une puissance similaire de ventilateur est retrouvée entre un moteur de broyeur de 250 ou 315 kW.

La puissance des moteurs de ventilateurs est connue dans 79% des cas. La moyenne est de 28 kW avec un minimum de 2.2 kW et un maximum de 55 kW.

Pour les broyeurs horizontaux, la moyenne est de 30 kW avec une majorité entre 26 et 40 kW.



**Figure 4** : Répartition de la puissance des moteurs de ventilateurs de broyeurs horizontaux

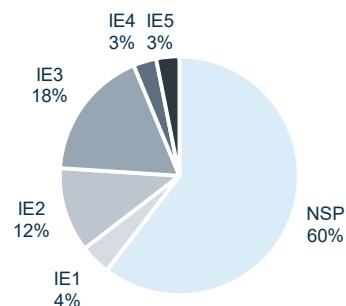
Pour les broyeurs verticaux équipés d'un ventilateur, la puissance moyenne est de 10 kW.

Les types de ces moteurs sont :

- 61% de moteurs asynchrones à cage (SC)
- 14% de moteurs synchrones (S)
- 10% de moteurs synchrones à bague (SB)
- 15% de moteurs non connus

La variation de vitesse est présente sur 42% des ventilateurs, mais seulement 35% l'utilisent. La variation de vitesse pourrait être plus présente et utilisée, afin de gagner en performance énergétique.

Au niveau de la classification des rendements des moteurs de ventilateur, plus de la moitié des industriels ne le connaissent pas. Les classifications IE2 et IE3 sont les plus retrouvées.



**Figure 5** : Répartition des classifications de rendement des moteurs de ventilateurs

### 1.4. Comparaison des moteurs de ventilateurs

Les moteurs des ventilateurs de 22 kW équipent 11% des broyeurs verticaux de l'enquête, alors que ceux de 30 kW et 37 kW sont installés uniquement sur les circuits aérauliques des broyeurs horizontaux.

Puissance moteur	22 kW	30 kW	37 kW
Représentativité dans l'enquête	11%	19%	44%
Type de broyeurs concernés	89% horizontaux	100 % horizontaux	
Diagramme prédosage	63%	50%	76%
Année installation moyenne	2012	2010	2009
Type de moteur	78% SC	73% SC 18% S	71% SC 14% S
Variation de vitesse (utilisée)	56%	60%	73%
Moyenne débit d'air (m³/h)	Pas assez de données	13 000	16 000

**Tableau 2** : Comparaisons de 3 puissances des moteurs de ventilateurs (\*médiane car valeurs extrêmes)

Des conclusions similaires au moteur du broyeur peuvent être tirées concernant le tonnage moyen des sites, le nombre de broyeurs par site et l'utilisation de la variation de vitesse.

Le débit d'air est supérieur entre un moteur de 30 kW et 37 kW. Cependant, cette donnée est à prendre avec précaution, car elle peut être mesurée ou estimée par les industriels.

### 1.5. Couple moteurs broyeur - ventilateur

Il se distingue par 2 catégories de puissance de ventilateur, en fonction de la puissance du moteur du broyeur :

- une autour de 17 kW pour les moteurs de broyeur en dessous de 150 kW
- une autre autour de 33 kW pour les moteurs de broyeurs au-dessus de 150 kW.

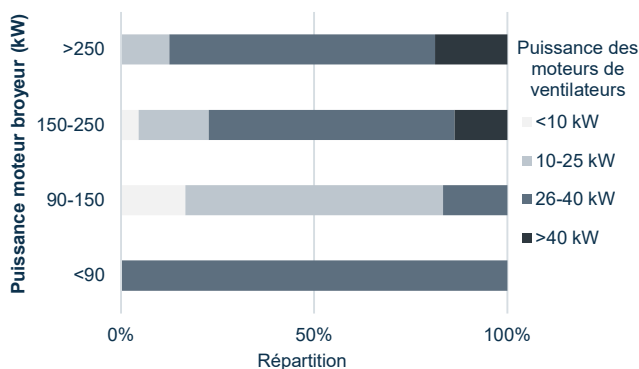
Il est possible de calculer un ratio puissance moteur broyeur sur celui du ventilateur. Plus la puissance du moteur du broyeur croît et plus celle du ventilateur croît. Ce ratio est plus élevé pour les broyeurs verticaux (9.9) que pour les horizontaux (7.3).

Classe moteurs broyeurs (kW)	Moy puissance moteurs (kW)		Ratio broyeur / ventilateur
	Broyeur	Ventilateur	
< 90	52.2	17.3	3.0
90 – 150	108.9	16.8	6.5
150 -200	223.4	31.4	7.1
> 200	317.6	34.3	9.3

**Tableau 3** : Moyenne de puissances des moteurs de broyeur et de ventilateur

En approfondissant l'analyse sur les broyeurs horizontaux, tous types de puissances de ventilateurs et de broyeurs peuvent être associés.

Même si des tendances se dégagent, il est possible de trouver des usines avec un moteur de broyeur supérieur à 250 kW et une puissance de ventilateur comprise entre 10 et 25 kW, ou alors supérieure à 40 kW. Cela met encore une fois en évidence des choix différents entre les sites ou les installateurs sans que les justifications de ces choix soient éclaircies.



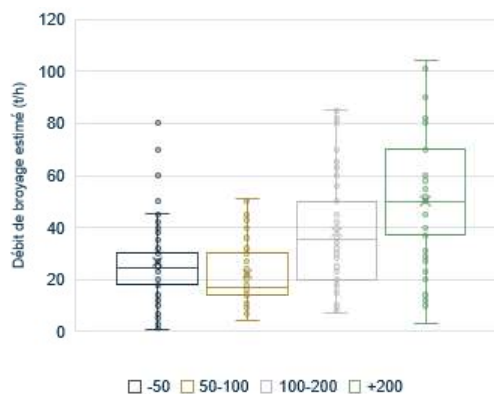
**Figure 6** : Répartition des puissances de moteurs de broyeurs horizontaux au regard de celles des ventilateurs (légende à droite)

## 2. Débit de broyage

### 2.1. En fonction du tonnage et de la puissance moteur

Trois classes de débits de broyage croissants apparaissent en fonction des classes de tonnage des sites :

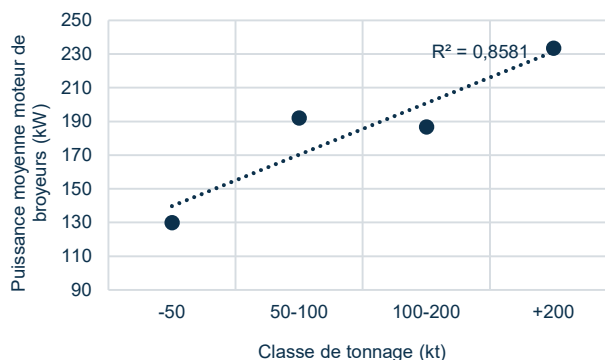
- moins de 100 kt : moyenne autour de 25 t/h
- entre 100 et 200 kt : moyenne autour de 38 t/h
- plus de 200 kt : moyenne autour de 50 t/h



**Figure 7** : Débit de broyage estimé en fonction de la classe de tonnage

Finalement, le débit de broyage diffère peu entre les classes de tonnage -50 et 100-200 kt.

Les usines ayant des capacités de production importantes, ont un débit de broyage bien plus supérieur pour chaque broyeur. Cela expliquerait que la puissance motrice installée croît avec le tonnage du site.



**Figure 8** : Puissance de broyeur installée en fonction de la classe de tonnage

Cependant, une dispersion importante de débit de broyage est constatée en tenant compte des matières premières ou aliments broyés (Figure 9).

Pour compléter l'analyse, il ressort que le débit de broyage ne dépend pas du type de diagramme de l'usine. En effet, la moyenne des débits des usines en prébroyage est de 37.8 t/h et celle en prédosage de 38.8 t/h. De plus, il n'existe pas de lien net entre le débit de broyage et la puissance des moteurs de

ventilateurs installés.

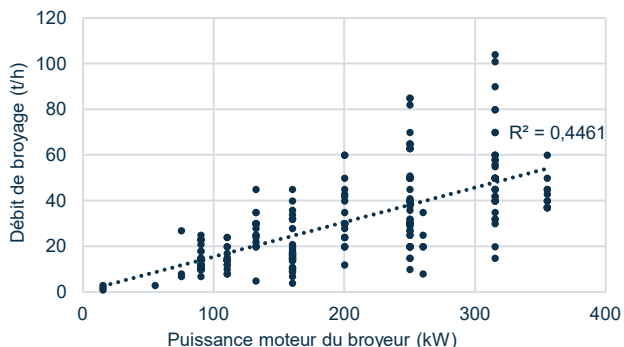


Figure 9 : Débit de broyage en fonction de la puissance du moteur du broyeur

## 2.2. En fonction de la classification du moteur

Une tendance semble se dégager concernant le débit de broyage et la classification du rendement moteur. Une classification plus élevée est associée avec l'augmentation du débit de broyage. Cette constatation est à consolider avec d'autres données industrielles.

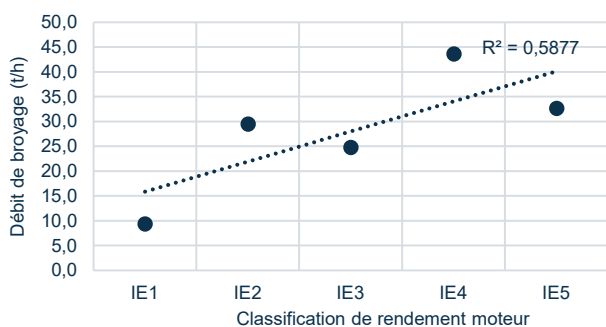


Figure 10 : Débit de broyage en fonction de la classification du rendement du moteur du broyeur

## 3. Comparaison entre les marques

Pour rappel, les broyeurs de marques Bülher et Seter sont essentiellement des broyeurs verticaux. Ces derniers ont des puissances moteurs ainsi que des débits de broyage inférieurs (iTec\_B9).

Types	Verticaux		Horizontaux			
	Bülher	Seter	Stolz	Tietjen	Van Arsen	
Année installation	2000	2002	1999	2012	205	
Puissance moy. (kW)	Broyeur	112	85	225	259	252
	Ventilateur	24	9	31	31	32
Débit d'air m3/h	x	x	15262	13375	x	
Débit broyage (t/h)	Moy	14	11	35	32	66
	Max	35	27	104	60	82
	Min	1	3	4	15	34

Tableau 4 : Comparaisons entre les marques de broyeurs (x : pas assez de données)

Concernant les broyeurs horizontaux, la puissance des broyeurs de marques Tietjen et Van Arsen est légèrement plus élevée que celle de marque Stolz. Cependant, un broyeur Tietjen, selon les déclarations des répondants, n'aurait pas forcément un débit de broyage supérieur à un Stolz. Les broyeurs de marque Van Arsen présentent des débits 2 fois plus importants, cependant la donnée reste à consolider, car les débits de seulement 6 broyeurs ont été renseignés. A noter, qu'il n'est pas exclu que les industriels aient changé les moteurs de broyeurs, notamment pour ceux relativement anciens comme les broyeurs de marque Stolz (Voir iTec\_B9).

Il est également constaté que la puissance du ventilateur ne dépend pas des marques des broyeurs horizontaux installés. En effet, la puissance moyenne des ventilateurs est très proche, quelle que soit la marque. Des différences apparaissent au niveau du débit d'air. Elles seraient plus importantes pour des broyeurs de marque Stolz comparé à ceux de marque Tietjen par exemple. Il serait intéressant de récolter suffisamment de données pour confirmer les connaissances de débit d'air concernant les broyeurs Tietjen et Van Arsen.

## 4. Conclusion

Cette enquête a permis d'obtenir une bonne photographie du parc de broyeurs installés en 2023, notamment au niveau de la motorisation.

Considérant l'objectif du projet dans le cadre dans lequel cette enquête a été faite, elle a permis de voir que la variation de vitesse est peu présente et utilisée sur les ventilateurs de broyeur. L'usage de la variation de vitesse sur les moteurs de broyeurs peut également être améliorée.

Certaines informations sur leurs moteurs (types et classifications des rendements) restent peu connues des industriels.

La puissance du moteur et la classification de rendement du moteur du broyeur peuvent être des leviers, afin d'augmenter le débit de broyage.

Enfin, la granulométrie de la mouture est également un facteur connu comme ayant un effet, puisqu'un broyage grossier permet d'augmenter le débit de broyage. Cependant, les données collectées sont très hétérogènes et ne permettent pas d'assoir correctement cette connaissance.

Des interrogations subsistent, notamment sur le choix de la puissance d'un moteur de ventilateur. En effet, elle ne dépend pas de la puissance du moteur de broyeur installé, ni de la marque du broyeur. La conception du circuit aéraulique n'a pas été abordée dans cette enquête. Une étude approfondie permettrait possiblement de mettre en évidence l'impact de ce dernier sur le choix du moteur du ventilateur.