

Optimisation économique du procédé de production de protéines lyophilisées par la technologie evapeos®



N. FRADET, C. GROSDEMANGE, F. GASCONS VILADOMAT, ederna, 1 place Pierre Potier, F-31106 Toulouse Cedex 1

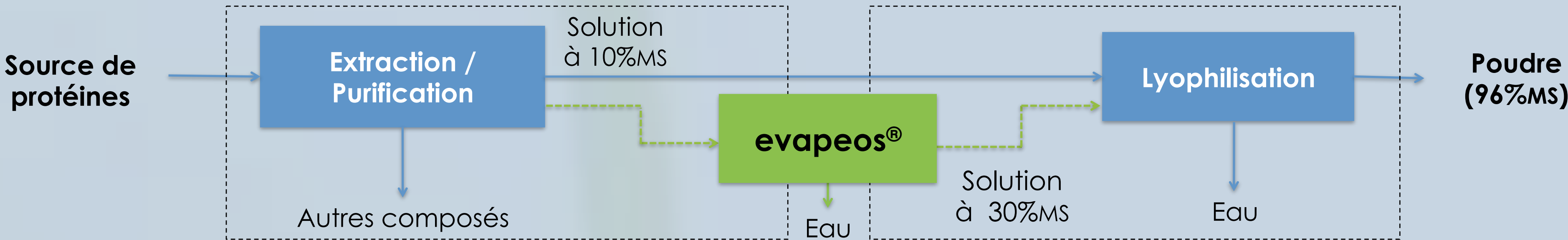
La technologie d'évaporation à basse consommation d'énergie **evapeos®**, brevetée par **ederna**, permet de **concentrer** les solutions aqueuses à **pression et température ambiantes**. Ces conditions opératoires douces sont particulièrement adaptées au traitement des **produits thermosensibles** tels que les **protéines**.

Positionnement de la technologie

Les procédés de production de poudres de protéines sont généralement composés de deux phases principales : l'extraction/purification et le séchage. La lyophilisation est une technique de séchage à froid particulièrement énergivore mais, malgré tout, très employée car elle ne dénature pas les protéines. Les solutions de protéines issues de la phase d'extraction/purification sont très diluées (rarement plus de 10%MS⁽¹⁾). La quantité d'eau à retirer en lyophilisation est donc considérable et le séchage long et coûteux.

La technologie evapeos permet de pré-concentrer ces solutions jusqu'à 30%MS, à moins de 20°C⁽²⁾, afin de diminuer le coût de la lyophilisation.

(1) MS : matière sèche
(2) Performances validées en laboratoire sur une solution modèle de protéines de lactosérum



Intégration de la technologie evapeos® dans le procédé de production de protéines

La technologie evapeos®

La technologie evapeos, mise au point par ederna et protégée par plusieurs brevets, est basée sur le phénomène d'évaporation osmotique.

Principe : transfert d'eau (ou de solvant) sous forme gazeuse d'un **produit** vers une solution d'extraction, l'**agent osmotique**, à travers une **membrane poreuse hydrophobe**.

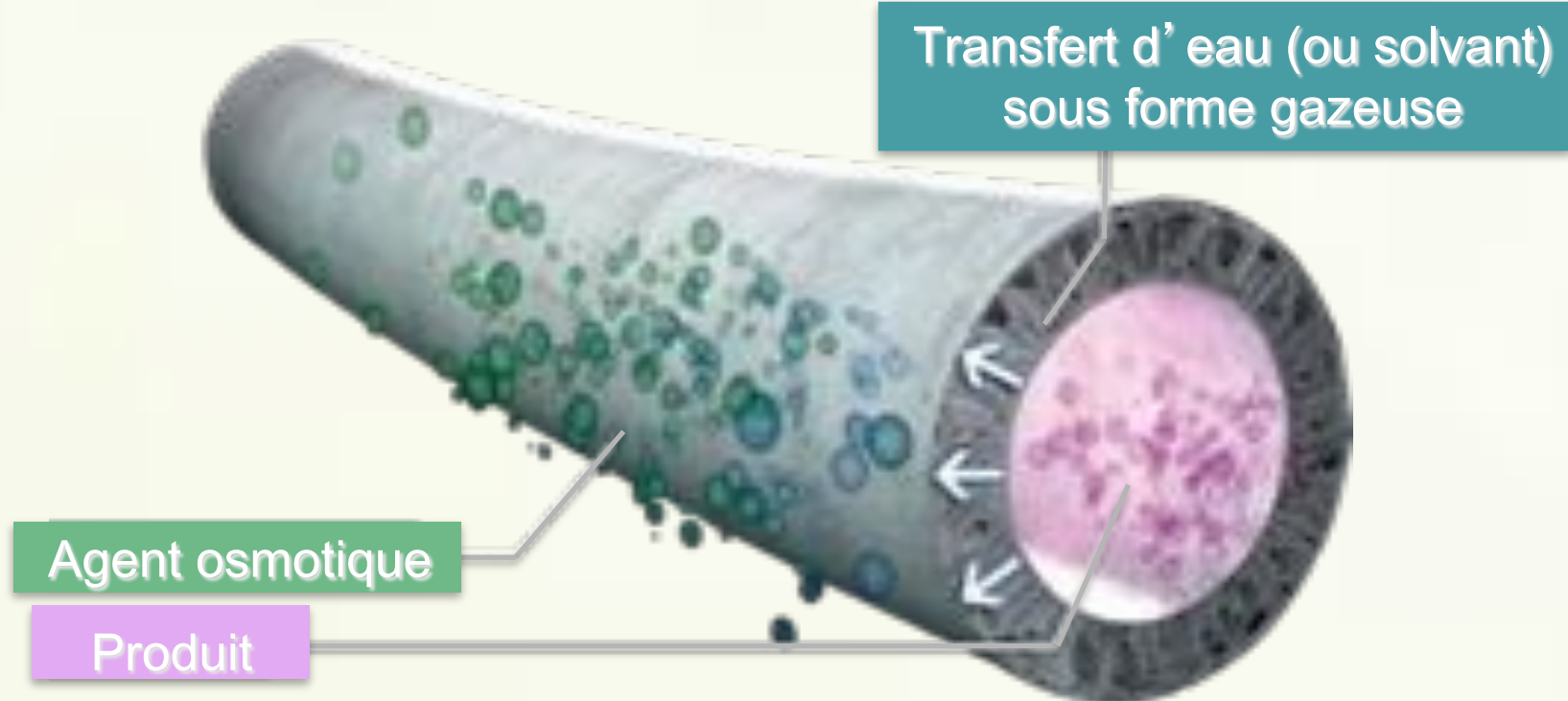


Schéma de coupe d'une membrane fibre creuse

Opération dans des modules de fibres creuses à **pression et température ambiantes** sans contact direct entre le produit et l'agent osmotique.

Mise en oeuvre

La concentration des solutions aqueuses se fait en mode batch. Le produit (solution de protéines) et l'agent osmotique circulent à contre-courant chacun d'un côté de la membrane (faisceau de fibres creuses). Le produit se concentre pendant que l'agent osmotique se dilue.

La technologie evapeos® est adaptée aux procédés discontinus mais peut également fonctionner en semi-continu. L'opération de concentration dure généralement entre 2h et 6h, selon les conditions opératoires choisies et le produit à concentrer.

Le système est ensuite nettoyé (CIP*). Au cours du nettoyage, l'agent osmotique (AO), dilué par l'eau qu'il a captée, est régénéré par évaporation. ederna préconise la mise en œuvre d'un évaporateur à compression mécanique des vapeurs (CMV) pour une optimisation énergétique du procédé.

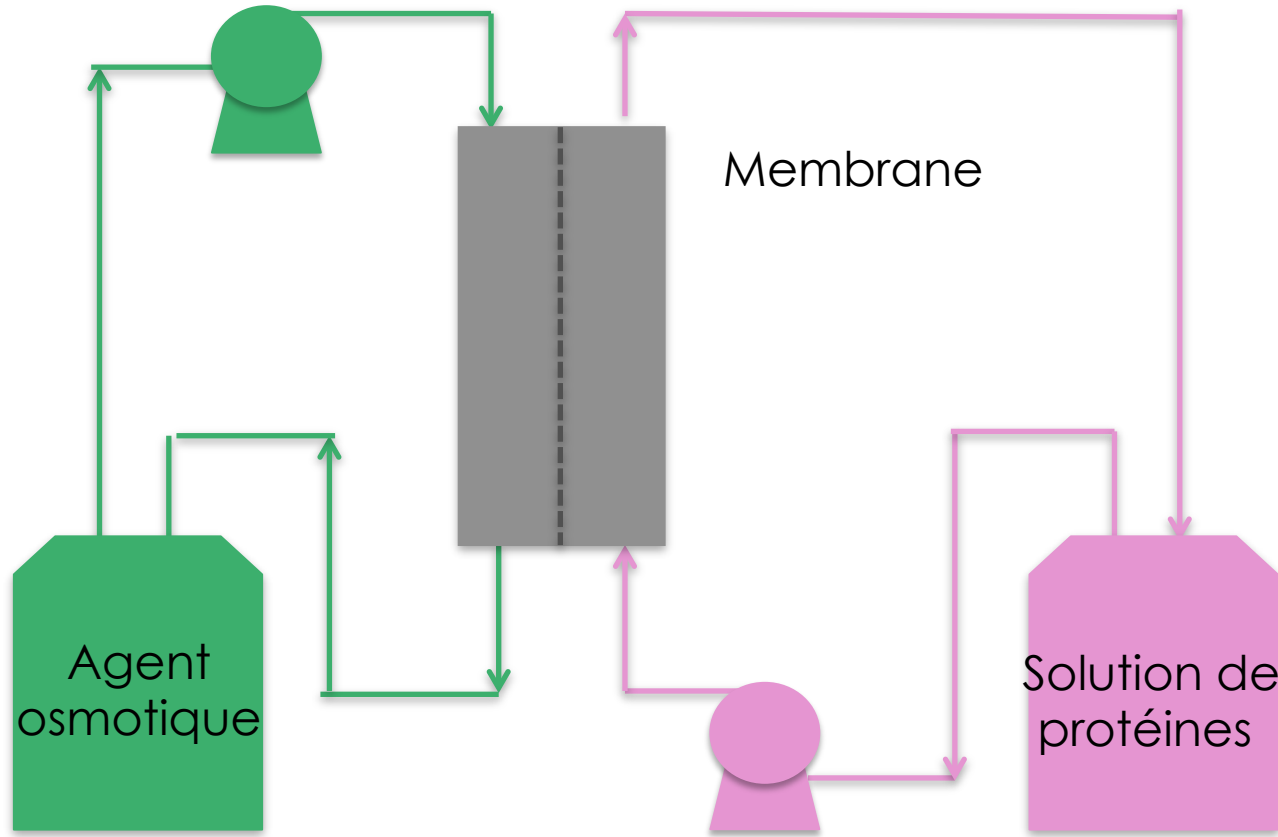


Schéma de procédé de concentration de protéines (evapeos)

*Cleaning In Place

Intérêt économique

La technologie evapeos® permet de concentrer les protéines de façon performante et consomme très peu d'énergie. Pour évaluer l'impact économique de son intégration dans les procédés de production, une étude comparative de deux unités modèles de production de protéines lyophilisées a été menée.

Unité 1 « sans evapeos » : lyophilisation directe d'une solution purifiée de protéines à 10%MS.
Unité 2 « avec evapeos » : pré-concentration à 30%MS de la solution à 10%MS avec la technologie evapeos, puis lyophilisation.

Hypothèses principales :

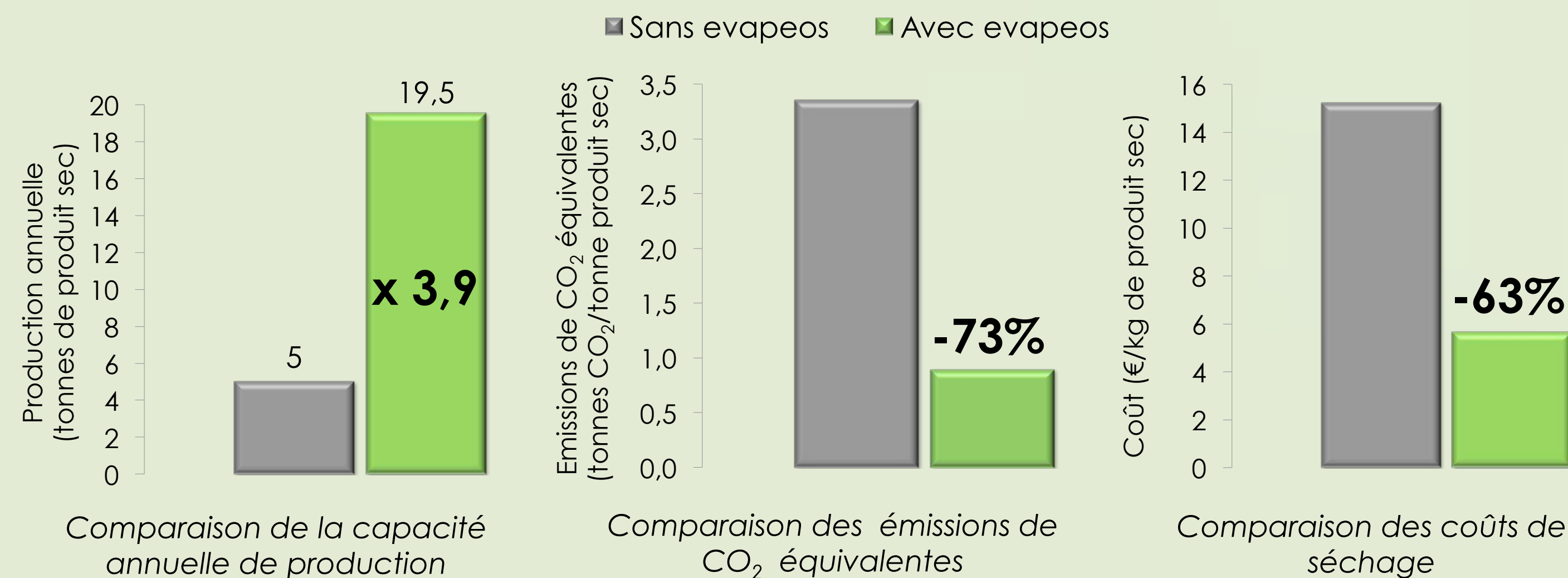
- Lyophilisateur identique pour les deux unités : condenseur d'une capacité de 250L.
- 180 lyophilisations réalisées par an. Durée : 48h (retrait de 250L d'eau)
- Production annuelle de l'unité 1 : 5 tonnes de poudre de protéines à 96%MS.
- 4 concentrations avec evapeos en 48h. Conservation des solutions concentrées en chambre froide dans l'attente de la lyophilisation suivante.
- Après concentration, nettoyage CIP des membranes de l'unité evapeos et régénération de l'agent osmotique (AO), en parallèle, par évaporation CMV.
- Automatisation de toutes les opérations.

Consommations énergétiques :
Lyophilisation* : 5 000 kWh/m³
evapeos : 6 kWh/m³
Evaporation CMV* : 60 kWh/m³

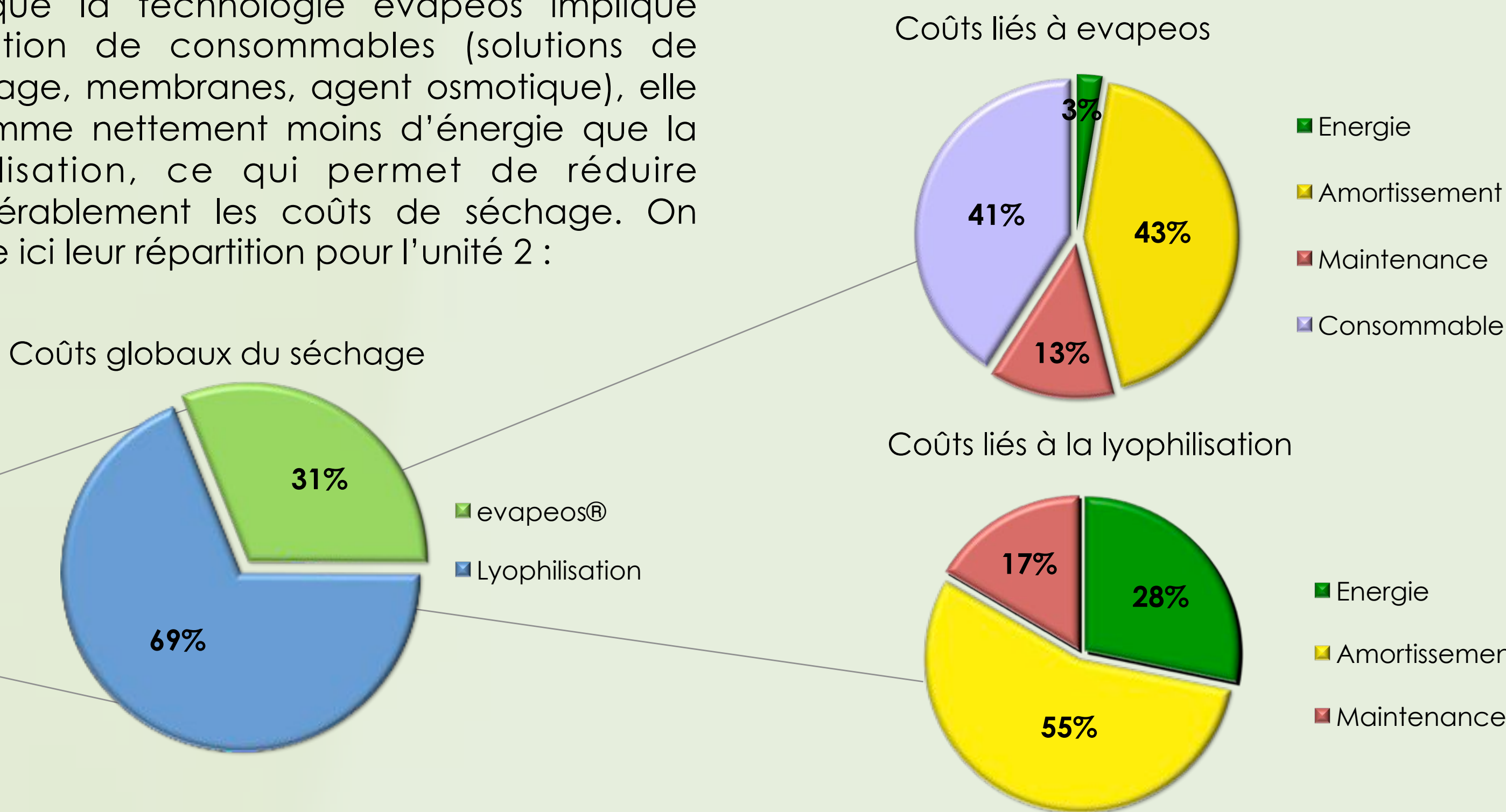
On calcule le détail des quantités traitées à chaque lyophilisation dans l'unité 1. On détermine ensuite la quantité qui peut être produite en intégrant l'étape de pré-concentration avec evapeos (unité 2). On compare alors les coûts de production de chaque unité ainsi que la consommation énergétique.

Principaux résultats :

En intégrant la technologie evapeos, la capacité de production est quasiment quadruplée, les coûts de la phase de séchage réduits de plus de 60% et les émissions de CO₂ équivalentes de cette dernière réduites de plus de 70%.



Bien que la technologie evapeos implique l'utilisation de consommables (solutions de nettoyage, membranes, agent osmotique), elle consomme nettement moins d'énergie que la lyophilisation, ce qui permet de réduire considérablement les coûts de séchage. On détaille ici leur répartition pour l'unité 2 :

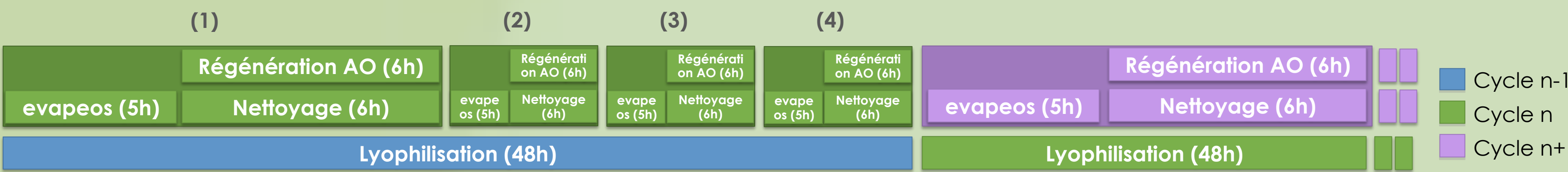


La technologie evapeos peut facilement s'intégrer à un procédé existant.

Dans cette étude, la pré-concentration dans l'unité 2 dure environ 5h. Suite à l'opération, la membrane est nettoyée et l'agent osmotique (AO) régénéré simultanément. Ces étapes peuvent être réalisées sans impacter la cadence de production.

*Vasseur J., Séchage industriel : principes et calculs d'appareil, Ed. Techniques Ingénieur, 2010, J 2452 - 21

Possibilité d'ordonnancement pour les dernières étapes du procédé incluant la technologie evapeos



Cet exemple démontre que la technologie evapeos® s'intègre facilement aux procédés de production de protéines lyophilisées existants et permet d'en augmenter les capacités de production et la rentabilité tout en réduisant fortement leur impact environnemental.

