La molécule du mois : les supercomplexes photosynthétiques

Publié le 13.05.25 | Par David S. Goodsell

La lumière est capturée par d'énormes supercomplexes composés de photosystèmes et d'antennes collectrices.

Plusieurs avancées expérimentales récentes ont permis de mieux saisir les mécanismes de la capture de la lumière au cours de la phase photochimique de la photosynthèse. Les observations au microscope électronique des membranes des chloroplastes ont révélé que les photosystèmes sont au centre de grands supercomplexes, étroitement alignés et entourés d'antennes collectrices. Afin de mieux les étudier, les scientifiques développent actuellement de nouvelles méthodes afin que ces supercomplexes ne se dégradent pas au cours de leur extraction des cellules vivantes. Par ailleurs, de nouvelles techniques de cryomicroscopie électronique permettent aux chercheurs d'observer des images de très nombreuses copies de ces supercomplexes purifiés et de combiner ces dernières pour déterminer une structure détaillée.

1. Des Super Complexes

Les supercomplexes photosynthétiques sont composés de photosystèmes, qui effectuent le gros du travail de transformation de l'énergie lumineuse, entourés de complexes d'antennes, qui collectent la lumière et acheminent l'énergie vers les photosystèmes. L'antenne collectrice de lumière LHCII est un complexe d'antennes majeur pour les plantes et les algues vertes. Il s'agit d'un assemblage triangulaire de protéines associées à des cofacteurs absorbant la lumière, comme la chlorophylle et les caroténoïdes. Plusieurs complexes d'antennes mineurs contribuent à relier cette antenne collectrice LHCII au photosystème. Le supercomplexe représenté sur la figure 1 (entrée de la banque de données sur les protéines (PDB) 5xnl) est le photosystème II (PSII) du pois *Pisum sativum*.

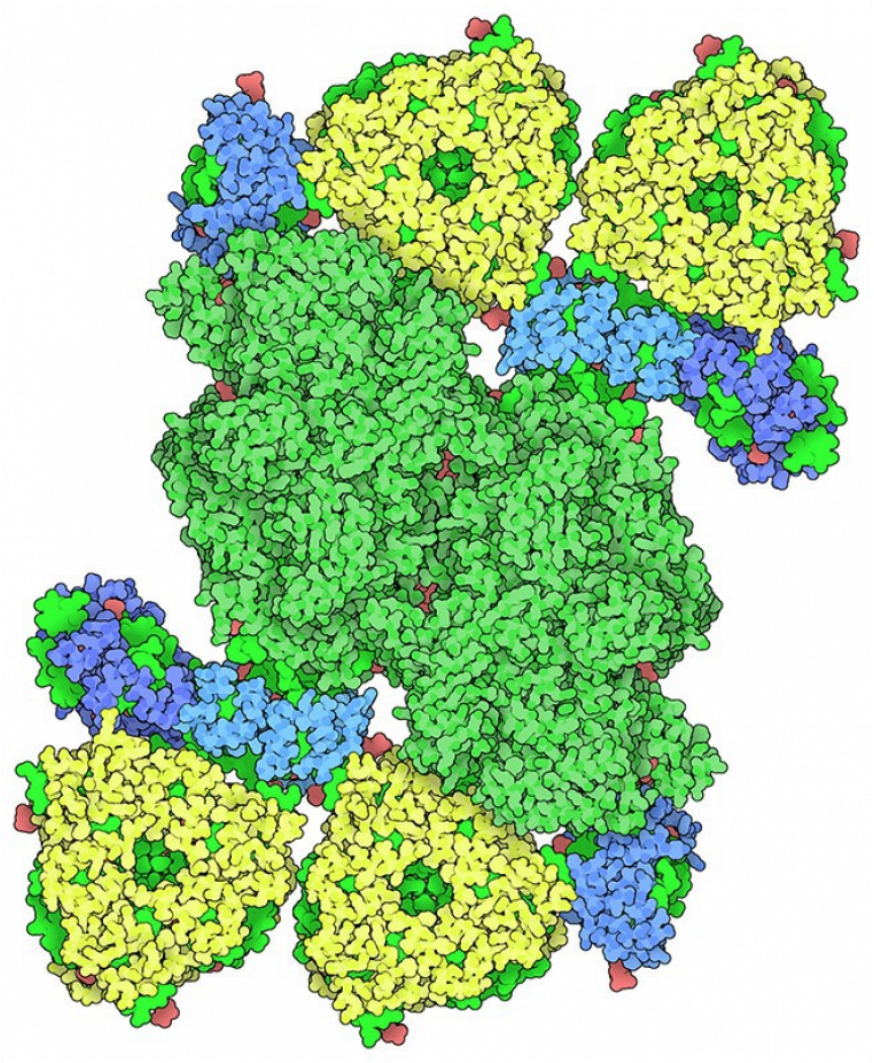


Figure 1 - Le supercomplexe du photosystème II du pois
Le photosystème est représenté en vert foncé, l'antenne collectrice LHCII en jaune et les complexes d'antennes mineurs en bleu. Les différents cofacteurs sont représentés en vert clair et en rouge.

Auteur(s)/Autrice(s) : David S. Goodsell et RCSB PDB – Licence : CC-BY – Source : RCSB PDB

2. Le réglage de l'antenne

Les plantes et les algues adaptent continuellement leurs supercomplexes, ce qui leur permet d'utiliser le plus efficacement possible la lumière disponible. Par exemple, le photosystème II (PSII) est plus efficace avec la lumière rouge, et le photosystème I (PSI) est plus efficace avec une lumière plus proche du rouge sombre. En outre, les plantes protègent leurs photosystèmes des dommages causés par une lumière trop intense. Les cellules des plantes et des algues modifient continuellement l'emplacement des complexes d'antennes en fonction de la quantité et du type de lumière disponible. Les structures représentées sur la figure 2 (entrées PDB 6kac et 6kad) montrent deux formes de photosystèmes II d'algues vertes, l'une avec de nombreux complexes d'antennes lorsque la luminosité est faible, et l'autre avec moins de complexes d'antennes lorsque la luminosité est forte [1].

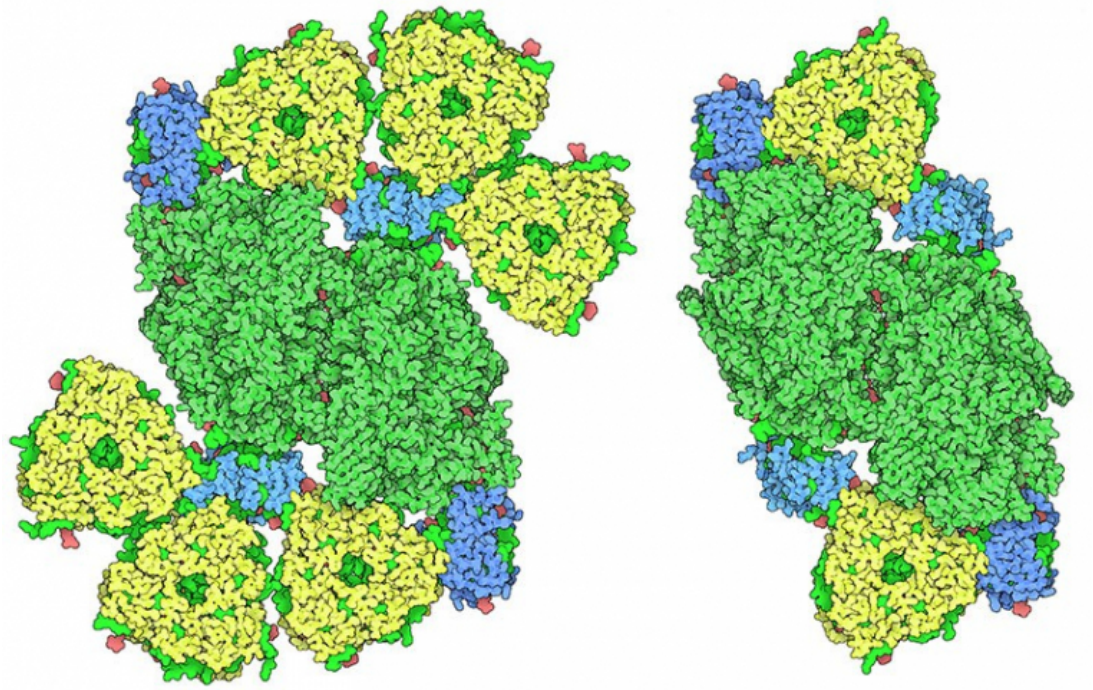


Figure 2 - Les formes d'un supercomplexe du photosystème II d'une algue lorsque la lumière est faible (à gauche) ou forte (à droite)

Auteur(s)/Autrice(s) : David S. Goodsell et RCSB PDB – Licence : CC-BY – Source : RCSB PDB

3. Les supercomplexes du photosystème I (PSI)

Le photosystème I (PSI) forme couramment des supercomplexes avec deux types d'antennes collectrices. L'entrée PDB 5zji montre le supercomplexe de plantes de maïs. Quatre molécules de l'antenne collectrice LHCI occupent un côté du photosystème. Si les conditions lumineuses sont favorables au photosystème I (PSI), l'antenne collectrice LHCII est également liée au supercomplexe, comme cela est représenté sur la figure 3 [2]. L'examen d'autres organismes photosynthétiques révèle de nombreuses variations sur ce thème [3]. L'un des plus grands supercomplexes se trouve chez les cyanobactéries, les organismes photosynthétiques les plus anciens. Dans des conditions de stress, par exemple lorsqu'elles manquent de fer, le photosystème I des cyanobactéries forme un énorme supercomplexe composé d'un trimère de photosystèmes I entourés d'un ou deux anneaux de complexes d'antennes (entrée PDB 6nwa) [4].

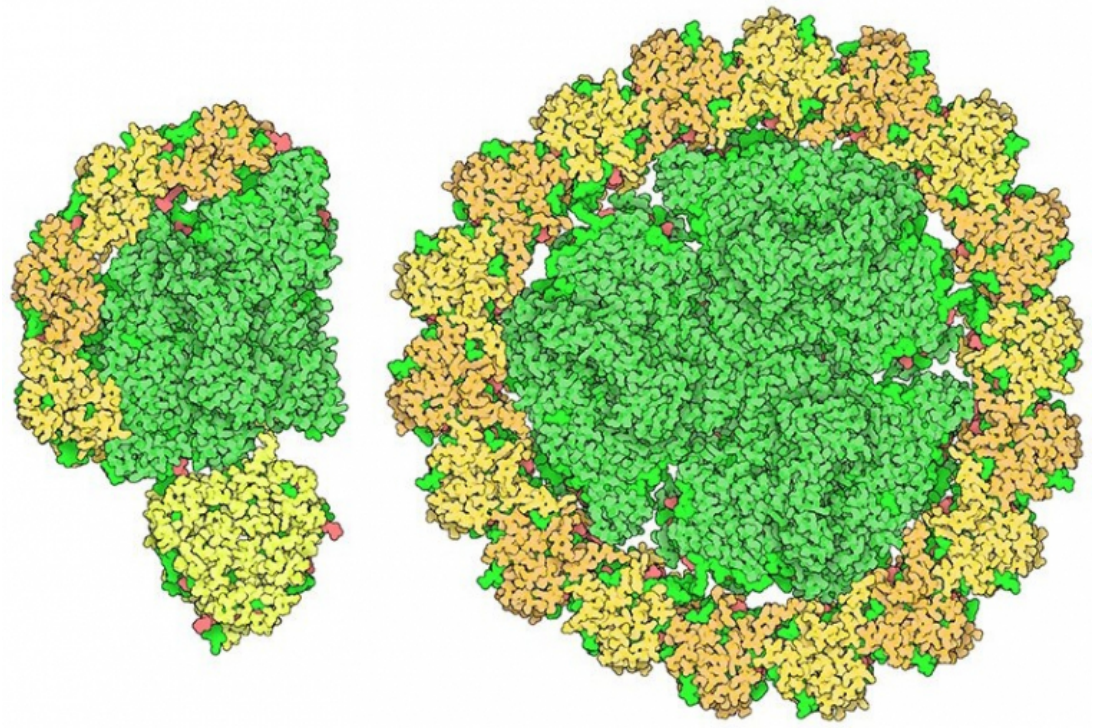


Figure 3 - Les supercomplexes du photosystème I du pois (à gauche) et de cyanobactéries (à droite)

Auteur(s)/Autrice(s) : David S. Goodsell et RCSB PDB – Licence : CC-BY – Source : RCSB PDB

4. Le supercomplexe du photosystème II

Les antennes collectrices sont composées de cofacteurs absorbant la lumière, maintenus ensemble par un petit nombre de protéines [5]. Sur la figure 4 (entrée PDB 5xnl), les chaînes des protéines sont représentées sous la forme d'un squelette sans les radicaux pour faciliter la visualisation de tous les cofacteurs disposés à l'intérieur. Les chlorophylles sont représentées en vert vif et d'autres molécules de cofacteurs, comme la lutéine et le bêta-carotène, sont représentées en rose. Vous pouvez examiner plus en détail ce supercomplexe du photosystème II, en utilisant par exemple le logiciel de visualisation de molécules disponible sur le site PDB-101.

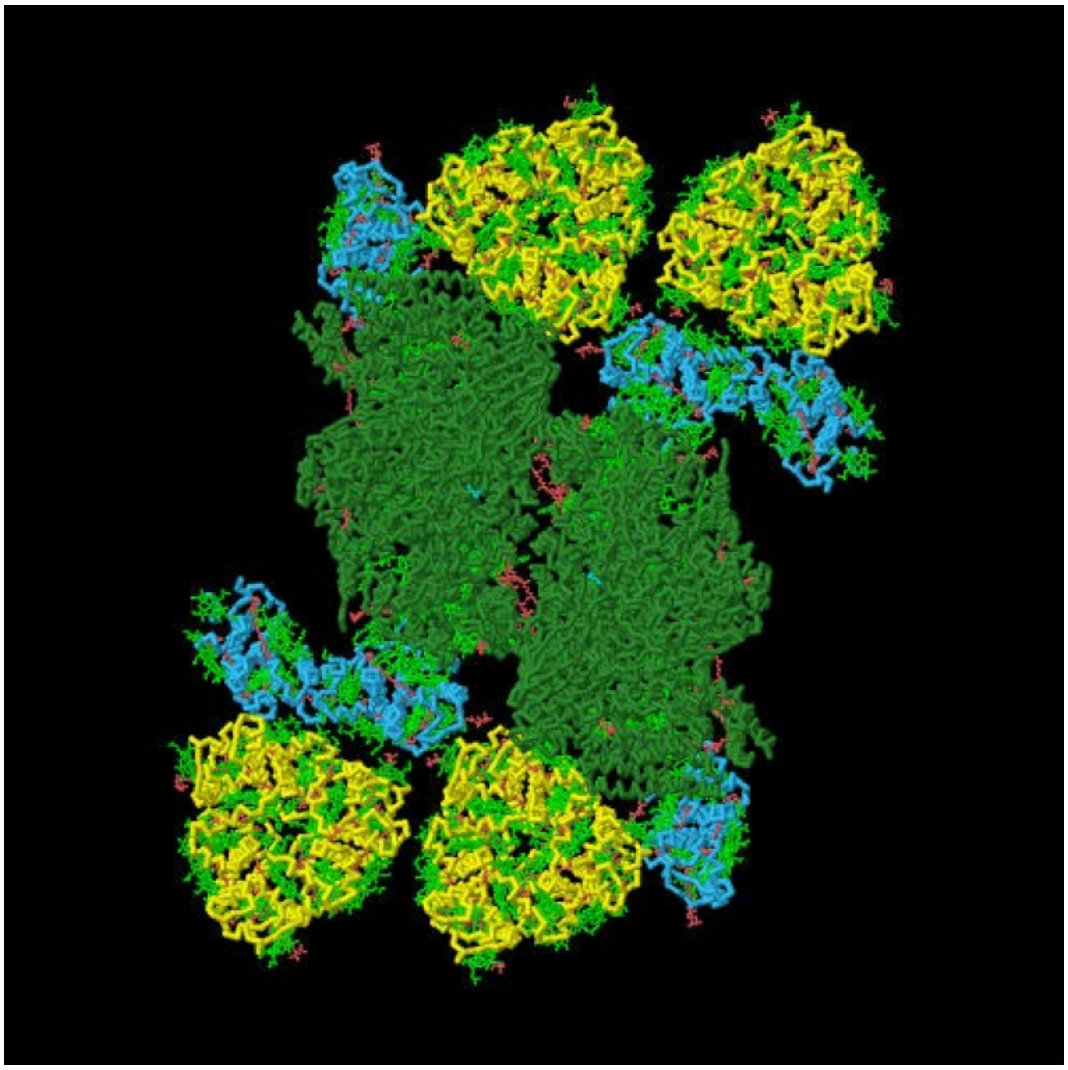


Figure 4 - Les pigments de l'antenne collectrice au sein du photosystème II du pois

Auteur(s)/Autrice(s) : David S. Goodsell et RCSB PDB – Licence : CC-BY – Source : RCSB PDB

5. Pour aller plus loin

1. Vous pouvez explorer les structures des nombreux cofacteurs de ces complexes dans la section « *Small Molecules* » de chacune des entrées correspondantes de la banque de données sur les protéines (PDB).
2. Vous pouvez étudier les données de cryomicroscopie électronique pour ces structures sur le site EMDataResource.

Ce texte correspond à la traduction par Cédric Bordi de l'article *Molecule of the Month : Photosynthetic Supercomplexes* **[6]** écrit par David S. Goodsell et paru en avril 2020 sur le site PDB-101, le portail éducatif de la banque de données sur les protéines (PDB).

CRÉDITS

AUTEUR(S)/AUTRICE(S)

David S. Goodsell

Professeur de bioinformatique à l'Institut de recherche Scripps et professeur à l'université Rutgers, où il occupe le poste de responsable de la vulgarisation scientifique à la banque de données sur les protéines du RCSB.

LICENCE DU TEXTE DE L'ARTICLE

REPRODUIT AVEC AUTORISATION

PARTENAIRE(S)

Cet article est publié en partenariat avec le site PDB-101, le portail éducatif de la banque de données sur les protéines (PDB).
PDB-101

BIBLIOGRAPHIE

1. Sheng, X. ., Watanabe, A. ., Li, A. ., Kim, E. ., Song, C. ., Murata, K. ., … Liu, Z. . (2019). Structural insight into light harvesting for photosystem II in green algae. *Nature Plants, 5*, 1320–1330. http://doi.org/10.1038/s41477-019-0543-4 (Original work published 2026)

2. Pan, X. ., Ma, J. ., Su, X. ., Cao, P. ., Chang, W. ., Liu, Z. ., … Li, M. . (2018). Structure of the maize photosystem I supercomplex with light-harvesting complexes I and II. *Science (New York, N.Y.), 360*, 1109–1113. http://doi.org/10.1126/science.aat1156 (Original work published 2026)

3. Dudkina, N. V., Folea, M. ., & Boekema, E. J. (2015). Towards structural and functional characterization of photosynthetic and mitochondrial supercomplexes. *Micron (Oxford, England: 1993), 72*, 39–51. http://doi.org/10.1016/j.micron.2015.03.002 (Original work published 2026)

4. Toporik, H. ., Li, J. ., Williams, D. ., Chiu, P.-L. ., & Mazor, Y. . (2019). The structure of the stress-induced photosystem I-IsiA antenna supercomplex. *Nature Structural \& Molecular Biology, 26*, 443–449. http://doi.org/10.1038/s41594-019-0228-8 (Original work published 2026)

5. Su, X. ., Ma, J. ., Wei, X. ., Cao, P. ., Zhu, D. ., Chang, W. ., … Li, M. . (2017). Structure and assembly mechanism of plant $C_2 S_2 M_2$ -type PSII-LHCII supercomplex. *Science, 357*, 815–820. http://doi.org/10.1126/science.aan0327 (Original work published 2026)

6. Goodsell, D. . (2020). Photosynthetic Supercomplexes. *RCSB Protein Data Bank*. http://doi.org/10.2210/rcsb_pdb/mom_2020_4 (Original work published 2026)