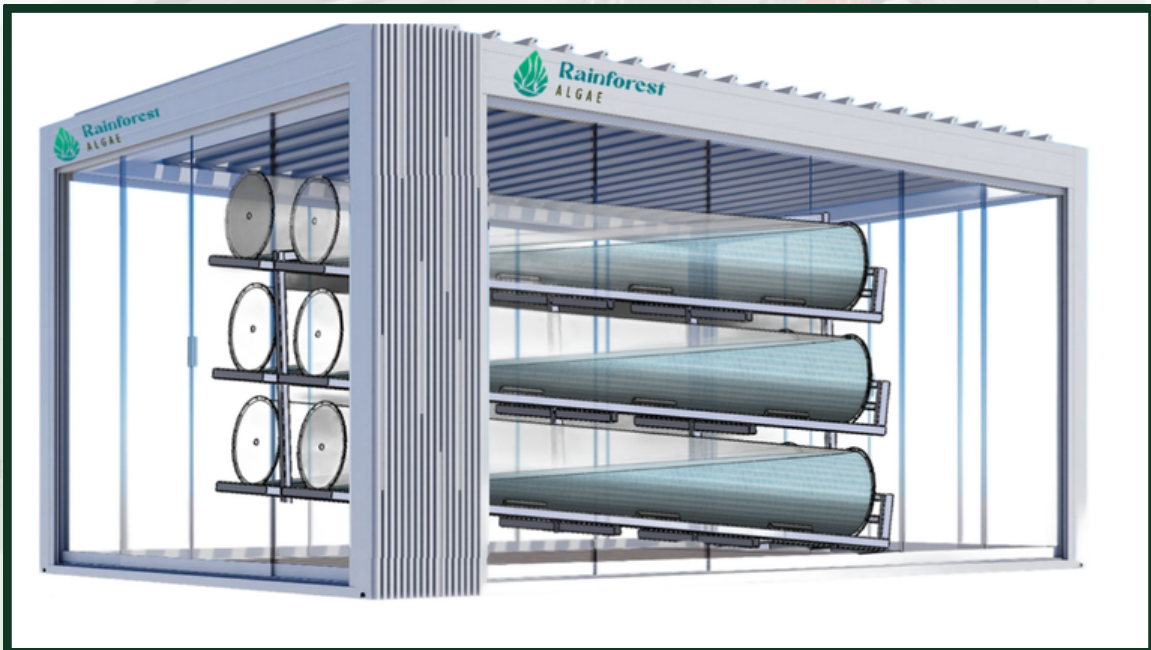




Rainforest
ALGAE

LES TECHNOLOGIES RAINFOREST BROCHURE PRODUIT



APERÇU DES MODÈLES DE PHOTOBIORÉACTEURS ET DE LEUR CAPACITÉ DE CULTURE

RÉACTEUR MODÈLE		CULTURE CAPACITÉ (L +/- 20%)		PAGE
Minnow	RF-2L	2		5
Chinook	RF-10L	10		6
Dolphin	RF-420L	420		7
Beluga	RF-1250L	1 250	1,25 m ³	8
Beluga-IT	RF-1250L-IT	1 250	1,25 m ³	9
Beluga Calf	RF-1250L-C	1 250	1,25 m ³	10
Minke	RF-4300L	4 300	4,3 m ³	Informations disponibles sur demande
Orca	RF-10m³	10 000	10 m ³	Informations disponibles sur demande
Bowhead	RF-28m³	28 000	28 m ³	Informations disponibles sur demande
Fin	RF-100m³	100 000	100 m ³	Informations disponibles sur demande
Blue	RF-1000m³	1 000 000	1 000 m ³	Informations disponibles sur demande
ENCEINTE DU RÉACTEUR				11
ACCESSOIRES				12

INTRODUCTION

Nous vous remercions de l'intérêt que vous portez à Rainforest Algae Corp. et aux technologies que nous avons développées. Notre entreprise a été fondée avec l'ambition d'apporter une contribution concrète et mesurable à la lutte contre le changement climatique à l'échelle mondiale. Les algues sont les plantes à la croissance la plus rapide sur Terre, capables selon les conditions environnementales et leur patrimoine génétique, de doubler leur biomasse en 24 à 48 heures. On recense aujourd'hui plus de 100 000 espèces d'algues, lesquelles jouent un rôle fondamental dans le monde, en produisant environ 60 à 70 % de l'oxygène que nous respirons. Elles constituent également une source majeure de composés essentiels à notre vie, qu'il s'agisse de notre alimentation, de celle des animaux, des poissons et des oiseaux, de la production de biocarburants ou de substituts aux produits dérivés du pétrole et bien plus encore.

Bien que les algues soient omniprésentes à l'échelle mondiale, leur exploitation commerciale à grande échelle demeure confrontée à plusieurs défis majeurs. Ceux-ci concernent principalement la réduction des coûts de production, de déshydratation et de séchage de la biomasse, ainsi que la limitation des impacts environnementaux associés aux infrastructures et aux opérations. Nous désignons ces enjeux par les termes « techno-économie » (coûts d'investissement et d'exploitation) et « analyse du cycle de vie » (addition de tous les éléments de construction et d'exploitation courants, qui entraînent des émissions de CO₂, et soustraction de la quantité de CO₂ séquestrée dans la biomasse).

Historiquement, les bassins de culture ouverts ont offert les meilleures performances sur les plans économique et environnemental. Toutefois, au Canada comme dans d'autres régions au climat froid, l'absence de températures élevées sur une grande partie de l'année ne permet pas une production continue. Ainsi, bien que les bassins de culture fonctionnent, un environnement de culture plus contrôlé assurerait des rendements en algues plus constants et nettement supérieurs par unité de volume. Comparativement aux bassins de culture ouverts, les réacteurs développés par Rainforest nécessitent beaucoup moins d'espace et sont conçus pour exploiter efficacement la lumière du soleil lorsqu'elle est disponible, notamment dans les serres, y compris sous des climats froids.

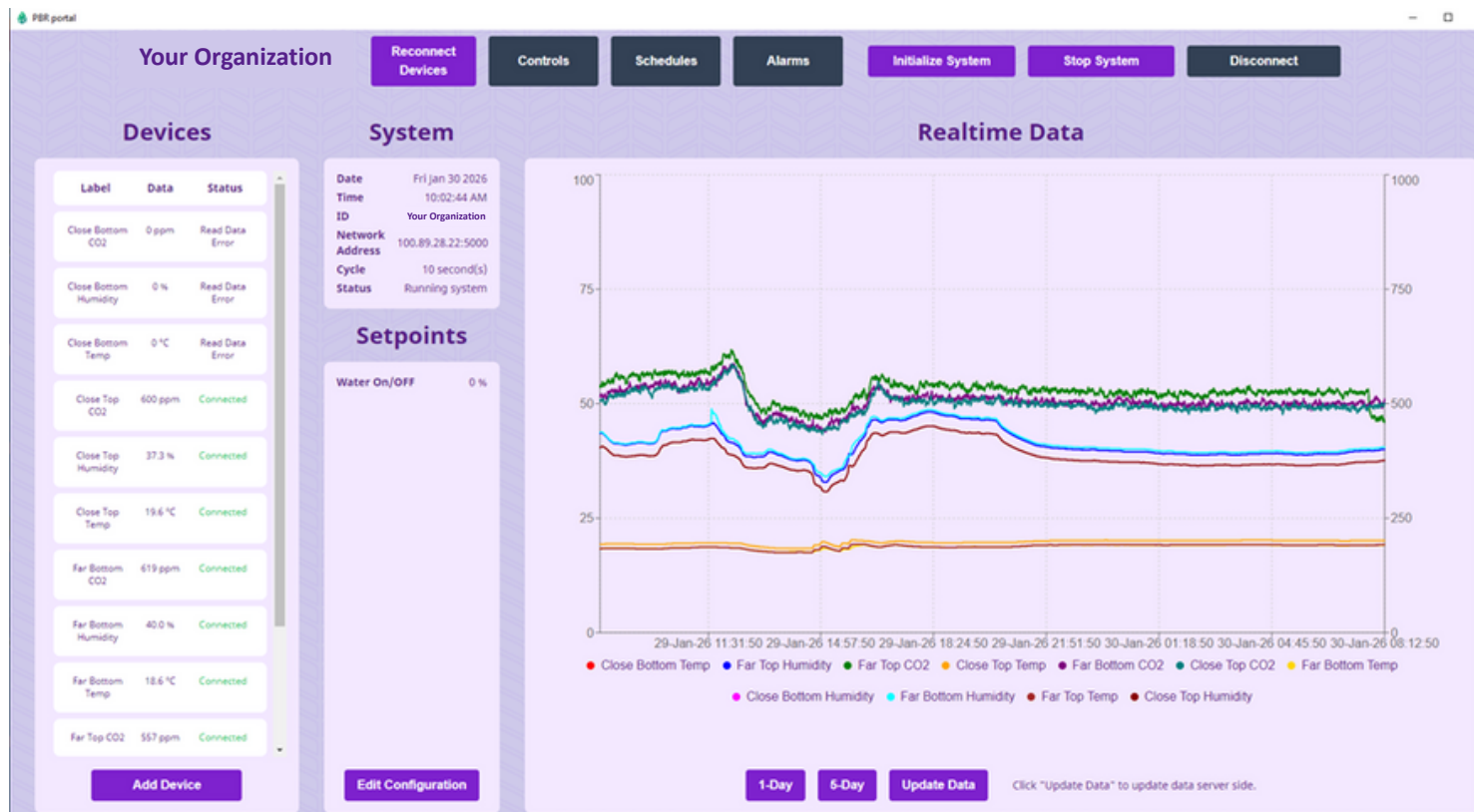
Depuis 2020, Rainforest Algae Corp. concentre ses efforts sur le développement des plus performant systèmes de bioréacteurs du marché, en tirant parti des avancées significatives réalisées en matière de mélange des cultures et de transfert de masse des gaz entre les phases liquide et gazeuse. Ces avancées sont essentielles à l'optimisation des rendements réactionnels, y compris les réactions chimiques et photosynthétiques, ainsi que la cinétique des réactions de fermentation. Afin de réduire les coûts opérationnels associés à la culture d'algues, l'intégration de sources d'énergie renouvelables est essentielle. Le soleil nous offre une énergie solaire gratuite qui favorise la croissance des algues. Il est donc primordial, dans la mesure du possible, que les photobioréacteurs exploitent cette ressource lorsqu'elle est disponible. C'est dans cette optique que Rainforest préconise l'utilisation d'un système d'ENCEINTE (page 12) pour les installations commerciales de petite taille et de serres pour les unités de production de plus grande envergure.

Parallèlement, les systèmes de surveillance, d'enregistrement et de contrôle des réacteurs continuent d'évoluer afin d'optimiser les rendements et de nous rapprocher d'une plateforme entièrement automatisée. La cuve du réacteur scellée peut être nettoyer en place (NEP/CIP), garantissant des cultures exemptes de contamination. En fonction des exigences spécifiques de chaque procédé, le réacteur peut être configuré avec des systèmes contrôlables d'éclairage, de température, d'échange gazeux, d'apport de nutriments, de pompes de récolte, de capteurs de paramètres, etc. De même, le système de contrôle peut être configuré pour répondre à la cinétique de réaction et/ou aux algorithmes d'intelligence artificielle et d'apprentissage automatique (IA/ML). Par ailleurs, qu'il s'agisse d'agriculture cellulaire, de cultures d'algues ou de procédés de fermentation, les systèmes de réacteurs Rainforest sont rapidement adaptables, allant de 2 L à plusieurs centaines, voire plusieurs milliers de m³. Les cycles de réaction peuvent être programmés pour un fonctionnement en batch, semi-batch ou continu. Tous les systèmes de réacteurs peuvent être nettoyés sur place (NEP/CIP) ou autoclavés (2 L, 10 L).

En raison de la conception du réacteur, une personnalisation considérable est possible, que ce soit pour répondre à des contraintes d'espace ou pour atteindre des objectifs de volume spécifiques. Principalement, l'intensification consiste à augmenter le diamètre et la longueur des cuves pour accroître ou réduire les volumes de culture. Toutefois, aux fins du présent document, diverses possibilités de dimensionnement en termes de capacité de culture sont présentées pour les bioréacteurs.



Les réacteurs Rainforest peuvent être surveillés et contrôlés via Wi-Fi, directement depuis le système intégré, votre ordinateur ou votre appareil mobile avec affichage de graphiques. Vous pouvez également suivre votre culture en temps réel grâce à un adaptateur microscope/caméra à flux continu. La configuration à tubes multiples des réacteurs offre une redondance intégrée, permettant de gérer les risques et de séparer les processus, et ainsi de mener simultanément plusieurs réactions ou cultures différentes. Les systèmes de grande capacité sont généralement composés de 6 réacteurs tubulaires. Par ailleurs, le transfert de gaz s'effectuant par rotation des réacteurs plutôt que par la dispersion des gaz par le fond (barbotage), la formation de mousse à l'intérieur du réacteur est considérablement réduite.



Enfin, Si l'objectif est d'atteindre la neutralité carbone, il est possible de répondre aux besoins énergétiques en 1) cultivant sous lumière naturelle et/ou 2) en utilisant des sources d'énergie renouvelables. Ceci est réalisable dans des environnements de type serre, notamment grâce à des systèmes d'enceintes vitrées de grande hauteur que nous pouvons intégrer, comme illustré en couverture de ce document.

Nous serions ravis de collaborer avec vous pour atteindre les objectifs de vos projets de recherche, environnementaux, sociaux et/ou commerciaux.

Au plaisir d'entamer la discussion bientôt !

Stan Pankratz, PhD, MBA, BSc

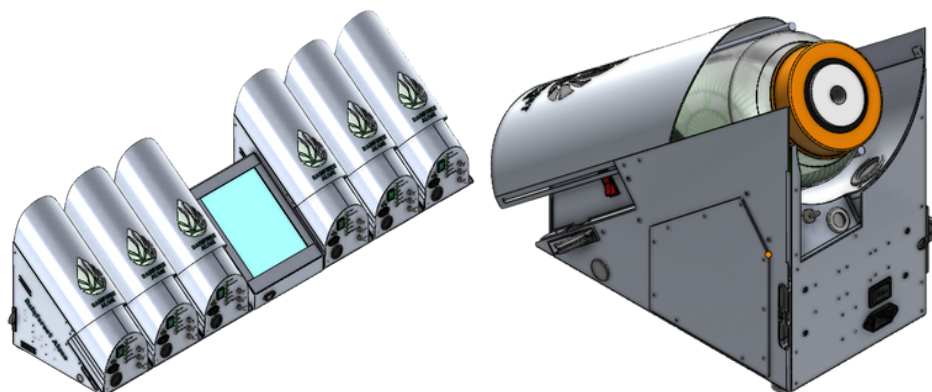
Président-directeur général

Rainforest Algae Corp.

✉ stan.pankratz@rainforestalgae.ca

* REMARQUE : Les spécifications présentées dans ce document sont susceptibles d'être modifiées à mesure que les systèmes se développent.

MINNOW RF-2L



SPÉCIFICATIONS

Volume de culture	2 L / 0,5 gal US +/- 20%	
Cuve du réacteur (PET / borosilicate de qualité alimentaire) scellée	4 L / 1,1 gal US	RF-2L-RV-PET / RF-2L-RV-Bor
Puissance	50 W	
Puissance de 6 unités	300 W	
Tension disponible	110-120 V CA	
Fréquences disponibles	50 / 60 Hz	
Dimensions	Longueur 450-520 mm / 17-21 in (fermé / ouvert) Largeur 210 mm / 8,5 in Hauteur 380-485 mm / 15-19 in (ouvert / fermé)	
Poids	8,5 kg / 19 lb	
Cordon d'alimentation	1 m / 3,3 ft	
Pompes péristaltiques (vitesse variable jusqu'à 0,5 L/min)	2	
Pompe à air avec filtre HEPA (0,2 µm)	1	
Micro-ordinateur intégré avec logiciel de surveillance/contrôle/enregistrement de données/génération de graphiques / compatible au Wi-Fi.	Inclus. L'application de l'interface utilisateur peut être installée sur un ordinateur portable / ordinateur de bureau / appareils intelligents ou utilisée via le module de contrôle optionnel Rainforest. Les commandes incluent : Contrôle de la température / intensité de l'éclairage LED / vitesse de rotation / pompes péristaltiques / programmation des paramètres et des composants	
Equipement de surveillance des cultures	1 thermocouple de type K et 1 sonde pH	
<i>*Autres sondes disponibles sur demande</i>		

Système de contrôle et de surveillance (CMS) avec écran tactile. Permet de contrôler jusqu'à 6 réacteurs RF-2L.		
Dimensions	Longueur 350 mm / 14 in Largeur 250 mm / 10 in Hauteur 400 mm / 16 in	
Weight	4,5 kg / 10 lb	



CHINOOK RF-10L

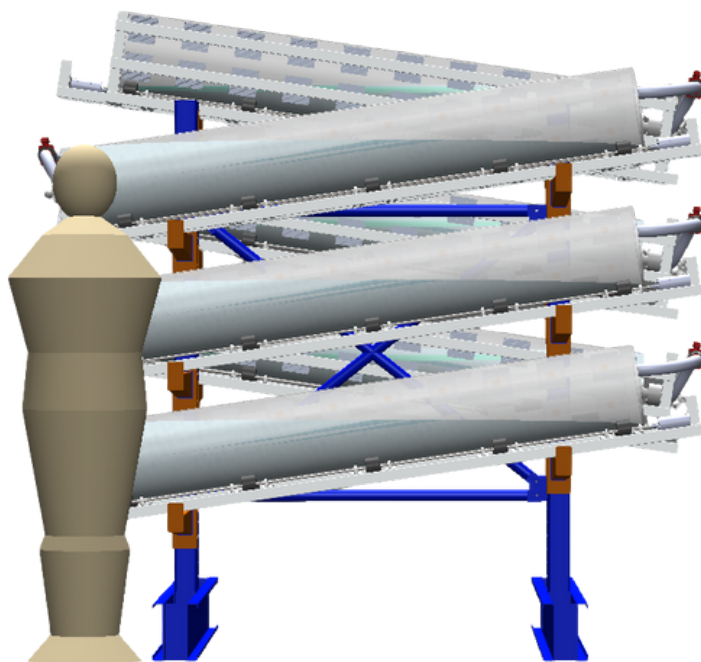
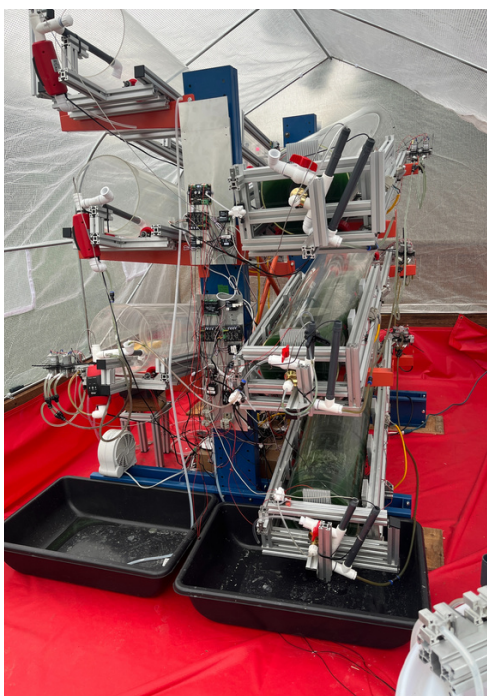


SPÉCIFICATIONS

Volume de culture	10 L / 2,6 gal US +/- 20%	
Cuve du réacteur (PET / borosilicate de qualité alimentaire) scellée	24 L / 6 gal US	RF-10L-RV-PET / RF-10L-RV-Bor
Puissance	350 W	
Tension disponible	110-120 V CA	
Fréquences disponibles	50 / 60 Hz	
Dimensions	Longueur 965 mm / 38 in Largeur 430 mm / 17 in Hauteur 710-1090 mm / 28-43 in (fermé/ouvert)	
Poids	34 kg / 75 lb	
Cordon d'alimentation	1 m / 3,3 ft	
Pompes péristaltiques (vitesse variable jusqu'à 0,5 L/min)	4	
Pompe à air avec filtre HEPA (0,2 µm)	1	
Système de contrôle et de surveillance (CMS) avec écran tactile, fonctions de surveillance / contrôle / enregistrement de données / visualisation graphique / compatible au WiFi.	Inclus. L'application de l'interface utilisateur peut être installée sur un ordinateur portable / ordinateur de bureau / appareils intelligents ou utilisée via le module de contrôle optionnel Rainforest. Les commandes incluent : Contrôle de la température / intensité de l'éclairage LED / vitesse de rotation / pompes péristaltiques / programmation des paramètres et des composants.	
Equipement de surveillance des cultures	1 thermocouple de type K et 1 sonde pH	
<i>*Autres sondes disponibles sur demande</i>		



DOLPHIN RF-420L

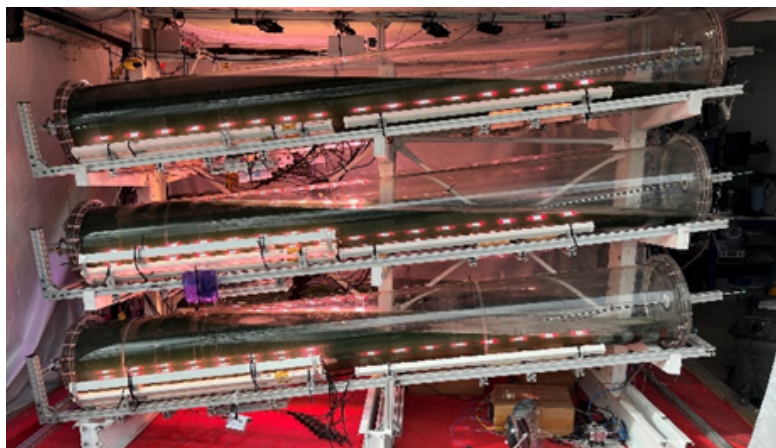
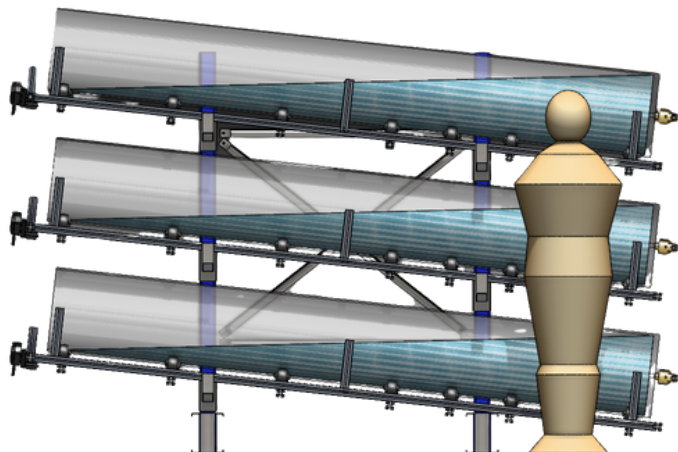


SPÉCIFICATIONS

Volume de culture – composé de 6 cuves de réacteurs rotatifs	420 L / 110 gal US +/- 20%	RF-420L-RV-SYSTEM
Cuve du réacteur (acrylique) – système scellé		
Réacteur individuel	70 L / 18 gal US	RF-70L-RV
Puissance	2 kW (~500 W en utilisant l'énergie solaire)	
Tension disponible	110-120 V CA	
Fréquences disponibles	50 / 60 Hz	
Dimensions	Longueur 2,4 m / 8 ft Largeur 1,6 m / 5,25 ft Hauteur 2,1 m / 7 ft (fermé/ouvert)	
Espace de travail recommandé autour du réacteur	1 m / 3,3 ft	
Poids opérationnel	1 350 kg / 3 000 lb	
Pompes péristaltiques (vitesse variable jusqu'à 6 L/min)	13	
Pompe à air avec filtre HEPA (0,2 µm)	1	
Système de contrôle et de surveillance (CMS) avec écran tactile, fonctions de surveillance / contrôle / enregistrement de données / visualisation graphique / compatible au WiFi.	Inclus. L'application de l'interface utilisateur peut être installée sur un ordinateur portable / ordinateur de bureau / appareils intelligents ou utilisée via le module de contrôle optionnel Rainforest. Les commandes incluent : Contrôle de la température / intensité de l'éclairage LED / vitesse de rotation / pompes péristaltiques / programmation des paramètres et des composants.	
Equipement de surveillance des cultures	1 thermocouple de type K et 1 sonde pH	
<i>*Autres sondes disponibles sur demande</i>		



BELUGA RF-1250L

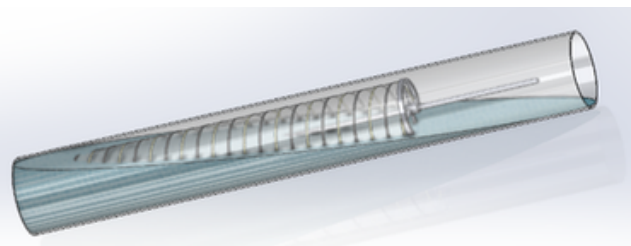
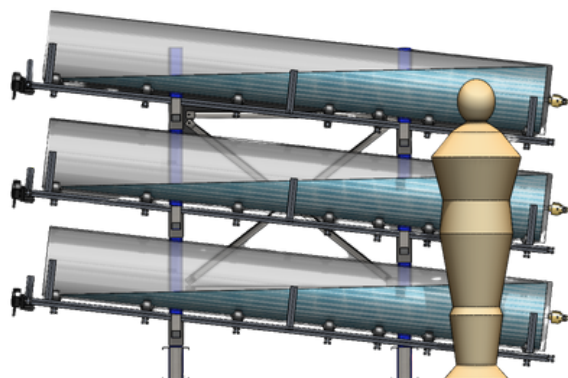


SPÉCIFICATIONS

Volume de culture – composé de 6 cuves de réacteurs rotatifs	1250 L / 330 gal US +/- 20%	RF-1250L-RV-SYSTEM
Cuve du réacteur (acrylique) - Scellée		
Réacteur individuel	208 L / 55 gal US	RF-208L-RV
Puissance	3,5 kW (~500 W en utilisant l'énergie solaire)	
Tension disponible	110-120 V CA	
Fréquences disponibles	50 / 60 Hz	
Dimensions	Longueur 3,3 m / 11 ft Largeur 1,6 m / 5,25 ft Hauteur 2,25 m / 7,4 ft	
Espace de travail recommandé autour du réacteur	1 m / 3,3 ft	
Poids opérationnel	2 500 kg / 5 500 lb	
Pompes péristaltiques (vitesse variable jusqu'à 6 L/min)	13	
Pompe à air avec filtre HEPA (0,2 µm)	1	
Système de contrôle et de surveillance (CMS) avec écran tactile, fonctions de surveillance / contrôle / enregistrement de données / visualisation graphique / compatible au WiFi.	Inclus. L'application de l'interface utilisateur peut être installée sur un ordinateur portable / ordinateur de bureau / appareils intelligents ou utilisée via le module de contrôle optionnel Rainforest. Les commandes incluent : Contrôle de la température / intensité de l'éclairage LED / vitesse de rotation / pompes péristaltiques / programmation des paramètres et des composants.	
Équipement de surveillance des cultures	1 thermocouple de type K et 1 sonde pH	
<i>*Autres sondes disponibles sur demande</i>		



BELUGA RF-1250L-IT - BETA



Ce modèle est notre système de photobioréacteur le plus récent et le plus avancé.

Alors que le BELUGA RF-1250L fait tourner chaque cuve de réacteur, le BELUGA RF-1250-IT intègre une cuve de réacteur secondaire qui tourne à l'intérieur d'une enveloppe extérieure fixe au système de réacteur. Cette conception réduit considérablement le nombre de pièces mobiles, et par conséquent une diminution substantielle des besoins de maintenance. La rotation de la cuve intérieure diminue également la consommation d'énergie nécessaire à la rotation de manière significative. Cette diminution est encore plus importante grâce à l'intégration du système d'éclairage dans la cuve intérieure rotative, qui bénéficie également d'une diffusion de la lumière bien plus efficace au sein des cultures d'algues. Par ailleurs, la culture reste parfaitement homogénéisée et les échanges gazeux sont excellents, optimisant ainsi la croissance des algues.

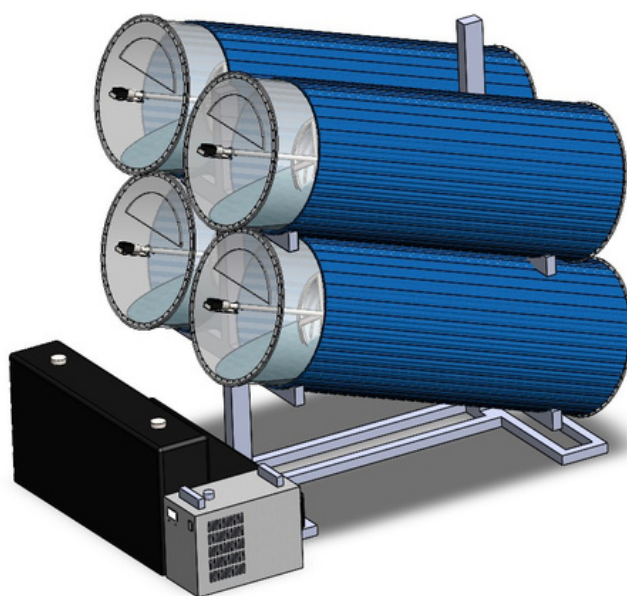
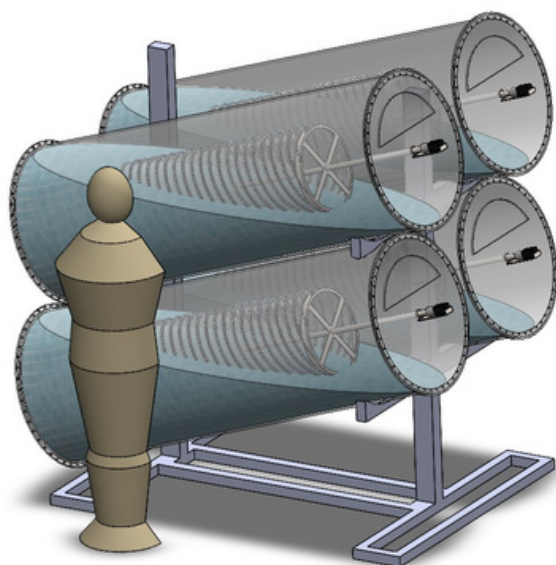
SPÉCIFICATIONS

Volume de culture – composé de 6 réacteurs rotatifs	1250 L / 330 gal US +/- 20% RF-1250L-IT-SYSTEM
Cuve du réacteur (acrylique) - Scellée	
Réacteur individuel	208 L / 55 gal US RF-208L-IT-RV
Puissance	2,5 kW (estimation) (~500 W en utilisant l'énergie solaire)
Tension disponible	110-120 V CA
Fréquences disponibles	50 / 60 Hz
Dimensions	Longueur 3,3 m / 11 ft Largeur 1,6 m / 5,25 ft Hauteur 2,25 m / 7,4 ft
Espace de travail recommandé autour du réacteur	1 m / 3,3 ft
Poids opérationnel	2 500 kg / 5 500 lb
Pompes péristaltiques (vitesse variable jusqu'à 6 L/min)	13
Pompe à air avec filtre HEPA (0,2 µm)	1
Système de contrôle et de surveillance (CMS) avec écran tactile, fonctions de surveillance / contrôle / enregistrement de données / visualisation graphique / compatible au WiFi.	Inclus. L'application de l'interface utilisateur peut être installée sur un ordinateur portable / ordinateur de bureau / appareils intelligents ou utilisée via le module de contrôle optionnel Rainforest. Les commandes incluent : Contrôle de la température / intensité de l'éclairage LED / vitesse de rotation / pompes péristaltiques / programmation des paramètres et des composants.
Equipement de surveillance des cultures	1 thermocouple de type K et 1 sonde pH

**Autres sondes disponibles sur demande*



BELUGA CALF

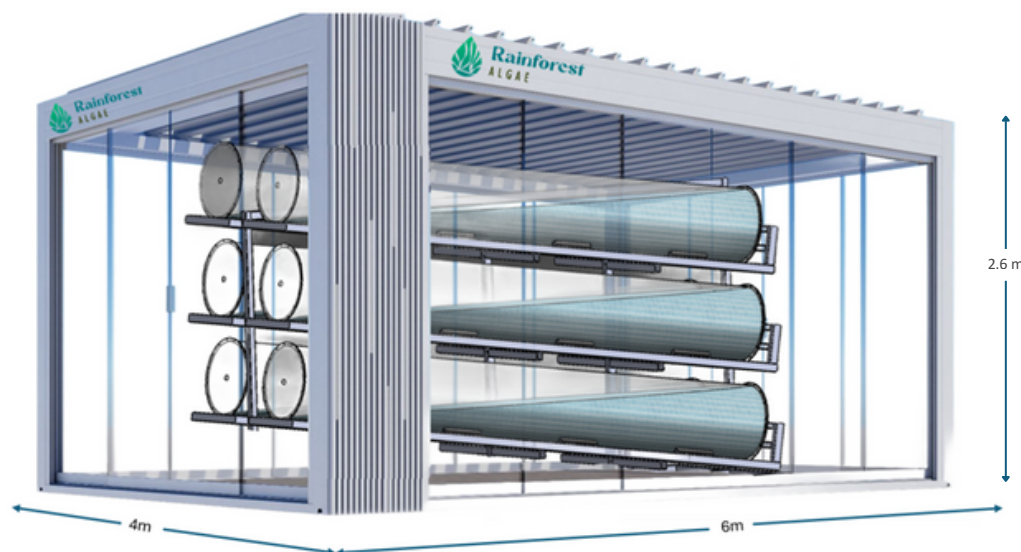


SPÉCIFICATIONS

Volume de culture – composé de 4 réacteurs rotatifs	1 250 L / 330 gal US +/- 20% RF-1250L-C-SYSTEM
Cuve de réacteur (acrylique) - Scellée	
Réacteur individuel	312 L / 82 gal US RF-312L-C-RV
Puissance	2,5 kW (estimation)
Tension disponible	110-120 V CA
Fréquences disponibles	50 / 60 Hz
Dimensions	Longueur 2,6 m / 8,53 ft Largeur 1,95 m / 6,4 ft Hauteur 2,25 m / 7,4 ft
Espace de travail recommandé autour du réacteur	1 m / 3,3 ft.
Poids opérationnel	2 200 kg / 4 500 lb
Pompes péristaltiques (vitesse variable jusqu'à 6 L/min)	9
Pompe à air avec filtre HEPA (0,2 µm)	1
Système de contrôle et de surveillance (CMS) avec écran tactile, fonctions de surveillance / contrôle / enregistrement de données / visualisation graphique / compatible au WiFi.	Inclus. L'application de l'interface utilisateur peut être installée sur un ordinateur portable / ordinateur de bureau / appareils intelligents ou utilisée via le module de contrôle optionnel Rainforest. Les commandes incluent : Contrôle de la température / intensité de l'éclairage LED / vitesse de rotation / pompes péristaltiques / programmation des paramètres et des composants.
Enveloppe de chauffage / refroidissement de la cuve du réacteur	Contrôle avancé de la température de culture
Équipement de surveillance des cultures	1 thermocouple de type K et 1 sonde pH
*Autres sondes disponibles sur demande	

ENCEINTES POUR LES PHOTOBIORÉACTEURS

RAINFOREST RF-ENCL



SPÉCIFICATIONS

Persiennes de plafond (0 à 120°)	Compteur électrique	Vue dégagée à 360°
Connexion batterie / onduleur réseau	Système de brumisation	Emprise au sol : 4 m x 6 m (13 ft x 20 ft)
Portes coulissantes en verre de 12 mm	Capteur de pluie	Supporte la charge de neige
Commandes intelligentes	Capteur de vent	Utilisation toutes saisons (3-4 saisons)
Climatisation (-20°C à +40°C)	Stores	Connexion 220 V, port de communication
Éclairage ambiant	Panneaux solaires 14 kW	Dimensions : 4 m x 6 m x 2,6 m

Les enceintes des photobioréacteurs peuvent être couplées pour créer des espaces plus vastes. Une seule enceinte peut être configurée pour accueillir un système de réacteur d'une capacité de culture de 4 m³. L'intérêt de ce système réside dans l'utilisation de la lumière ambiante (360° + plafond) pour la culture, tandis que la température de l'enceinte est maintenue par climatisation/brumisation pour le refroidissement ou par chauffage, afin de préserver des conditions environnementales optimales. En cas d'ensoleillement direct excessif, des stores motorisés extérieurs peuvent être abaissés. En présence de vents forts, les stores se rétractent automatiquement. Des persiennes situées au plafond permettent d'optimiser l'apport lumineux et la ventilation. En cas de précipitations détectées par un capteur de pluie, les persiennes se ferment automatiquement.

Il convient de souligner que, pour les photobioréacteurs reposant sur un éclairage LED, celui-ci peut représenter plus de 80 % de la consommation énergétique totale nécessaire au fonctionnement du système de réacteur. Le recours à la lumière ambiante permet de réduire de manière significative, voire d'éliminer, le besoin en éclairage additionnel. Les persiennes photovoltaïques peuvent également couvrir une part importante des autres besoins énergétiques des systèmes de réacteurs Rainforest. Un système de stockage d'énergie par batterie d'une capacité de 5 kW peut être intégré à l'enceinte et/ou le système électrique peut être raccordé au réseau. L'exploitation des énergies renouvelables, en particulier la lumière naturelle réduit l'impact environnemental du système.

ACCESSOIRES

Capteurs et composants pour l'intégration avec le CMS Rainforest

RF-2L-RV-PET	Cuve de réacteur 2 L en PET qualité alimentaire	RF-FM-xx	Débitmètre manuel en acrylique (rotamètre) ; 0,1-30 L/min
RF-2L-RV-Bor	Cuve de réacteur 2 L en verre borosilicaté	RF-NB-10S	Générateur de nanobulles stationnaire (min. 10 L), jusqu'à 10 ⁸ NB/ml
RF-10L-RV-PET	Cuve de réacteur 10 L en PET qualité alimentaire	RF-NB-20F	Générateur de nanobulles en flux continu (min. 20 L/min), jusqu'à 10 ⁸ NB/ml
RF-10L-RV-Bor	Cuve de réacteur 10 L en verre borosilicaté	RF-NB-100F	Générateur de nanobulles en flux continu (min. 100 L/min), jusqu'à 10 ⁸ NB/ml
RF-AAP	Pression atmosphérique absolue	RF-NOx	Oxydes d'azote
RF-AP-10 Pompe à air	(10 L/min), équipée d'un filtre d'admission d'air 0,2 µm	RF-ORP	Potentiel d'oxydo-réduction
RF-APG	Manomètre analogique intégré au CMS	RF-PH	pH (0,0-14,0) pour une plage de température de 0 °C à 80 °C
RF-C	Courant	RF-PM	Particules en suspension (air ambiant)
RF-CH-HT	Chauffage / Refroidissement, 5 000 W	RF-PP-0.5	Pompe péristaltique, débit 0,5 L/min
RF-CMS	Système de contrôle et de surveillance	RF-PP-6	Pompe péristaltique, débit 6 L/min
RF-CMS-CP	Prise contrôlable CA	RF-PO4	Phosphate
RF-CMS-CP(Adj)	Prise contrôlable - CA variable	Série RF-PRx	
RF-CO2	Concentration en CO ₂ (ppm) / humidité / température	RF-PRx-MC	Microscope / caméra (temps réel, cellule en flux, acquisition accélérée)
RF-DAP	Pression atmosphérique différentielle	RF-PRx-OD	Mesure de densité optique pour le comptage cellulaire, avec possibilité de dilution de culture
RF-DO	Oxygène dissous (%)	RF-PRx-V	Capacité de comptage des cellules viables (ex. bleu de Trypan) pour la détermination des cellules vivantes et mortes
RF-EC	Conductivité électrique	RF-PRx-TB	Turbidité
RF-GVS	Électrovanne de gaz (marche/arrêt)	RF-PWR	Alimentation (courant alternatif – CA)
RF-GVS-Adj	Électrovanne de gaz (réglable), contrôle les débits de gaz par incréments, paramétré par le CMS	RF-RTD	Température (-50 °C à +500 °C), détecteur de température de résistance (± 0,30 °C)
RF-IMx Series		RF-TDS	Solides dissous totaux
RF-IMx-NH3	Ammoniac	RF-TK	Température (-40 °C à +400 °C), Sonde thermocouple de type K
RF-IMx-NO2	Nitrite	RF-V	Tension
RF-IMx-NO3	Nitrate	RF-VOC	Composés organiques volatils
RF-IMx-PO4	Phosphate		
RF-LVS	Électrovanne de liquide (marche/arrêt)		
RF-LVS-Adj	Électrovanne de liquide (réglable), contrôle les débits de liquide par incréments, paramétré par le CMS		

*REMARQUE : Tous les joints, filtres à membrane, raccords et pièces/composants sont disponibles dans le commerce pour le remplacement.

Tous les équipements électriques des systèmes de réacteurs Rainforest Algae sont conformes aux normes canadiennes : CSA C22.1 (Code canadien de l'électricité) et CSA C22.2 n° 301. Les certificats officiels sont disponibles sur demande, aux frais applicables.

*Les spécifications sont susceptibles d'être modifiées sans préavis.