

GT PV flottant

Sécurité des parcs PV flottants

27 Novembre 2025 – Pont de Claix
Laboratoire Artelab



Programme

Mot d'accueil

- Tenerrdis, Valentin MAILLOT
- Artelia, Pierre-Etienne LOISEL

Séquence: Les actions de filière

- Présentation du projet CINOV - ARaymond Energies, Quentin RABUT
- REX du GT "Impact du PV flottant sur la sécurité des barrages" - CFBR, Gaëtan DAUTOIS

Séquence Technologies

- Modélisation et dimensionnement des ancrages - Ciel & Terre, Vincent PINCHOU
- Les différents types d'ancrages et installation sur site - Alt'Ancre, François CHEVALIER
- Capteurs de tension des lignes d'ancrage - Kapteva, Jay BOARDMAN

Séquence REX de projets d'innovation

- Monitoring des parcs PV flottants - OWC (ex-Innosea), Benoat DANGLADE

Séquence Compétences

- Compétences à développer pour les spécificités des projets flottants - CEA INES, Antoine DIZIER

Séquence Témoignages

- Assurer un parc PV flottant - Howden, Selda GOGCE



Atelier réseau Tenerrdis

Groupe de travail - Sécurité des parcs PV flottants

ARTELAB, un outil de modélisation aux capacités augmentées

27/11/2025





La présentation

1. Le Laboratoire d'Hydraulique ARTELIA : [ArteLAB](#)
2. Le projet [CINOV-ENR](#), avec l'appui de TENNERDIS
3. Le [développement du laboratoire](#) ArteLAB
4. L'ouverture aux [opportunités de partenariat](#)

1. Le laboratoire d'hydraulique Artelab

Un siècle de modélisation

- **1917**: Création du Laboratoire Dauphinois d'Hydraulique (Neyret Beylier, Essor de la Houille Blanche)
- **1923**: 1^{er} modèle physique fluvial à fonds fixes
- **1934**: 1^{er} modèle physique fluvial à fonds mobiles
- **1940**: 1^{er} modèle maritime (agitation et stabilité)
- Projets de centrales hydroélectriques et de barrages,
- Réseaux d'irrigation pour le développement rural,
- Aménagements et cours d'eau et milieux maritimes
- Infrastructures d'eau et d'assainissement

►► 100 ans
d'expérience

►► 15 à 25 modèles
par an



<https://www.laboratoire.arteliagroup.com/>



FR | EN 
LE LABORATOIRE VOTRE PROJET NOS MISSIONS ACTUALITÉS CONTACT

Notre centre d'essais et de
modélisation hydraulique

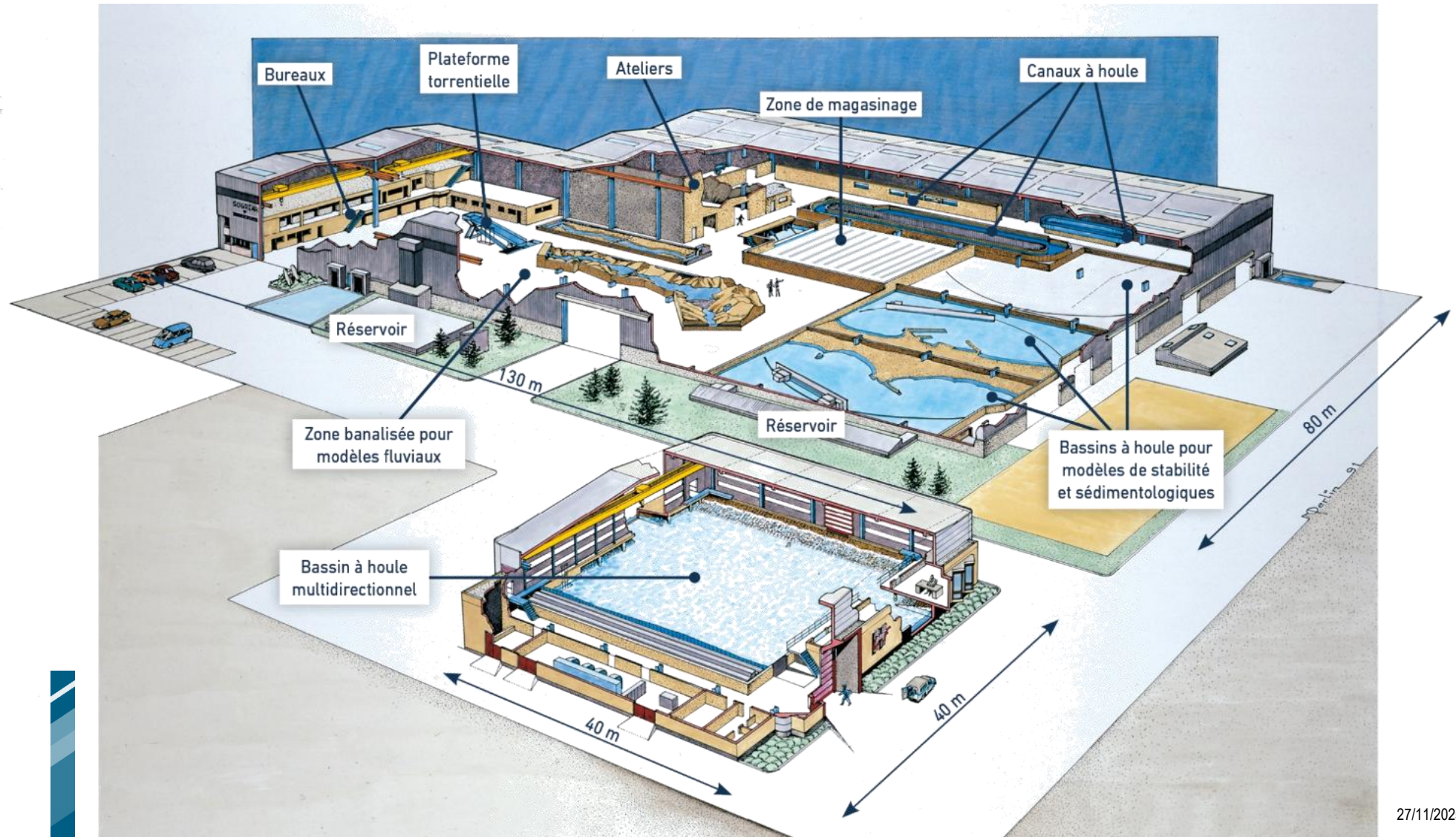
► En savoir plus



Nos solutions de modélisation physique pour dimensionner et
sécuriser vos ouvrages hydrauliques

1. Le laboratoire d'hydraulique Artelab

11 000 m² de halls d'essais



1. Le laboratoire d'hydraulique Artelab

Les grands domaines d'intervention du labo

Barrages & Hydro-électricité

Prises d'eau et rejets
Evacuateurs de crues
Affouillements au pied des structures
Sédimentation dans les retenues
Cheminées d'équilibre

Ouvrages maritimes & portuaires / Aménagements littoraux & estuariens

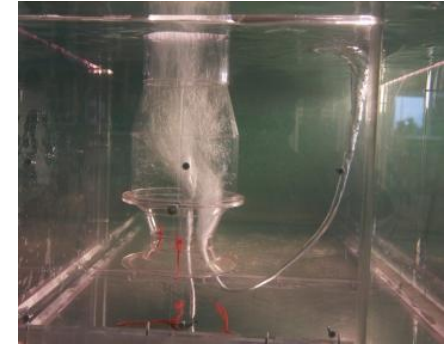
Digues à talus / Structures verticales
Amarrage des structures flottantes
Affouillements
Protections littorales
Morphodynamique des zones côtières
et estuariennes

Aménagements fluviaux & hydrosédimentaires

Ecluses
Ouvrages en rivières
Plages de dépôts
Sédimentation dans les rivières
Affouillements au pied des structures
Prises d'eau et rejets

Ecoulements Urbains & Industriels

Stations de pompage
Ouvrages de répartition de débit
Puits de chute
Réseaux urbains
Prises d'eau et rejets



1. Le laboratoire d'hydraulique Artelab

Les grands domaines d'intervention du labo

■ Hydraulique « pure » (courants et ondes)

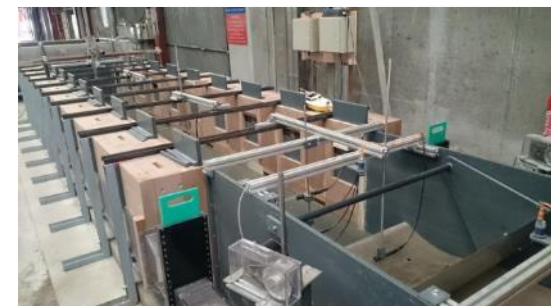
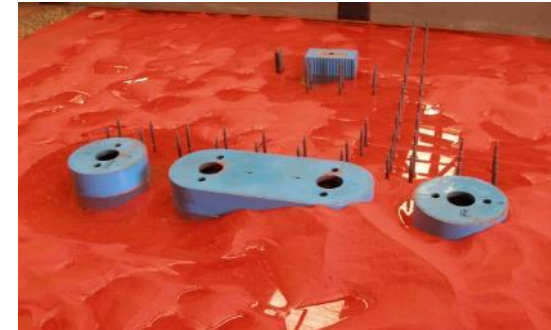
- Ecoulements tridimensionnels (courantologie, vortex, trajectoires de jets, ondes de choc, coudes, divergence, etc..)
- Pertes de charge complexes (écluses, décharge, réseau d'assainissement)
- Interactions air / eau : puits de chute, vortex, jet plongeant, etc
- Ondes = phénomènes transitoires (éclusées, intumescence)

■ Hydraulique et sédiments

- Torrents & Rivières, Retenues de barrage
- Risque de dépôt / Risque d'affouillement
- Efficacité de chasses hydrauliques

■ Hydraulique et structures

- Efforts / pressions sur le GC, dans les ancrages
- Stabilité d'ouvrages mobiles
- Comportement des structures flottantes
- Définition de formes compatibles Hydraulique/GC





2. Le projet CINOV-ENR, porté par ARTELIA

Le projet :

Développer des offres au service de la Filière régionale ENR – Hydraulique sur les

4 métiers:

- Hydrotiennes,
- PV Flottant,
- Jumeau numérique d'un barrage,
- Petite Hydro-électricité

Temporalité : 2020-2025

Budget : 3.6 M€

Financement partiel par le [Programme PIA3 \(Région AURA\)](#)

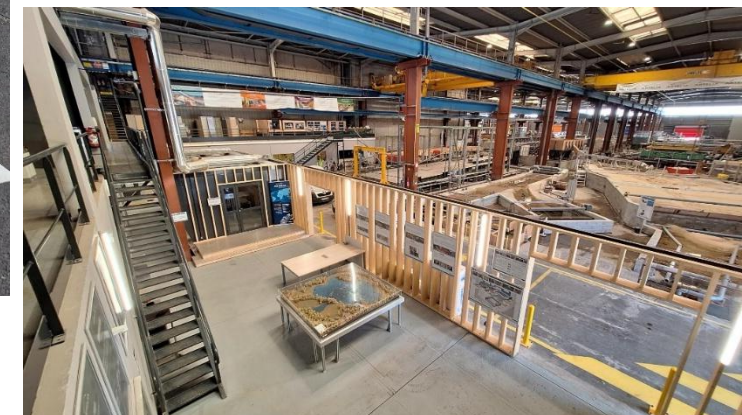
Appui [TENERRDIS](#):

- Compréhension du PIA3 / Aide au montage du dossier
- Appuis à l'identification des partenaires pertinents
- Labélisation Tenerdis et Indura
- Accompagnement pendant le projet, pour le suivi et la promotion

3. Le développement d'Artelab : La composante bâtiment

Un vaste programme d'investissement de 2 M€ porté à 100% par Artelia pour valoriser et dynamiser l'un de ses atouts : son laboratoire d'hydraulique

- Aménagement des espaces et création d'une zone d'accueil Clients et Partenaires
- Mise en conformité des installations : électricité, sécurité incendie, portes industrielles
- Amélioration des conditions de travail : chauffage, ventilation, éclairage
- Mise en sécurité et mise aux normes de l'environnement extérieur : VRD, clôtures, assainissement EP,



2. Le développement d'Artelab : La composante métiers

Des investissements ciblés permettant de faire progresser et augmenter les capacités du labo au service des acteurs du PV Flottant

De nouveaux équipements de mesure pour les études de houle spécifiques sur le PV Flottant

- Des outils de mesure de mouvement pour les flotteurs des PV → caméras Qualisys
- Des outils de mesure des efforts dans les liaisons et amarrages des flotteurs → balances d'efforts 6 composantes de faible encombrement

De nouvelles installations pour les études de houle spécifiques sur le PV Flottant

- Un bassin à houle dédié de caractéristiques spécifiques (hauteur d'eau 1000mm)
- Un générateur modulaire multidirectionnel à absorption active
- Un nouveau vérin électrique pour le canal à houle



4. L'ouverture aux opportunités de partenariat !

@Entreprises, @Formations (Université/Ecole/professionnelles) @Instituts de recherche : Le labo au service de vos expérimentations

- Mise à disposition de nos installations, nos moyens matériels, nos compétences, pour tester des dispositifs expérimentaux **autres qu'hydrauliques**.

Grande dalle extérieure béton
Electricité 380V
Air comprimé **Ateliers**
Alimentation en eau
Ponts roulants 15 tonnes
Bassins et Canaux débit 400 l/s
Hauteur sous plafond 10m

Expériences
récentes

- Test d'asperseur pour irrigation
- Banc d'essai pour clapet élastomère
- Banc d'essai pour un dispositif de ripage dans le cadre du projet ITER
- Dispositif d'étanchéité des portes d'écluse



La Région
Auvergne-Rhône-Alpes



**PRÉFÈTE
DE LA RÉGION
AUVERGNE-
RHÔNE-ALPES**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



www.arteliagroup.com



160

ARaymond®

Atelier "Sécurité des parcs PV flottants"

27/11/2025





3 des 17 Objectifs
de Développement
Durable de l'ONU



est une initiative régionale en Auvergne-Rhône-Alpes visant à structurer et développer la filière des énergies renouvelables hydrauliques.

Il s'inscrit dans le cadre du programme PIA3 régionalisé pour renforcer la compétitivité des filières locales en mobilisant des entreprises autour d'un projet à finalité économique.

Objectifs principaux:

→ Créer des offres de services innovantes pour la filière ENR-hydraulique, avec un modèle économique viable sous 3 ans.

→ S'appuyer sur les capacités de modélisation physique et numérique (notamment celles d'Artelia à Grenoble) pour l'eau et les énergies renouvelables.



À propos d'ARaymond

EXPERT
INTERNATIONAL
EN SOLUTIONS
DE FIXATION,
D'ASSEMBLAGE
ET DE GESTION
DES FLUIDES

8 000+
collaborateurs



1,5 milliard €
de chiffre d'affaires
en 2024



28
sites de production



25
pays



1865

Entreprise 100 % familiale
fondée en 1865

2 500
brevets actifs



6 %
du chiffre d'affaires
investi en R&D



Rendre
la **mobilité**
sûre et durable



Innover
pour la **santé**



Accélérer
la transition
énergétique



Industrialiser
la **construction**



Rendre
l'**horticulture**
plus verte

ARaymond®

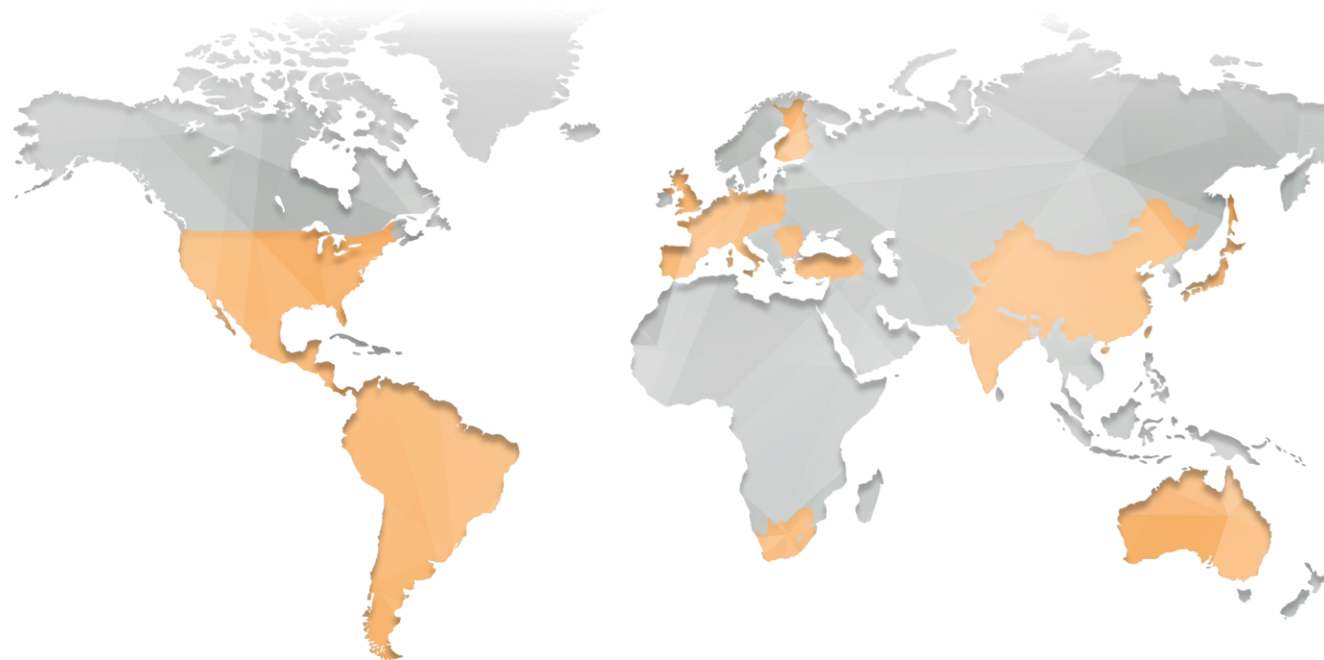


ARaymond Energies

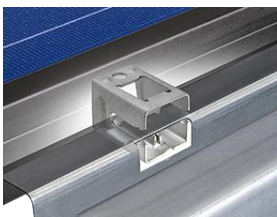
Solutions de **fixation** pour panneaux photovoltaïques, **systèmes de mise à la terre** et **cheminement de câbles**.

Nous concevons des solutions performantes qui **sécurisent** et rendent l'assemblage et l'installation de panneaux photovoltaïques plus **rapides**, plus **faciles**.

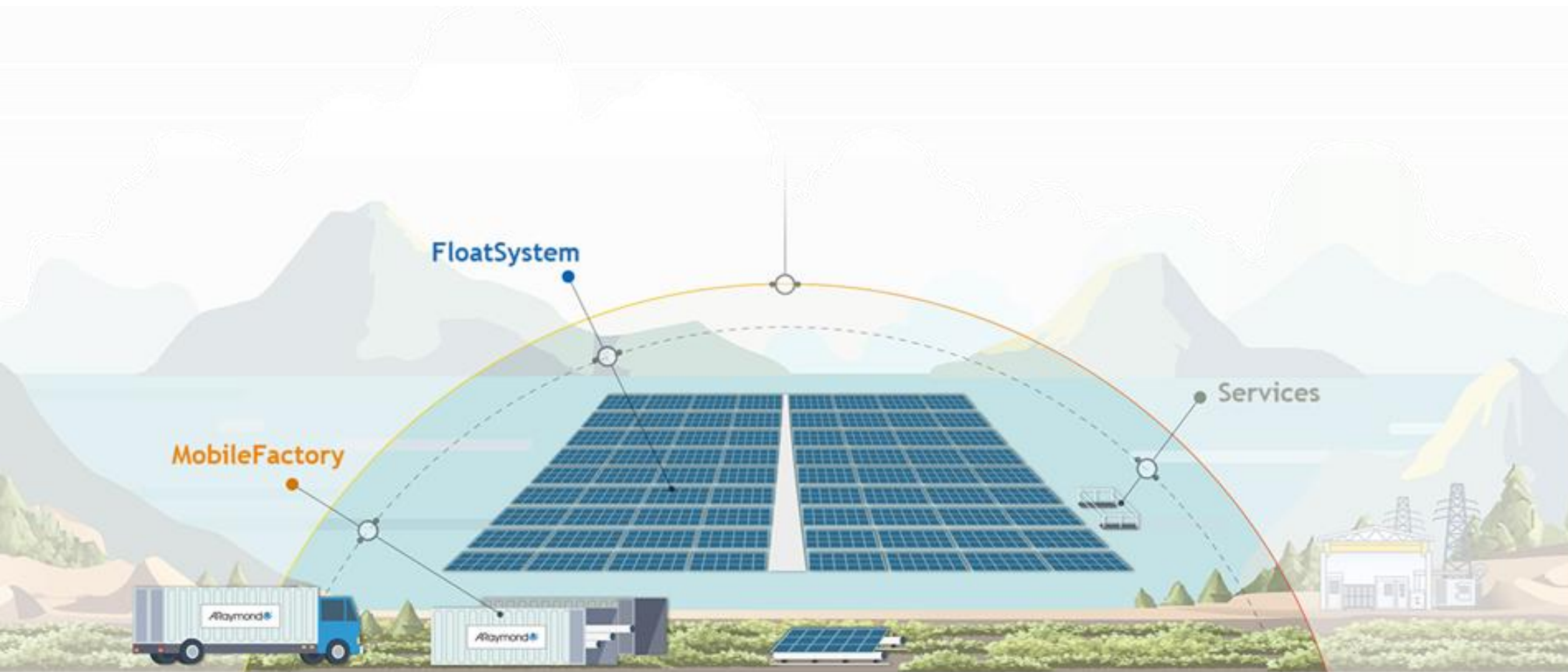
Nos solutions contribuent à réduire le coût global d'accès à l'énergie renouvelable pour nos clients.



MORE THAN
20 GW
INSTALLED WW
USING ARAYMOND FASTENERS



Un nouveau standard de solaire flottant clé-en-main, **modulaire** et **durable**.



160 YEARS
OF INDUSTRIAL
EXCELLENCE



FULL
PARTNERSHIP
APPROACH



A SUSTAINABLE,
PEOPLE-CENTRIC
COMPANY



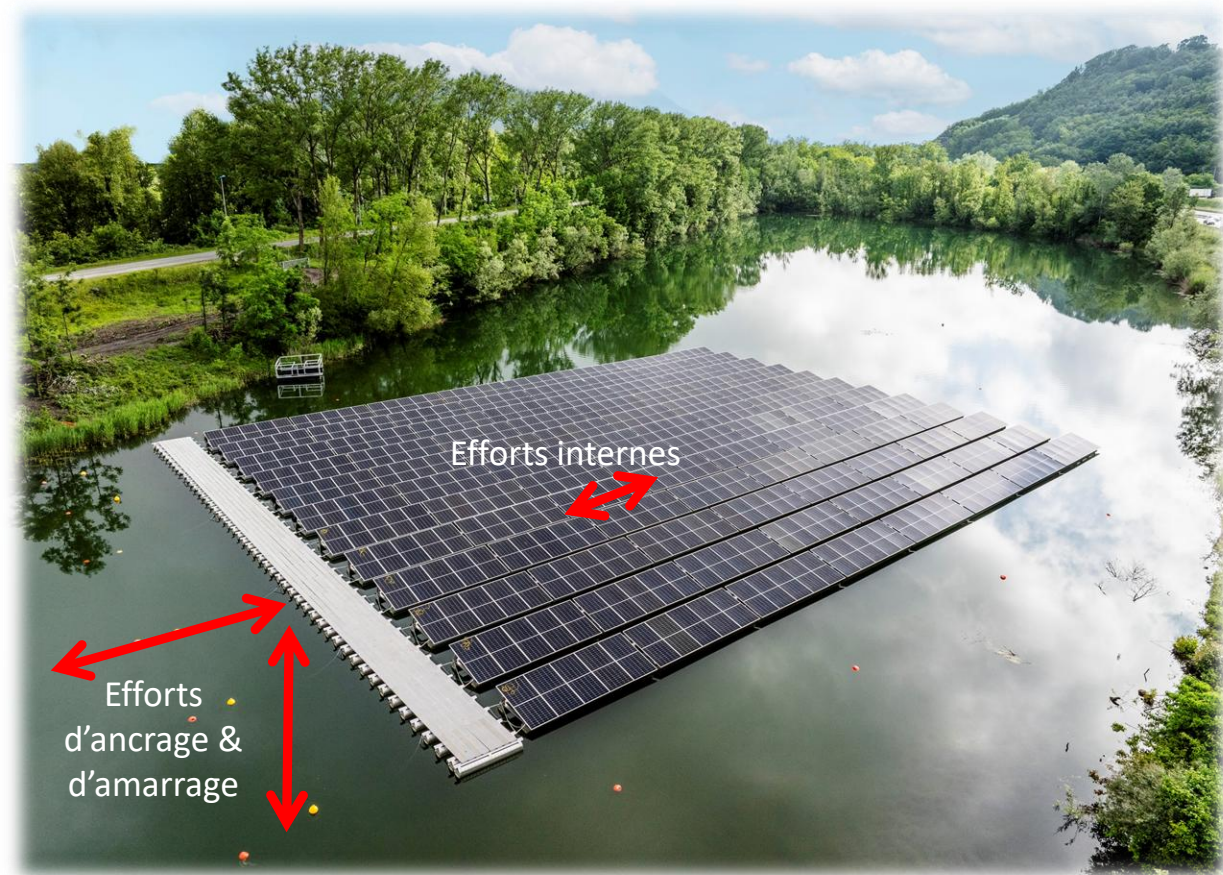
ARaymond®



Enjeux : Qualification des structures flottantes et de leurs systèmes d'amarrage



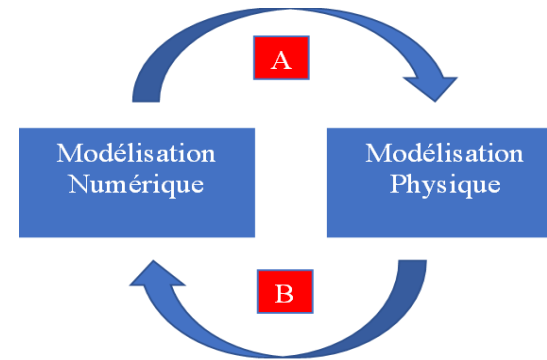
Modélisation hybride numérique/physique du comportement de la ferme FPV



Que permet la modélisation numérique ?

Permet de quantifier les efforts dans des conditions extrêmes de fonctionnement, à travers la simulation de nombreux cas de charge et pour différentes configurations du système de flotteur.

Permet de réaliser des essais de fatigue



Que permet la modélisation physique ?

Permet de valider la conception technique d'un équipement

Permet de reproduire les efforts et les mouvements d'éléments représentatifs du dispositif constitués de flotteurs

Permet d'ajuster les paramètres de la modélisation numérique grâce aux mesures des efforts et des déplacements qui sont réalisées



Méthodologie

Etape 1 : Modélisation numérique de la structure flottante à l'échelle 1

Résultats attendus :

- **Disposer d'une modélisation numérique du système flottant [Complet]**
- **Définir les ordres de grandeur des efforts à mesurer**

Données utiles et nécessaires pour la modélisation Physique du modèle réduit :

Les ordres de grandeur des efforts (amarrage, ancrage et liaisons internes) à mesurer permet de définir les appareils de mesures d'effort (balances).



Méthodologie

Etape 2 : Modélisation physique de la structure flottante réduite (échelle 1/3)

Résultats attendus : Disposer d'un modèle réduit d'un échantillon le plus représentatif possible de la structure existante.

Le choix à la fois du nombre et de la localisation des flotteurs à modéliser a fait l'objet d'une étude approfondie.





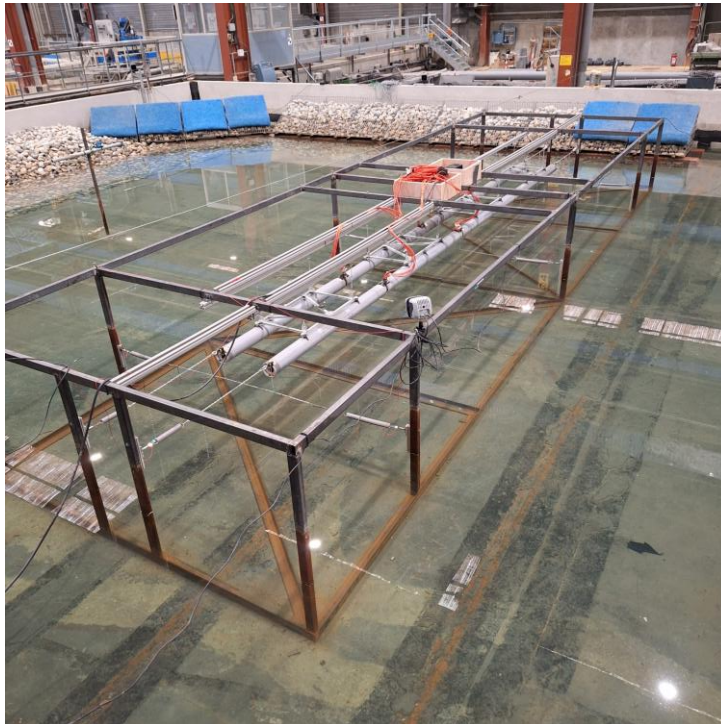
Méthodologie

Etape 3 : Test en laboratoire d'un modèle physique d'un échantillon de flotteur

Résultats attendus : Mesurer les efforts / visualiser et mesurer les déplacements

Permettra de calibrer le modèle numérique

Ne peut se faire directement (pas possible d'utiliser les résultats bruts pour les appliquer au modèle numérique à l'échelle 1 => Obligation de passer par une étape intermédiaire)





Méthodologie

Etape 4 : Modélisation numérique de l'échantillon de flotteurs pour calibrage des paramètres du modèle numérique sur les mesures du modèle physique

Résultats attendus : Comparer et ainsi calibrer le modèle numérique en fonction des résultats mesurés en laboratoire sur le modèle physique de l'échantillon de flotteurs

Disposer d'un modèle numérique de l'échantillon de flotteurs calibré et fiable

Etape 5 : Ajustement des paramètres du modèle numérique [Complet]

Disposer d'un modèle numérique [complet] calibré et fiable

Etape 6 : Effectuer des modélisations numériques extrêmes

Résultats attendus : Simuler des conditions extrêmes (impossible à réaliser sur le modèle physique réduit) en disposant d'un modèle numérique calibré et fiable



Définition de l'offre de services ARTELIA

Objectif des Offres de service

Mise à disposition d'outils de modélisation hybride numérique/physique du comportement de la ferme PV flottante ancrée/amarrée

Tout développeur de
solution de PV
Flottant

**OFFRE DE SERVICE
« PV FLOTTANT »
ARTELIA**

**Modélisation
numérique**

**Et / ou
Modélisation**

**Et / ou
Formation**

**Et / ou
Conversion des données de
vent en données de vagues
(accès aux données
météorologiques)**



160

ARaymond®

MERCI !

«CINOV-ENR» est un projet cofinancé par
la Région Auvergne-Rhône-Alpes et le Ministère de l'Economie et des Finances
sous les conventions n° DOS0161926/00, DOS0161927/00, DOS0161929/00 et DOS0161928/00.



GT CFBR PV flottant (FPV) sur retenues de barrages REX et premiers résultats

Gaëtan DAUTOIS (ARTELIA)

Laurent PEYRAS (INRAE)

Nicolas GERARD (EDF)

Nicolas NERINCX (DN&T/ISL)



Sommaire

1. Exigences de sécurité pour les barrages
2. Les objectifs et sujets traités par le groupe de travail « PV Flottant »
3. Phase 1 : Retour d'expérience et recueil des données
4. Phase 2 : Guide de bonne pratique (en cours)

Exigences de sécurité pour les barrages

Corpus réglementaire

Code de l'Environnement - Articles R214-112 à R214-132

Dispositions communes relatives à la sécurité et à la sûreté des ouvrages hydrauliques autorisés, déclarés et concédés (Articles R214-112 à R214-117)

- Dispositions relatives à la sécurité et à la sûreté des ouvrages hydrauliques autorisés ou déclarés (Articles R214-118 à R214-128)
- Organismes agréés (Articles R214-129 à R214-132)

Des arrêtés qui cadrent les études réalisées sur les barrages classés

- Arrêté du 6 août 2018 : Prescriptions techniques relatives à la sécurité des barrages
- Arrêté du 3 septembre 2018 : Plan des études de dangers
- Arrêté du 8 août 2022 : Obligations documentaires et consistance des vérifications des ouvrages hydrauliques

Des recommandations techniques

- Comité Français des barrages et réservoirs : Stabilité des barrages, Dimensionnement des évacuateurs de crues, pratique de l'analyse des risques.

Exigences de sécurité pour les barrages

Mise en pratique des exigences réglementaires

CLASSE de l'ouvrage	CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES
A	$H \geq 20$ et $H^2 \times V^{0,5} \geq 1\,500$
B	Ouvrage non classé en A et pour lequel $H \geq 10$ et $H^2 \times V^{0,5} \geq 200$
C	a) Ouvrage non classé en A ou B et pour lequel $H \geq 5$ et $H^2 \times V^{0,5} \geq 20$ b) Ouvrage pour lequel les conditions prévues au a ne sont pas satisfaites mais qui répond aux conditions cumulatives ci-après : i) $H > 2$; ii) $V > 0,05$; iii) Il existe une ou plusieurs habitations à l'aval du barrage, jusqu'à une distance par rapport à celui-ci de 400 mètres.

Dans les conditions normales d'exploitation du barrage, les risques liés à au fonctionnement du barrage sont pleinement maîtrisés.

En cas d'événement naturel exceptionnel, le barrage n'est pas à l'origine d'une libération incontrôlée et dangereuse de l'eau contenue dans la retenue.

Exigences de sécurité pour les barrages

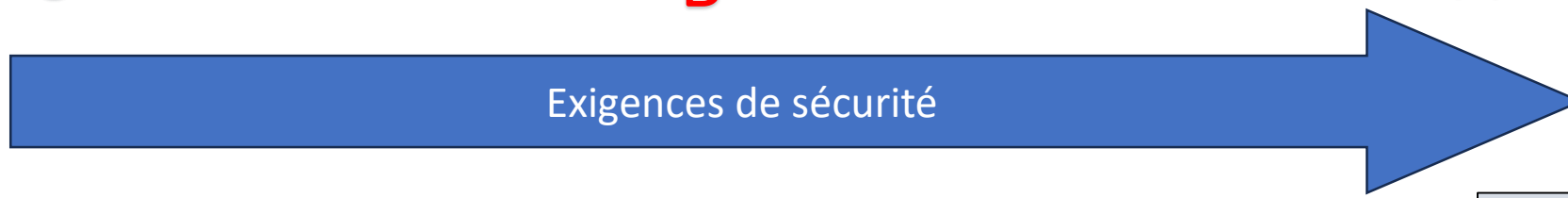
Mise en pratique des exigences réglementaires

Pour fixer les idées...

C

B

A



Accélération sismique

Période de retour des crues

Fréquence des visites techniques / des rapports d'auscultation

Probabilité annuelle de défaillance maximum

1 000 ans

300 ans / 1 000 ans

5 ans / 5 ans

10^{-3} / an

5000 ans

1 000 / 10 000 ans

1 an / 2 ans

10^{-4} / an

+ Vent & vagues, poussée de la glace, sensibilité aux corps flottants, situations accidentelles, situations dangereuses identifiées par l'EDD

Les objectifs et sujets traités par le GT FPV

- Sujet 1. Le processus de développement d'une ferme PV flottante
- Sujet 2. Etat de l'art des technologies et techniques du PV flottant
- Sujet 3. Démarche d'analyse de risques et enjeux de sûreté pour les barrages

Les livrables de ce GT s'adressent à la profession des barrages (exploitants, BE, administration de contrôle) et à l'ingénierie des PV flottant

Phase 1 : Retour d'expérience et recueil des données (1 an - 2023 à 2024) : approuvé par la CE de juin 2024.

Phase 2 : Guide de bonne pratique (1,5 ans) – 2024 à 2026 : *en cours*

Les objectifs et sujets traités par le GT FPV

Composition du GT FPV

Animation GT	INRAE	Laurent PEYRAS
	EDF CIH	Nicolas GERARD
	DN&T	Nicolas NERINCX
BE - Ingénierie	ARTELIA	Gaëtan DAUTOIS
	BRLI	Nicolas FRAYSSE
	EDF CIH	Laurent DEL GATTO
	SCP	Yohann GRISARD
	TRACTEBEL	Samuel RENAUD
Administration	PoNSOH	Tarik OUSSALAH
	DREAL Occitanie	Guillaume CHANTELAUVE
Constructeurs PV	Sun'R Power - EFFAGE	Christopher QUINN
Développeurs PV	EDF - Renouvelables	Gaetan BAYART
	EDF - Renouvelables	Anthony DOLS
CFBR / ICOLD / EuCOLD	Comité T ICOLD	Luc DEROO
	CFBR	Anne CLUTIER
	Expert Indépendant	Jean-Jacques FRY

Les objectifs et sujets traités par le GT FPV

Les exigences de sécurité Doctrine DGPR « Éléments de doctrine sur les panneaux photovoltaïques – enjeux de sécurité des ouvrages hydrauliques » - Mars 2023

❑ Cas 1 qui concerne les défaillances intrinsèques à la centrale FPV :

La note de doctrine précise que l'autorité de contrôle émet un avis favorable à un projet de centrale FPV si la probabilité maximale de défaillance annuelle de la centrale FPV ne dépasse pas la probabilité indiquée dans le tableau ci-dessous :

Pour un barrage de classe :	Probabilité maximale de défaillance annuelle intrinsèque des panneaux photovoltaïques (pouvant engendrer des conséquences sur l'ouvrage)
A	10^{-4}
B	3×10^{-4}
C	10^{-3}

En pratique comme on le verra plus tard dans le présent guide, il n'est pas possible de justifier ces probabilités, ce qui renvoie quasi-systématiquement au cas 2 suivant.

Les objectifs et sujets traités par le GT FPV

Les exigences de sécurité Doctrine DGPR « Éléments de doctrine sur les panneaux photovoltaïques – enjeux de sécurité des ouvrages hydrauliques » - Mars 2023

❑ Cas 2 qui concerne les scénarios globaux de défaillance de la centrale FPV et du barrage

La note de doctrine précise que l'autorité de contrôle émet un avis favorable à un projet de centrale FPV si la probabilité maximale de défaillance annuelle du barrage du fait de l'installation de la centrale FPV ne dépasse pas la probabilité indiquée dans le tableau ci-dessous :

Pour un barrage de classe :	Probabilité maximale de défaillance annuelle du barrage du fait de la défaillance de l'installation photovoltaïque
A	10^{-4}
B	3×10^{-4}
C	10^{-3}

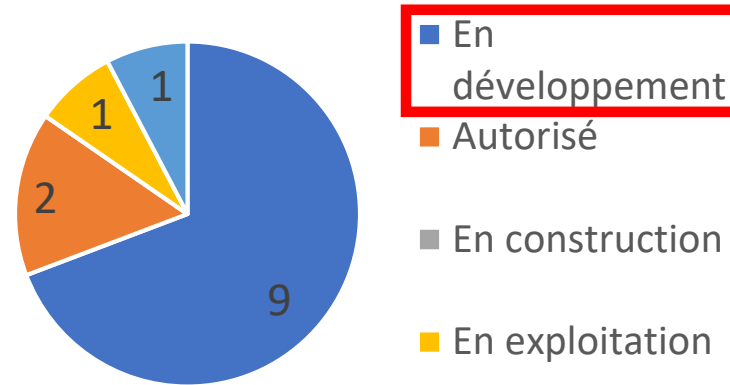
En pratique, les développeurs devront quasi-systématiquement se rapporter au cas 2 et apporter la démonstration dans leur dossier de demande d'autorisation d'une probabilité de défaillance annuelle du barrage du fait du projet de centrale FPV conforme à ces exigences.

Phase 1 : Retour d'expérience et recueil des données 2023 à 2024 (1 an)

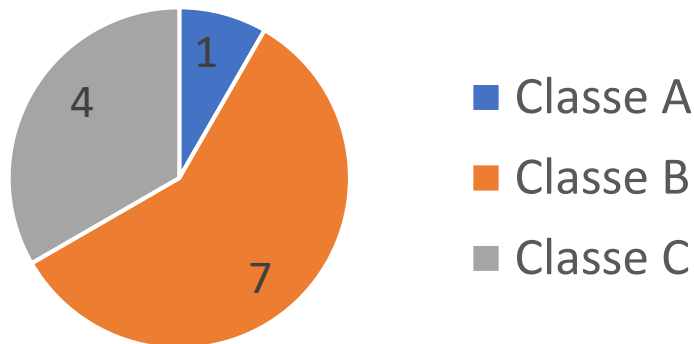
- Enquête sur un échantillon de 18 projets de centrale PV Flottantes (12 en France et 6 à l'international)
 - ➔ *constitution d'une base de référence technique pour les travaux de la phase 2*
 - ➔ *organisation du guide de bonnes pratiques et des questions à traiter*
- Rapport de 37 p., fichier Excel avec 109 champs renseignés
- Livrable phase 1 soumis à la CE en mars 2024 et approuvé en juin 2024
- Disponible sur l'espace membre CFBR [Accueil](#) > [Groupes de travail](#) > [Groupes de travail CFBR](#) > [PV flottant](#)

Phase 1: Typologie des projets PV Flottant

Statut des projets

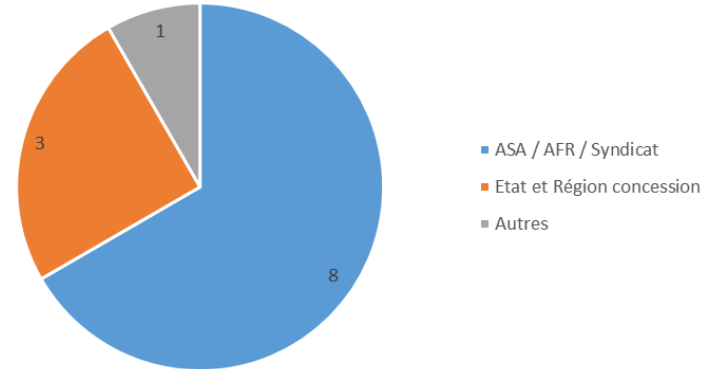


Classe des barrages

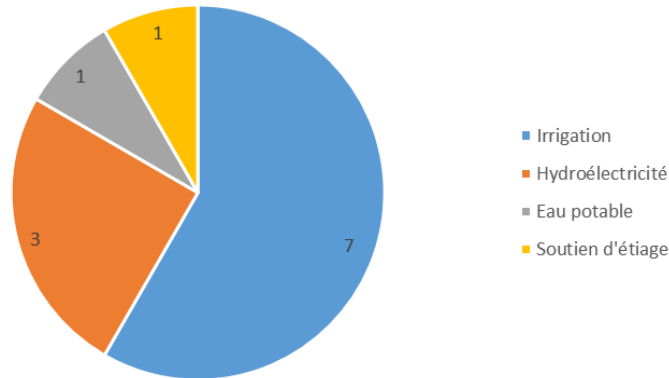


Phase 1: Typologie des projets PV Flottant

☐ Gestionnaires des barrages



☐ Usages des barrages



☐ Capacité installée en MWc : [3.7 ; 45] - Moyenne 14.8

☐ Surface en PV [ha] : [2.1 ; 27.7] - Moyenne 12.7

Phase 1: Processus de développement

- ❑ Autorisations administratives
 - L'autorisation environnementale
 - Code de l'urbanisme et permis de construire
- ❑ Propriété et exploitation des parcs : importance de la convention entre développeur et gestionnaire
- ❑ Autres REX : Suivi qualité de l'eau et sujets environnementaux, Opportunités liées au FPV

Phase 1: Technologies et techniques du PV Flottant

☐ Equipements : Technologies et techniques

- Structures flottantes
- Système d'ancrage

☐ Dimensionnement : pratiques et règles de l'art

- Prise en compte des aléas naturels
- Prise en compte des aléas externes : corps flottants
- Risque incendie

☐ Surveillance en exploitation - Maintenance

☐ REX et incidentologie

☐ Justifications produites dans le cadre de l' instruction de la conformité réglementaire

Phase 1: Analyse de risques et enjeux de sûreté pour les barrages

- ☐ Evaluation des risques intrinsèques aux centrales PV flottantes
- ☐ Prise en compte de l'environnement de la centrale PV dans l'analyse de risques
- ☐ Analyse de risques pour évaluer les projets
- ☐ Dispositifs spécifiques et maitrises et réduction des risques

Phase 2 : Guide de bonne pratique (1,5 ans) – 10/2024 au 12/2025

Chapitre 1 - Sécurité des ouvrages - Démarche d'analyse de risques et d'évaluation de la sûreté des barrages faisant l'objet d'un projet de centrale PV flottante



Chapitre 2 - Recommandations et niveaux de performances en termes de dimensionnement, dispositions constructives et suivi des systèmes d'ancrage



Chapitre 3 - Instruction du volet sécurité de l'autorisation environnementale (France)



Chapitre 1 : Analyse fonctionnelle Interne – Analyse structurelle des composants des centrales FPV

1. **Modules solaires**
2. **Systèmes flottants** : support des modules solaires, support des équipements électriques (supports de câbles flottants) et mécaniques (passerelles d'accès), flotteurs
3. **Système d'ancrage et d'amarrage** : maintien en position du système flottant pour éviter la dérive
4. **Système électrique** : câbles et lignes d'acheminement de l'énergie produite, onduleurs, boîte de jonction (acheminement de l'énergie produite / séparation des chaînes électriques), onduleurs (transformation CC/CA), transformateur (élévation tension en CA), dispositifs de comptage et de séparation du réseau électrique public
5. **Système de supervision** : système de contrôle et d'acquisition de données : Supervisory Control And Data Acquisition ou SCADA
6. **Système anti-intrusion** : Clôture ou autre système anti-intrusion
7. **Accès à la centrale FPV** : bateau ou barge, quai/rampe de mise à l'eau

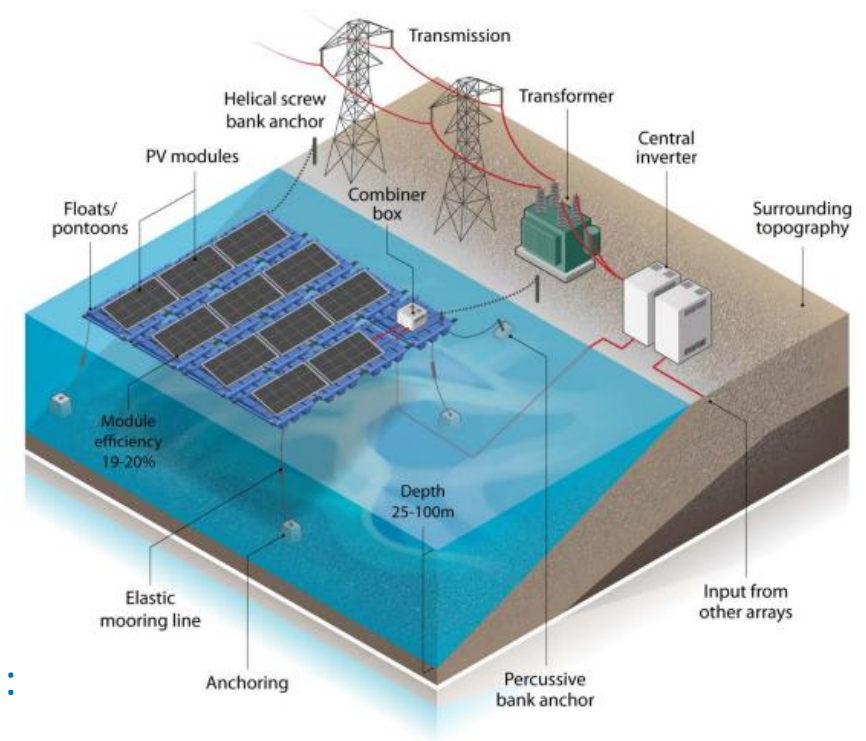


Figure 3. Schematic of an FPV system
Image credit: Alfred Hicks, NREL

Chapitre 1 : Analyse fonctionnelle Externe – Aléas intervenant dans l'analyse de risque des centrales FPV

Aléas majeurs :

Aléa 1 : vent

Aléa 2 : vagues

Aléa 3 : courants

Aléa 4 : marnage, y compris vidange exceptionnelle

Aléa 5 : embâcles

Aléa 6 : accostage, navigation

Aléa 7 : érosion, sédimentation

Aléas systématiques des études de dangers :

Aléa 8 : neige

Aléa 9 : foudre

Aléa 10 : gel

Aléa 11 : séisme

Autres aléas à considérer potentiellement :

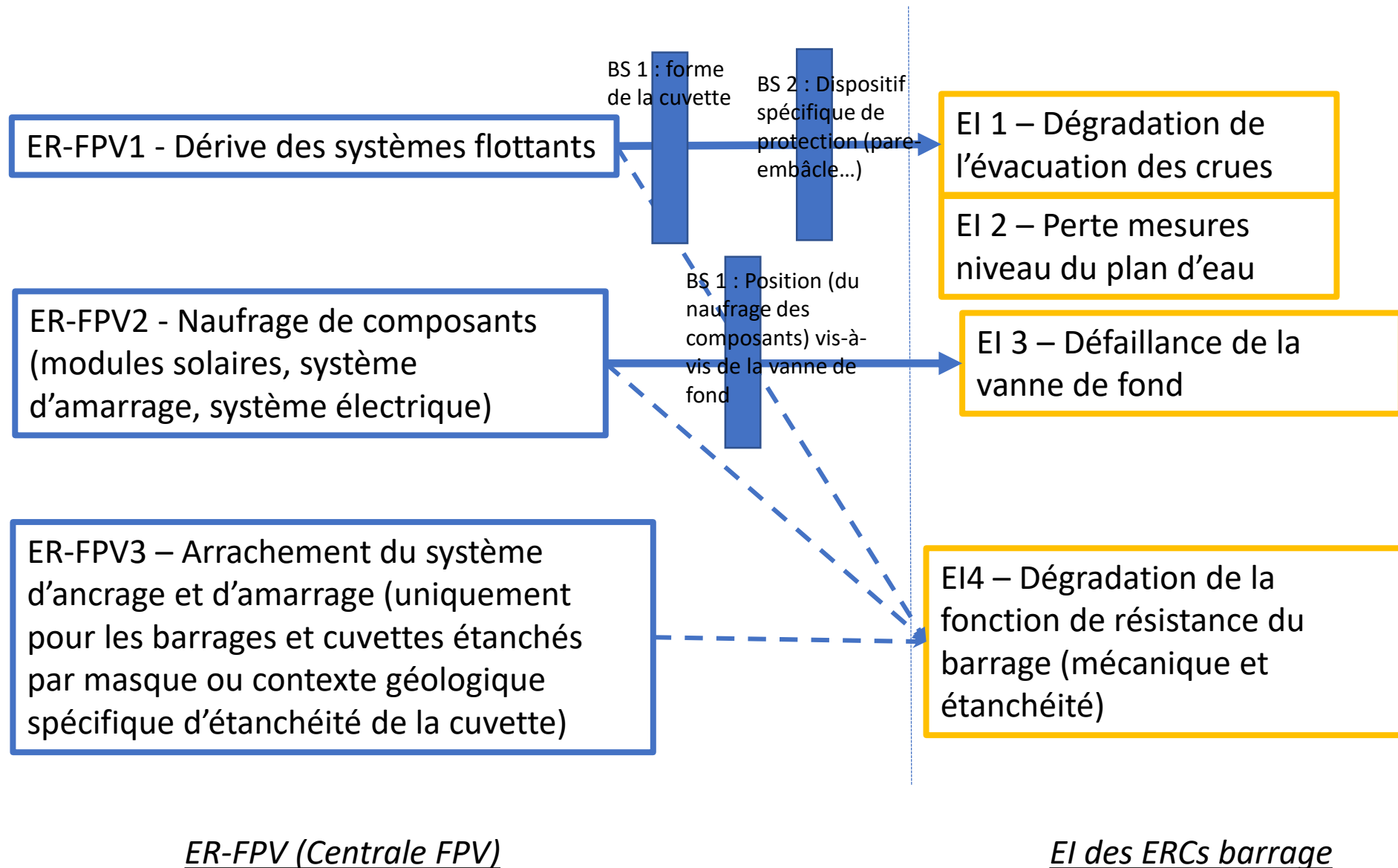
Aléa 12 : Incendie

Aléa 13 : faune (rongeurs...)

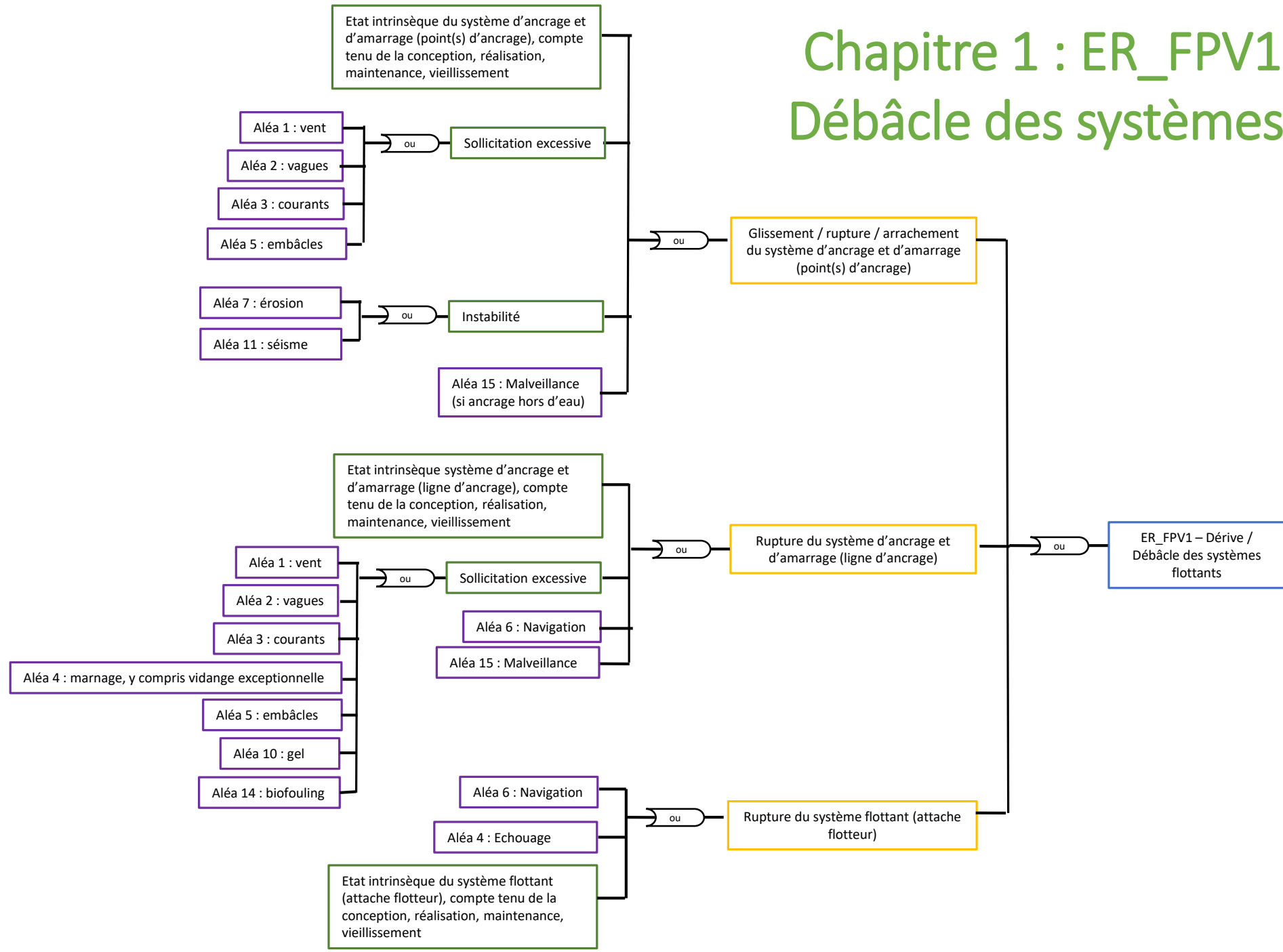
Aléa 14 : biofouling

Aléa 15 : malveillance

Chapitre 1 : ER_FPV vers les EI des barrages



Chapitre 1 : ER_FPV1 - Dérive / Débâcle des systèmes flottants)



CHAPITRE 2 : RECOMMANDATIONS ET NIVEAUX DE PERFORMANCES EN TERMES DE DIMENSIONNEMENT, DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES ET SUIVI DES SYSTEMES D'ANCRAGE

3.1 Identification des caractéristiques fondamentales de la retenue

Géotechnique et géologie, stabilité des fonds et des berges, topographie, étanchéité, sédimentation, hydrologie et hydraulique, marnage, sensibilité de l'EVC aux corps flottants, position de la vidange et prises d'eau, localisation des systèmes d'auscultation, etc.

3.2 Caractérisation des aléas et normes associées

Vent, vagues, courant, marnage, embâcle, accostage/navigation, érosion, neige, foudre/incendie, gel, séisme, biofouling

3.3 Caractérisation des aléas et normes associées

Module PV, structures flottantes, points d'ancrage, systèmes de protection additionnel, câblage électrique, boîte de jonction, onduleur, transformateur, poste de livraison, moyen d'accès, etc.

3.4 Conception générale de la centrale FPV

Compatibilité avec les usages du plan d'eau, Implantation en zone « morte », Ilots de forme simple, Distance en ilots, éloignement des berges, dispositions constructives vis-à-vis des OH, qualification des matériaux, etc.

CHAPITRE 2 : RECOMMANDATIONS ET NIVEAUX DE PERFORMANCES EN TERMES DE DIMENSIONNEMENT, DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES ET SUIVI DES SYSTEMES D'ANCRAGE

3.5 Justification des systèmes flottants

Durée de vie, charges admissibles au niveau des points d'accroche, capacité à supporter l'échouage, qualification de la structure flottante assemblée

3.6 Justification du système d'ancrage

Combinaison de charge, Les méthodes de calculs

3.7 Construction de la centrale FPV

Qualification des ancrages, positionnement des points d'ancrage, ancrage temporaire

3.8 Inspection et maintenance de la centrale FPV

Système flottant, système d'ancrage

Pour approfondir, pour plus d'information...

Gaëtan DAUTOIS (ARTELIA) : gaetan.dautois@arteliagroup.com

Laurent PEYRAS (INRAE) : laurent.peyras@inrae.fr

CIEL & TERRE INTERNATIONAL

SÉCURITÉ DES PARCS PV FLOTTANTS

COMMENT ASSURER LA PÉRENNITÉ DES PROJETS ?

2025





1. À propos de C&T
2. Les données d'entrée
3. Le bon dimensionnement
4. La mise en œuvre

À PROPOS DE CIEL & TERRE

Okegawa, 2013





NOTRE HISTOIRE

Création de Ciel & Terre

La société a été fondée par Bernard Prouvost, un entrepreneur convaincu de la nécessité d'innover dans le secteur des énergies renouvelables et désireux de développer des installations solaires sur les toits.

2006



2010

Développement de la technologie Hydrelio®

Depuis, nous nous consacrons entièrement à l'énergie solaire flottante.



Première centrale FPV à l'échelle du MW

Okegawa, Japon



2013



Ciel & Terre s'exporte à l'international

- 2013 : Japon
- 2015 : Corée du Sud Techwin Co.
- 2016 : Ltd in Ciel & Terre **USA** and Ciel & Terre **Taiwan**
- 2018: Ciel & Terre **Inde**

2023

Premier Gigawatt franchi

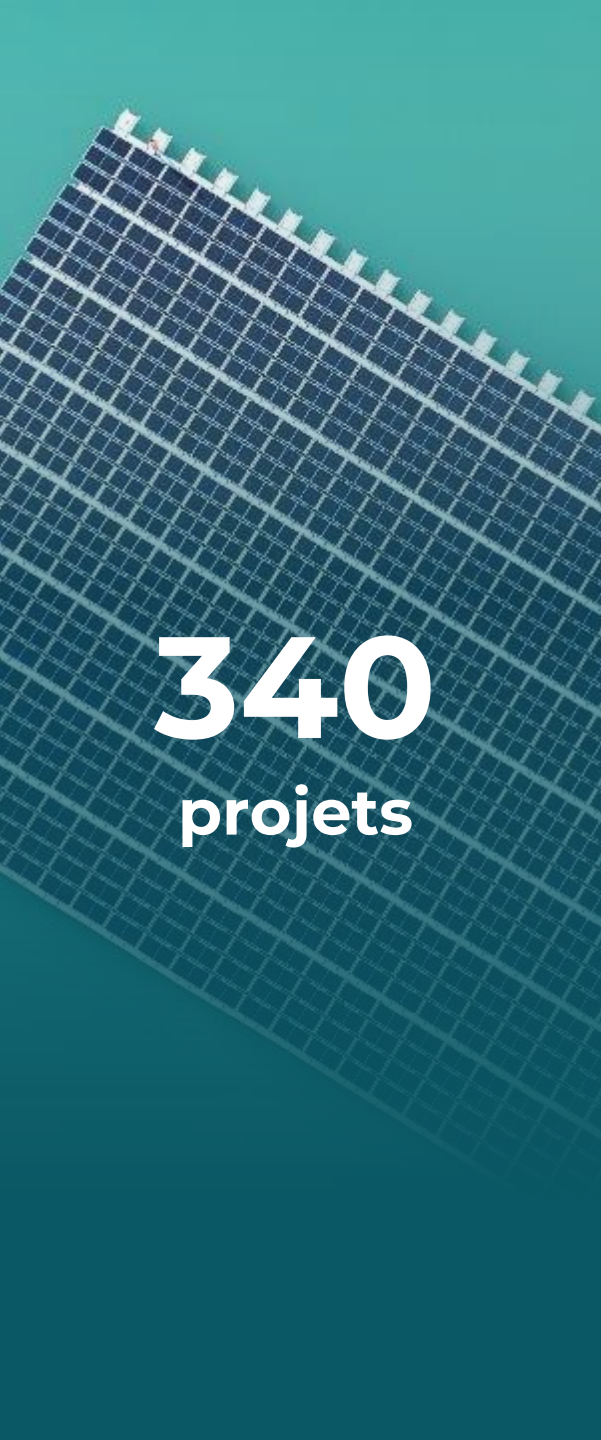
1.5 GWp



Ilots Blandin (72 Mw) : la plus grande centrale FPV en Europe



2024



340
projets



1.4GWp
raccordés au
réseau



+30
pays

2GWp

Installés et en
construction

15 ans

dédiés au solaire
flottant

200

Ciel & Terriens



CIEL & TERRE

7

Bureaux à travers
le monde

1

Centre de tests en Inde

2

Équipes R&D produits et ancrage
(France)

7

Brevets déposés

bpifrance

 **noria**



Alexis GAVEAU

CEO



Stéphane PROUVOST

Products & services
director



Daphnée BOUQUET

Deputy Products &
services director



Nos
représentants

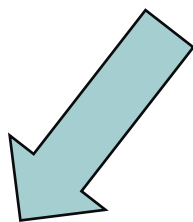


Nos bureaux

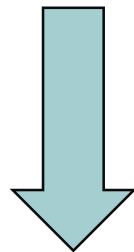


Pérennité des projets ?

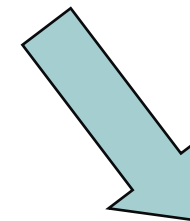
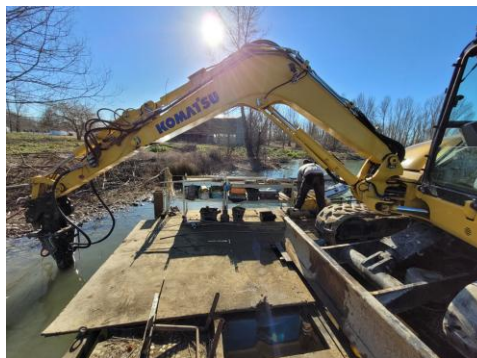
Comment rendre pérenne un projet solaire flottant Hydrelío® ?



**Proposer une
technologie éprouvée**



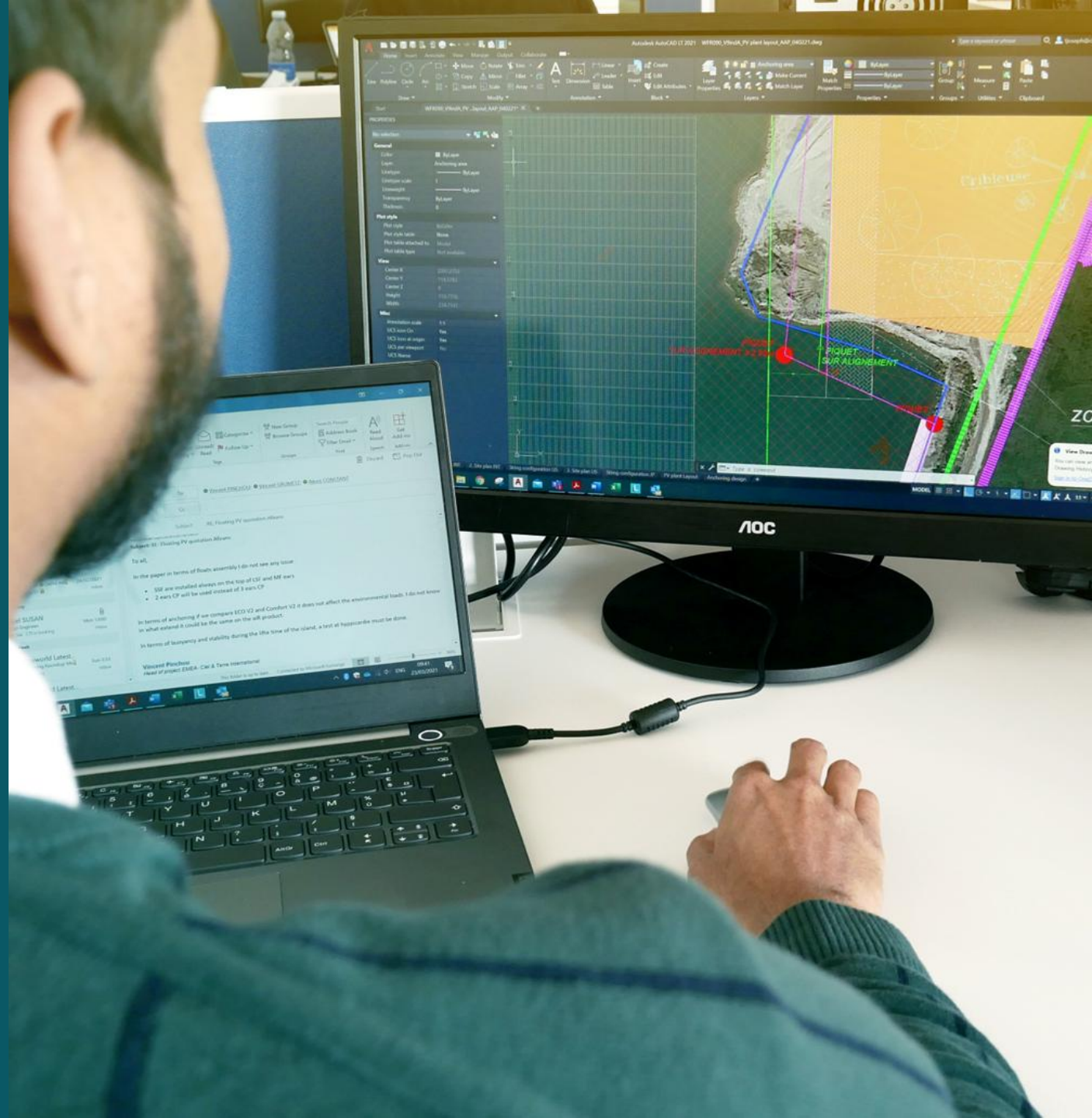
**Installer le système
d'ancrage adéquat**



**Assurer un montage par
nos équipes formées**



LES DONNÉES D'ENTRÉE ET LE BESOIN CLIENT





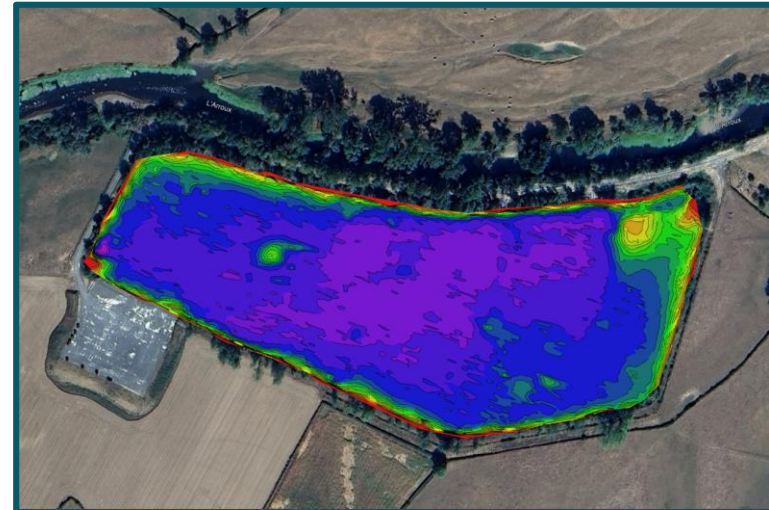
Données d'entrée et le besoin client

LES DONNÉES

- Vent (pression dynamique)
- Vague
- Vitesse du courant
- Profondeur d'eau
- Variation de niveau d'eau
- Type de réservoir
- Etude Géotechnique
- Bathymétrie
- Qualité de l'eau
- Contraintes environnementales
- Contraintes chantier (accessibilité mise à l'eau, zone de stockage)

LE BESOIN

- Choix du module PV
- Puissance du projet





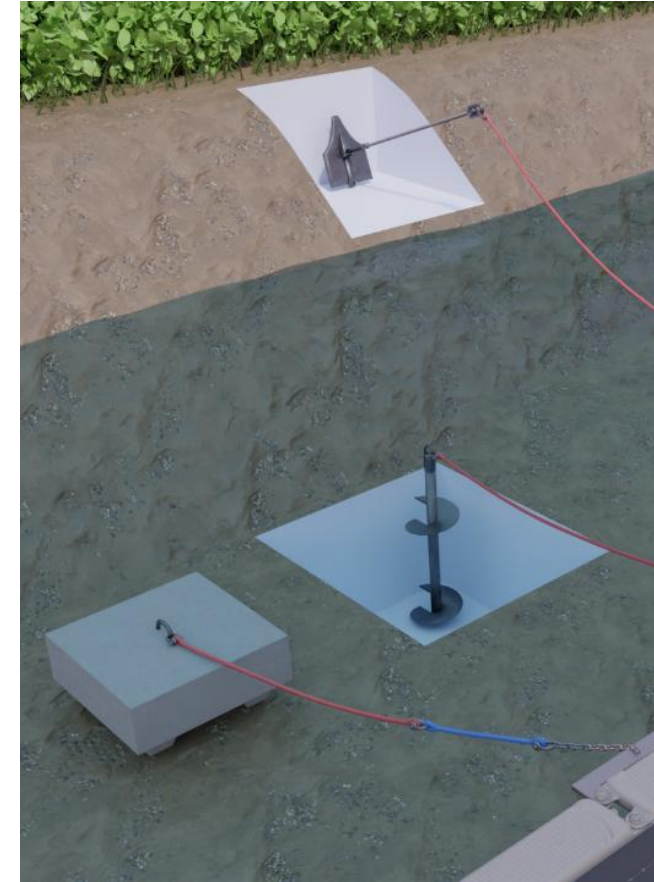
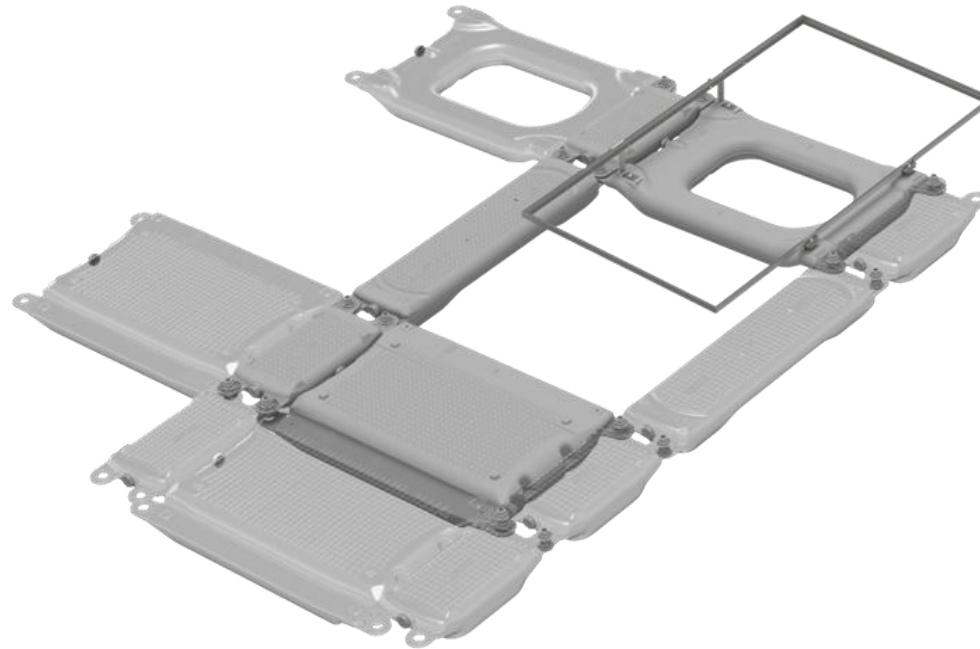
Données d'entrée et le besoin client

DONNÉES + BESOIN

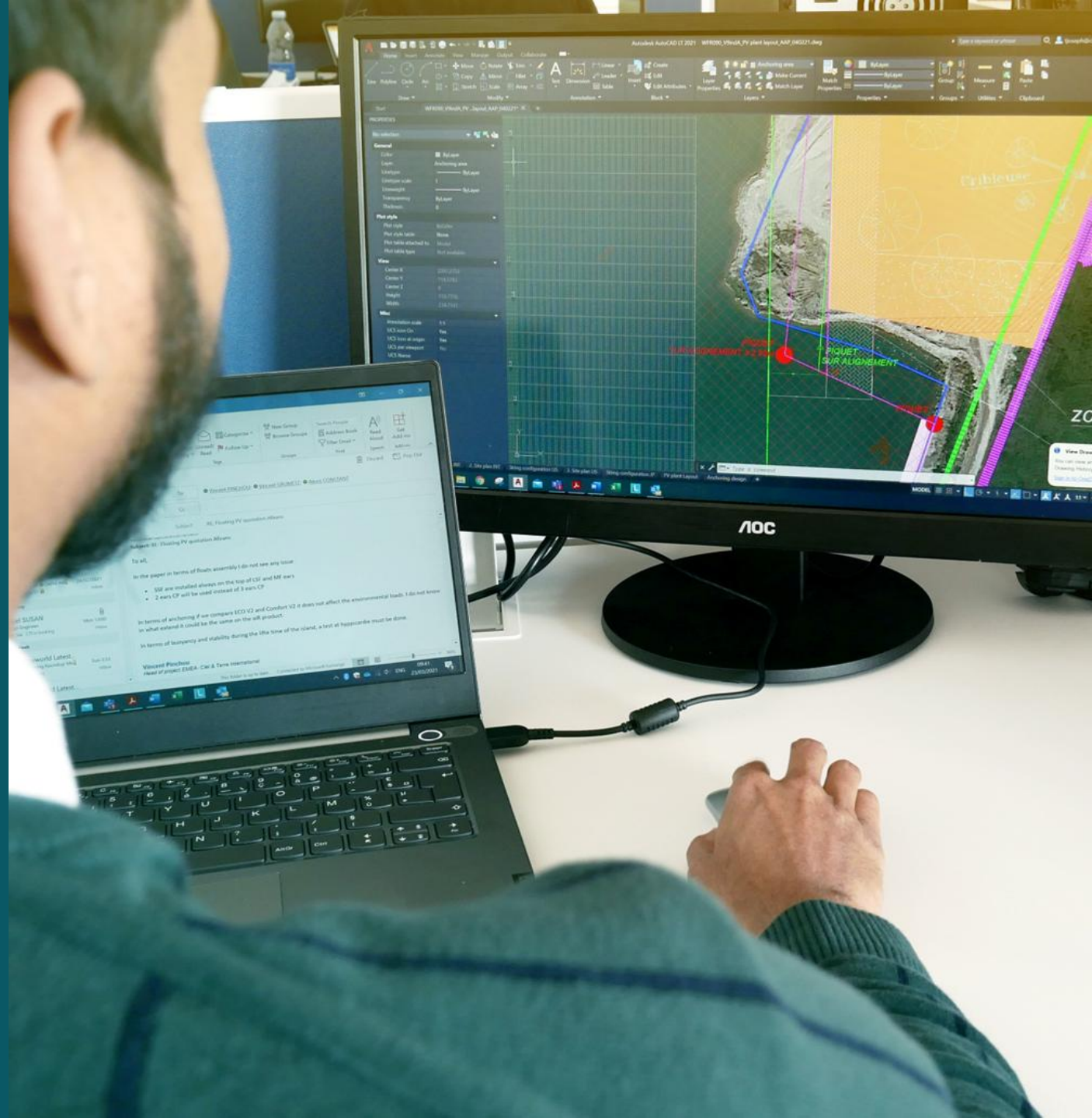


Choix de la bonne technologie :

- Flottante
- Système d'ancrage



LE BON DIMENSIONNEMENT



Un bon dimensionnement

- Les données d'entrée
 - → Choix technologie flottante
 - → Choix de la technologie d'ancrage



Le dimensionnement mécanique du projet et de son système d'ancrage

Limites produits

Règles d'ancrage

Les règles de design



Un bon dimensionnement

- **Limites produits :**
 - **Limites intrinsèques des composants de l'Hydrelio® (flotteurs, fixation)**
 - **Issues de différents types de tests :**
 - **Tractions des oreilles**
 - **Cisaillement des clefs de connexion**
 - **Fatigue**
 - **Brouillard salin**
 - **Issues de simulation CFD et de wind tunnel tests :**
 - **Coefficients aérodynamiques des flotteurs**



Un bon dimensionnement

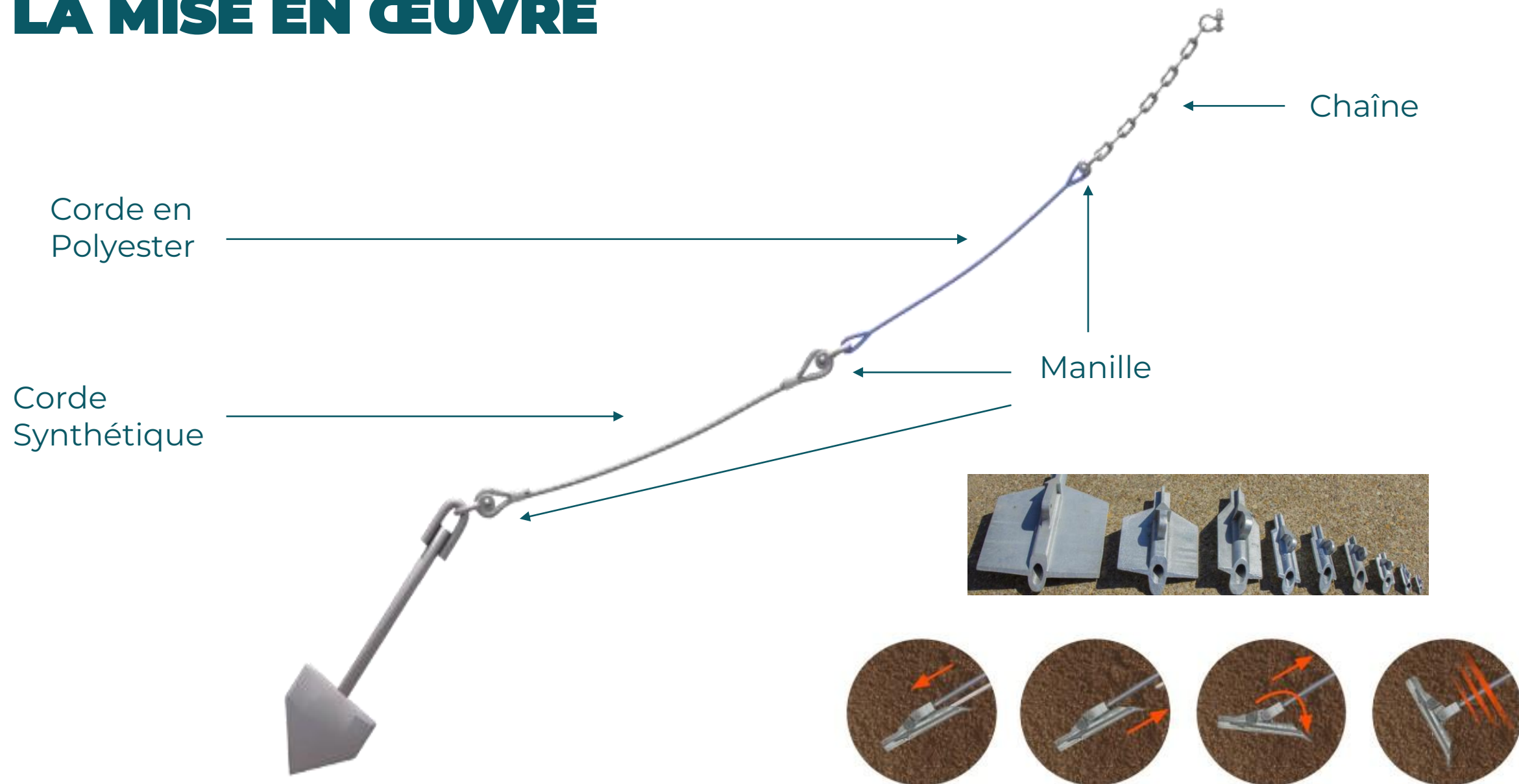
- Règles d'ancrage :
 - Assurent une bonne répartition des efforts environnementaux autour de la centrale flottante
 - Issues des limites produits
 - Issues de certains cadres normatifs (Eurocode, BV NR-493)
 - Issues de tests réalisés sur notre site de tests (compression, allongement, etc...)
 - Basées sur un REX de 10 ans de centrales raccordées au réseau :
 - Evolution de la technologie flottante
 - Evolution des outils de dimensionnement
 - Accidents de certaines centrales (8D + capitalisation)

LA MISE EN ŒUVRE DES SOLUTIONS D'ANCRAGE





LA MISE EN ŒUVRE





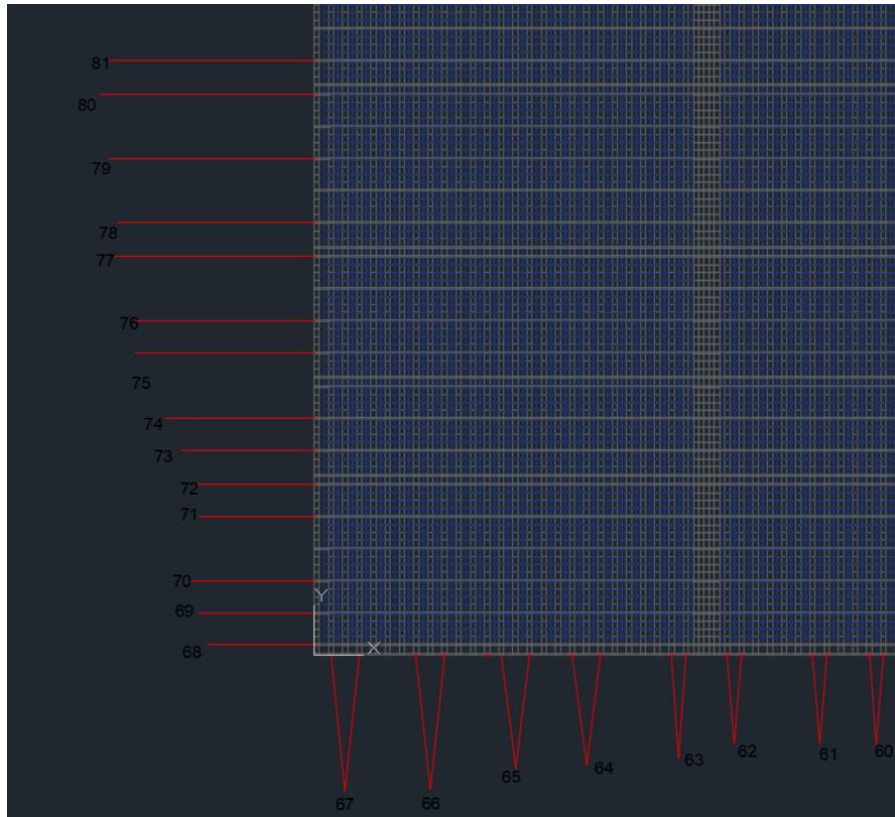
LA MISE EN ŒUVRE





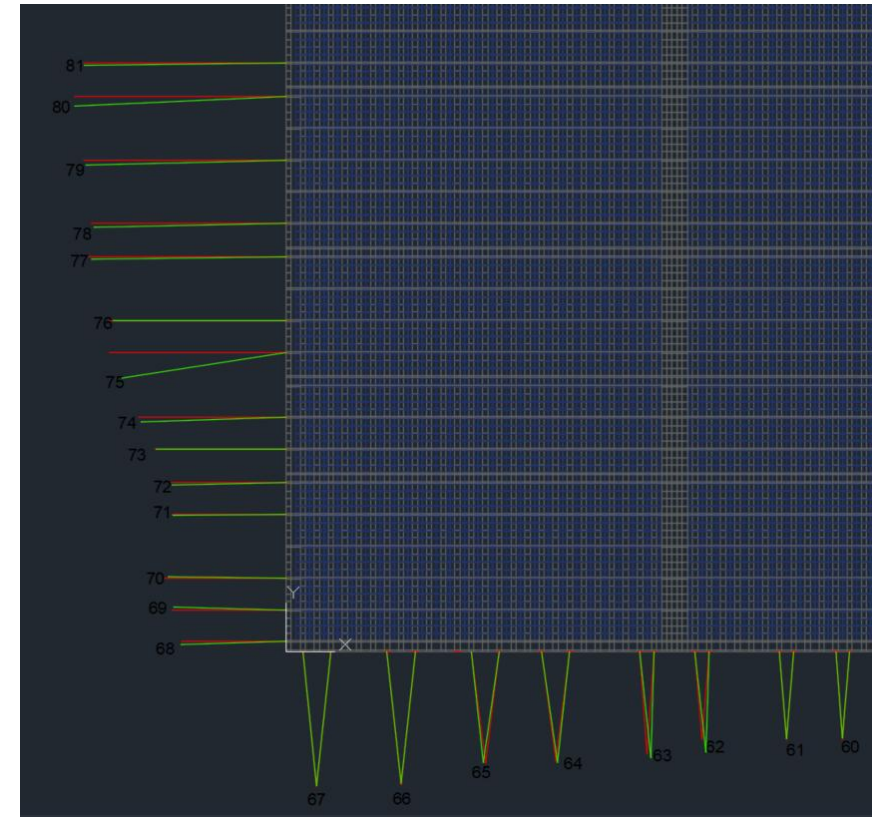
LA MISE EN ŒUVRE

Design théorique



Design as-built

- Reprise des coordonnées GPS des ancres
- Redimensionnement avec coordonnées réelles



CONTACT
CONTACT
CONTACT
CONTACT



Alexis CONSTANT
EMEA SALES MANAGER
aconstant@cieletterre.net

Elena AVCHARYAN
EMEA SALES ASSISTANT
eavcharyan@cieletterre.net

Julien BORELLO
EMEA SALES DEVELOPER
jborello@cieletterre.net

+33 3 20 01 05 65

**100 avenue Harrisson
FRANCE**

ciel-et-terre.net



Sécurisation des Parcs PV Flottants

FRANCOIS CHEVALIER, GERANT

Novembre 2025

Les 4 Solutions d'Ancrages pour PV Flottant

ANCRES ACTIVES



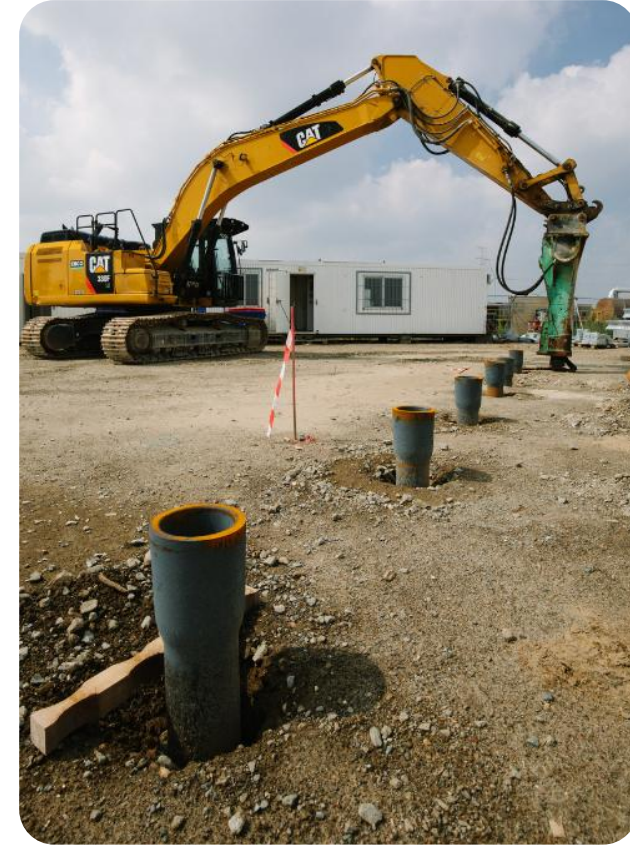
BLOC BÉTON PRÉFABRIQUÉ



PIEUX VISSÉS



PIEUX BATTUS



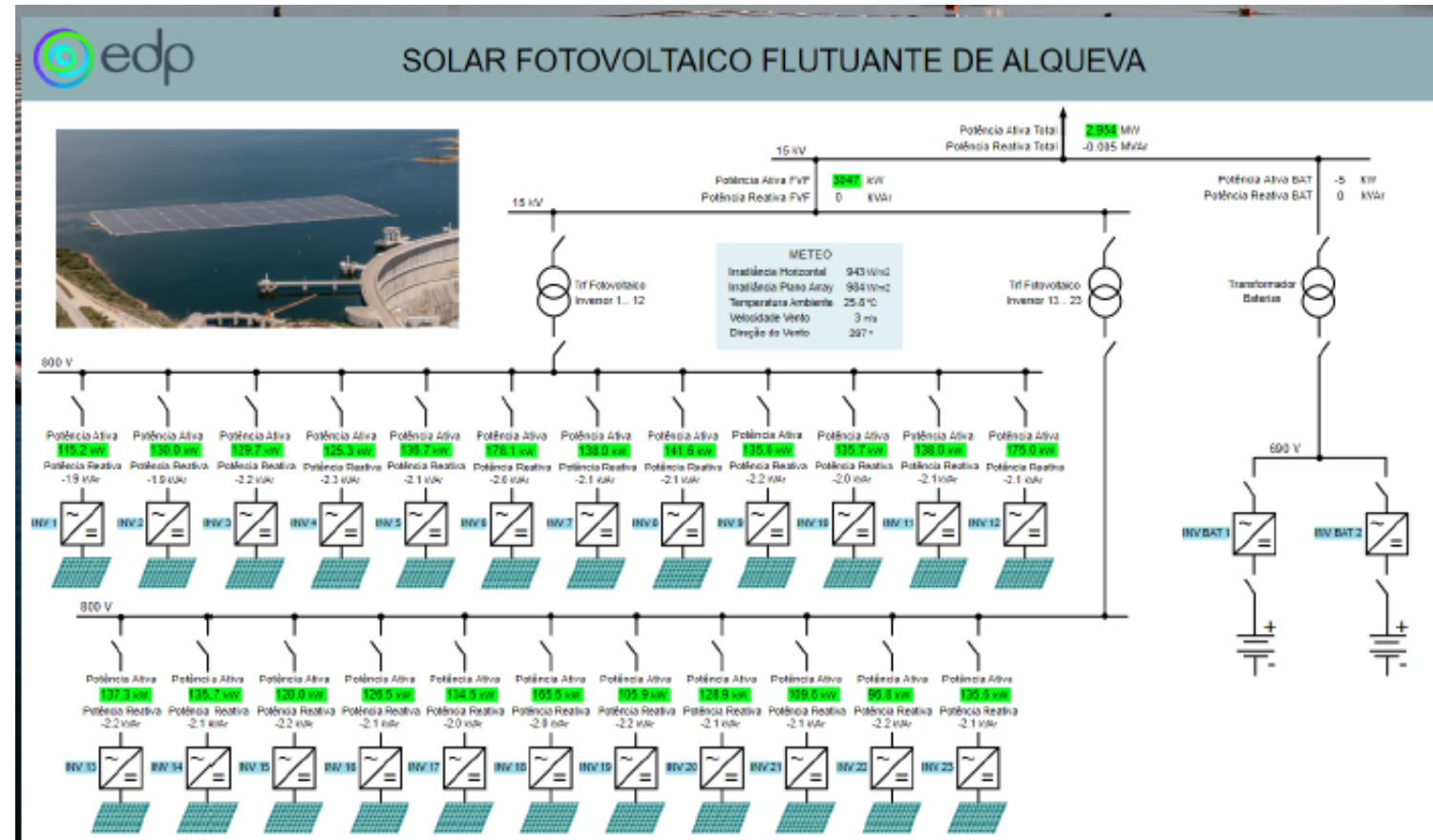
1. Les **centrales photovoltaïques flottantes, agri PV et les ombrières** connaissent un **développement mondial plus fort** que les centrales classiques
2. La performance et la durabilité de ces centrales dépendent plus particulièrement de **l'intégrité mécanique de leurs structures**
3. Kapteva a développé des **solutions intelligentes** pour répondre à ces enjeux pour des **centrales existante et à installer** pour **réduire le LCEO et éviter des incidents majeurs**:
 - **Capter** les données de façon économique, **analyser** les données brutes grâce des algorithmes et **conseiller** pour optimiser
 - Preuve du concept établie via une collaboration avec **EDF Lazer**
 - Intérêt confirmé des acteurs du marchés
 - Equipe expérimentée et capital intellectuel préparé

Monitoring aujourd'hui:

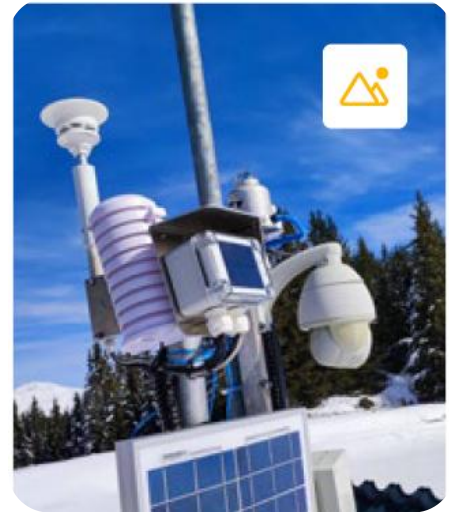
❖ Monitoring systématique de la production PV

❖ **Pas d'équivalent pour l'intégrité structurelle:**

- Coût d'acquisition des données trop élevé
- Couverture limitée
- Interfaces de capteur non compatibles
- Pas de système d'interface O&M



Data acquisition



Weather

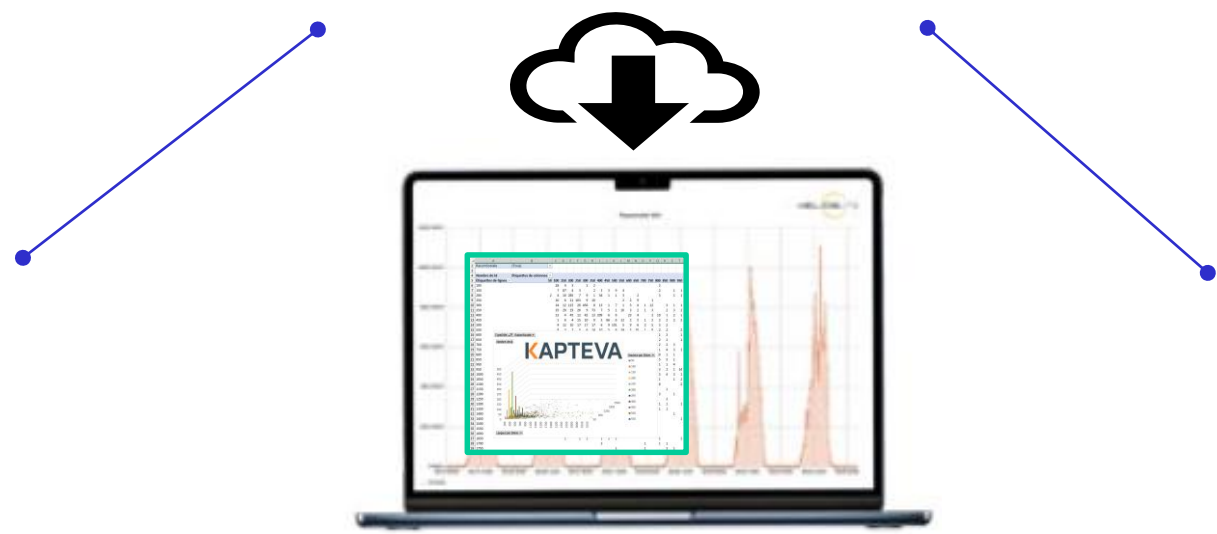


Anchor line tension, waves, surface current, water height

Asset Performance Mgt



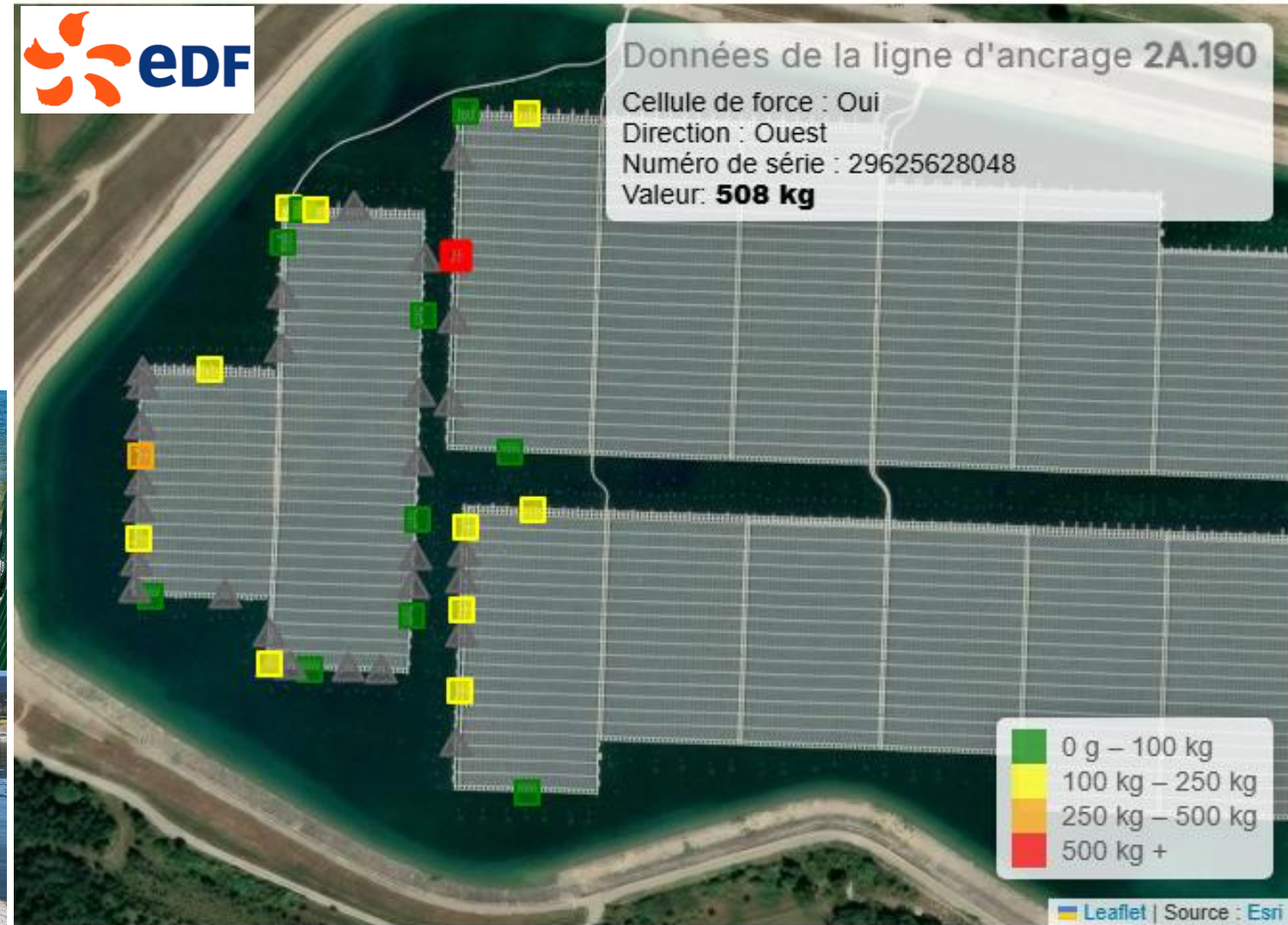
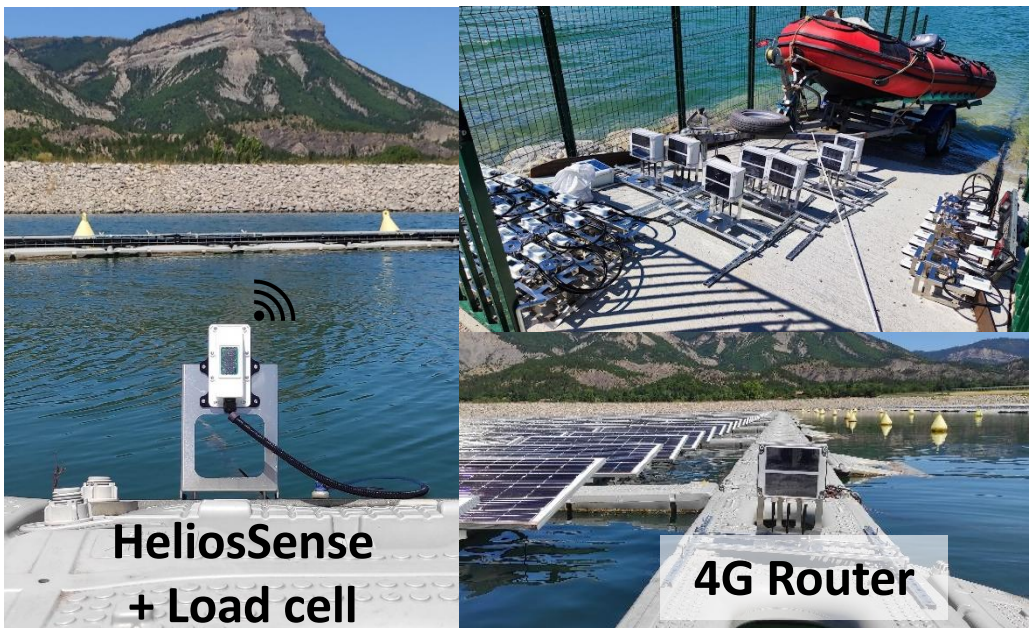
Mechanical stability



O&M Monitoring solution

Outil digital O&M :

- Multiples données
- Permanent, en ligne, temps reel avec alertes
- Présentation cartographique



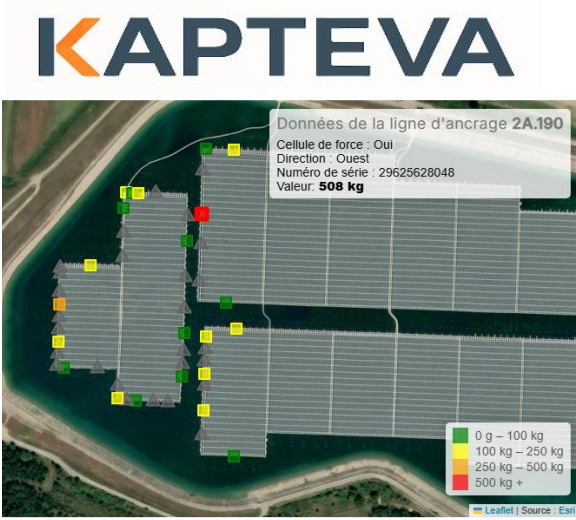
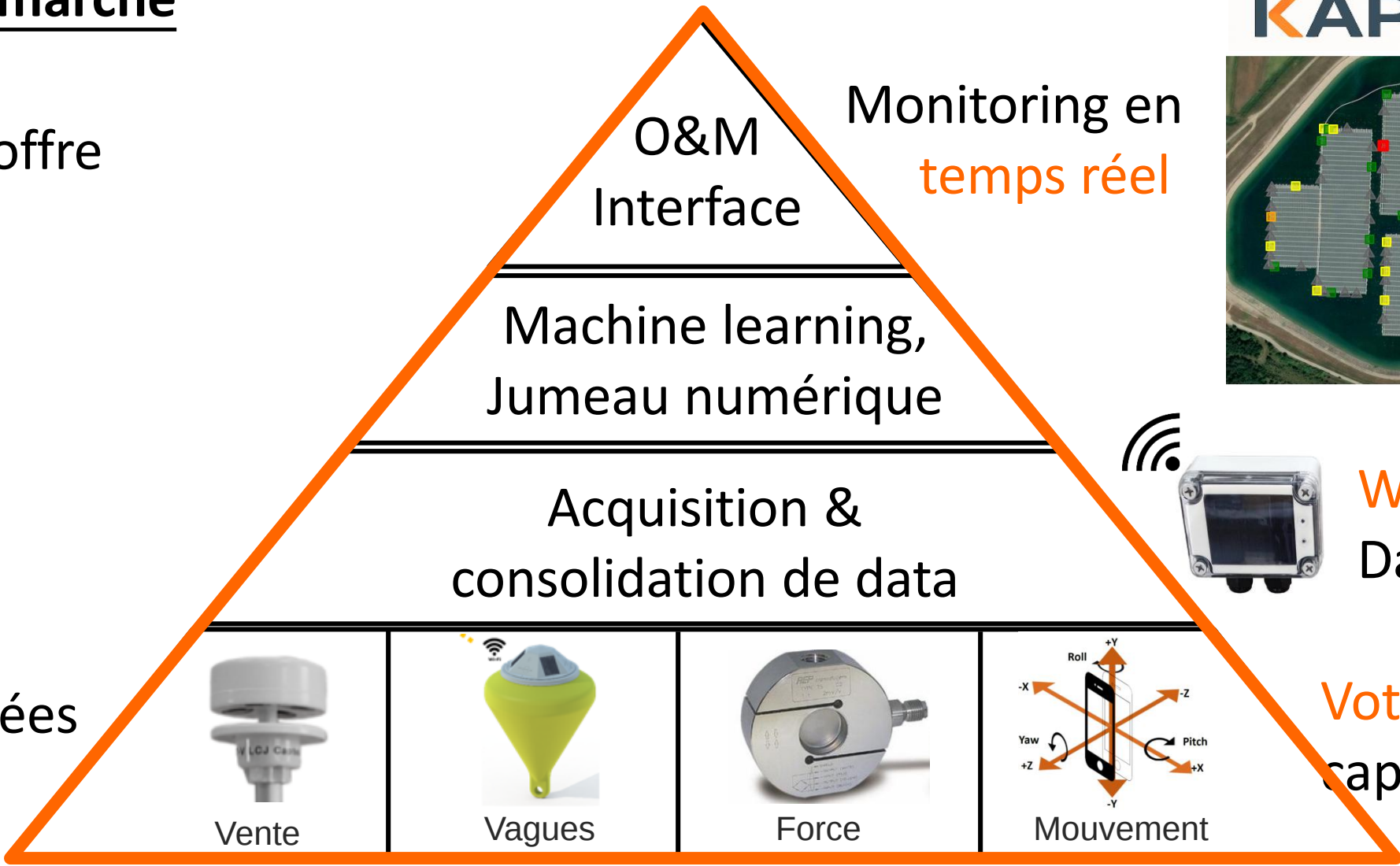
Acteurs du marché

AMP: pas d'offre

Recherche

Consultants

Offres séparées



Wireless
Data-logger

Votre choix de
capteurs

Solutions@Kapteva

- Weather:**
- Wind direction and speed
 - Temperature, humidity
 - Sunshine



- Water bodies:**
- Waves (frequency, amplitude, direction)
 - Water level – tidal range
 - Surface current (T2 2026)



Capteur de vagues

- Floating PV plant:**
- Dynamic mapping of anchor line tension
 - PV voltage & current
 - Displacement & deformation of the plant (T4 2026)



Ensoleillement

Force

- Other possibilities:**
- Water quality (turbidity, oxygen, temperature, pH,...)
 - Tailored alerts



Portail de monitoring

Needs

Phase & Objectives

- Prospection:**
- Project site conditions well characterized

- Construction:**
- Resistance of temporary anchor lines
 - Compliance with permissible charges
 - Anchor loads balanced

- Commissioning:**
- Well-adjusted lines and/or well-positioned anchors
 - Imbalances rectified without island deformation

- Exploitation :**
- Resistance: storms, tidal range, surface current
 - Water quality monitoring

- Rebalancing:**
- Controlled procedure
 - Imbalances detected

Stakes

- Best technology choice
- Correct anchor sizing
- Less breakage, continuous monitoring
- OEM warranty maintained
- Good on the 1st try

- Validate the execution of the mooring by the EPC
- Less time
- Independent compliance verification

- Continuous monitoring
- Less visual inspection
- Targeted interventions
- Reduce insurance cost

- Fewer interventions
- Less time par intervention
- Results verified

Capteur de vague HeliosWave:



5 capteurs déployés
4 clients différents

V2 nouvelles fonctionnalités :

- modem 4G intégré
- anémomètre + girouette ultrason
- mesure du courant de surface

Suivi du marnage:

Capteur de pression permettant de mesurer la hauteur de la colonne d'eau.
Plage de mesure: 0-15m
Précision: < 1 cm



Fiche technique Version V2:

Capteur HeliosWave

- Mesure l'**amplitude**, la **période** et la **direction** de propagation des vagues
- **Communication sans fils en 4G**
- **Autoalimenté** par 3 cellules solaire + batterie Li-ion
- Accéléromètre **6 axes** intégré
- Campagnes de **mesures en haute fréquence** déclenchables sur seuil
- Algorithme embarqué de traitement des données en temps réel (FFT)
- **Génération d'alertes** automatiques
- Accès aux données en ligne via un **portail de monitoring**

Capteurs et mesures en option:

- Anémomètre + girouette ultrason
- Mesure du **courant de surface**

MADE IN FRANCE

Exemples d'applications

Application : Station intégrée de mesure environnementales pour centrales solaires flottantes.
Mesures : Données brutes + spectres fréquentiels disponibles sur demande en haute fréquence.
 Algorithme embarqué de calcul de la direction, période et amplitude des vagues.

Spécifications techniques	
Dimensions	Diamètre 270 mm / Hauteur 400mm (650 mm avec anémomètre)
Poids	4 kg
Tension d'alimentation	4V généré par 3 cellules solaires photovoltaïques de 0.5W
Connexion	Bluetooth + 3G/4G
Fréquence d'échantillonnage	10 Hz
Précision des mesures	< ± 1 cm (2σ P95%)

Interface intuitive d'accès aux données en ligne via un portail de monitoring:

A propos de Kapteva

Kapteva conçoit des enregistreurs de données autonome et des solutions de monitoring permettant d'assurer la surveillance active de l'intégrité mécanique des structures de support des centrales photovoltaïques.

HeliosWave V1 :



HeliosWave V2 :

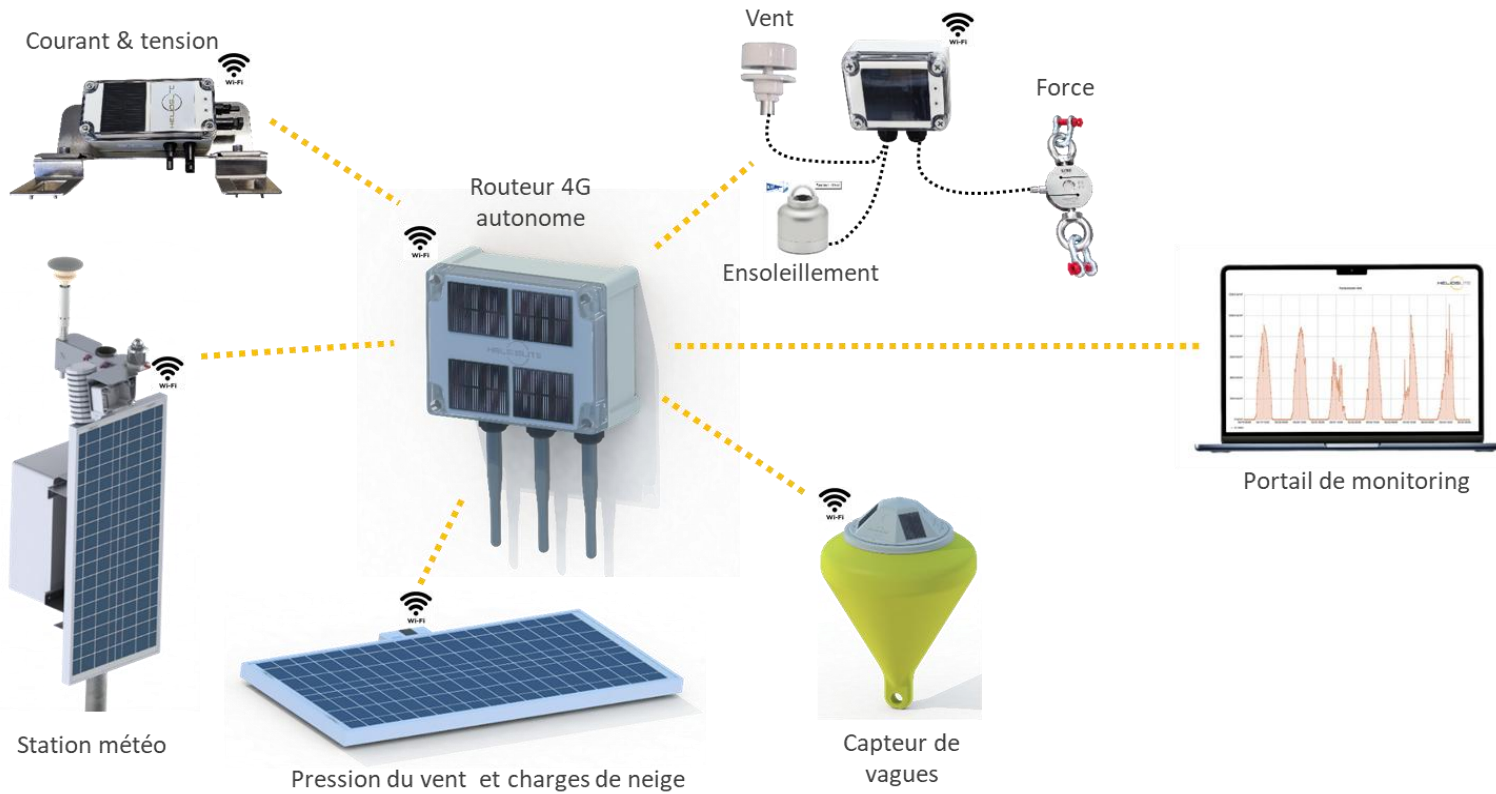


	HeliosWave V1	HeliosWave V2
Connection internet	Via un routeur 4G externe	Modem 4G intégré
Mémoire de stockage	1 Mo	1 Go
Accéléromètre	3 axes	6 axes
Compas (orientation)	-	Compas électronique intégré
Vitesse du vent	-	Anémomètre + girouette ultrason
Courant de surface	-	En option
Poids total de la bouée	10 kg	4 kg
Arrimage	1 anneau + barre d'arrimage	2 anneaux d'arrimage

<u>Phase</u>	<u>Durée</u>	<u>Enjeux</u>	<u>Réponse Kapteva</u>	<u>Full time</u>	<u>On time</u>
Prospection	12 à 24 mois	Caractérisation environnemental du site	Mesures certifiés		
Mise en service	2 à 24 mois	Conformité & Recours aux garanties	Mesures certifiés		
Opérationnel	30 ans	Performance : Meilleure disponibilité, Maintenance préventive, Contrôle post incident	Monitoring permanent ponctuel		
Corrective	1 à 2 mois X fois sur 30 ans	Conformité de réparations Recours aux garanties	Mesures certifiés		

Full time : premium & récurrent en achat ou location

On time : ciblé & ponctuel en location ou achat





Enjeux d'inondation

L'importance d'une bonne prise en compte des risques et d'une approche technique et standardisée

Benoat Danglade

27/11/2025 – Grenoble – **Sécurité des parcs PV flottants**

Sommaire

1. Présentation d'OWC (ex-Innosea)
2. Opportunités et enjeux dans les lacs de carrière
3. Zones inondables – description et contexte réglementaire
4. Projets renouvelables dans les zones inondables - Comment développer le solaire flottant en maîtrisant les risques ?
5. Points importants à retenir

Expérience résumée



Fermes
solaires
flottantes

> **160** études

> **85** fermes

> **4 500** MWc

Since 2017



5 continents et
+28 pays

Indonésie	Laos
Inde	Roumanie
Portugal	Togo
France	
Seychelles	
Afghanistan	
Ouganda	



15+
technologies
de flotteurs

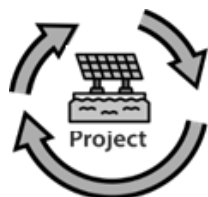
Ciel & Terre	
SunGrow	
NRG Island	
Isifloating	
HelioRec	
SolarDuck	

- **+45 projets sur des barrages hydroélectriques, retenues ou d'irrigation** (> 3500 MWc)
- **50 projets sur des lacs de carrière** (> 800 MWc)
- **15 projets en zone portuaire, côtière ou en mer** (> 270 MWc cumulés)
- **5 projets européens de R&D** sur la performance et la durabilité des fermes solaires flottantes

Maldives
Brésil
UK
USA

etc

Solaire flottant – offre de services



Services d'études typiques	Études de marché Sélection de sites Visites de site Caractérisation de sites Stratégie de développement	Analyse des risques Revue indépendante Etude de faisabilité • Amarrage et ancrage • Calepinage • Ressource et productible • Intégration au réseau • Estimations CAPEX/OPEX • Support à l'instruction environnementale et technique • Hydrologie et Hydraulique Etudes et investigations de site	Sélection des équipements Spécifications techniques Planning de développement et d'installation Stratégie O&M Coût de l'énergie Démantèlement	Rédaction d'appel d'offre technique (gestion du projet, stratégie d'allotissement, Dimensionnement, Requis techniques) Support et évaluation des consultations	Technical due diligence Ingénierie détaillée • Dimensionnement système d'ancrage • Méthodes d'installation • Géoscience Assistance à maîtrise d'ouvrage Supervision et conseil Revue tierce indépendante

Expertise technique: solaire flottant, hydrodynamique, hydraulique, géoscience, électrique, opérations et supervision sur site



Solaire flottant : sites typiques

À quoi ressemble un projet solaire flottant en France ? Quels sont les sites typiques ?

Solaire flottant – large diversité de plans d'eau

- Plan d'eau artificiels:
 - Ancienne carrière
 - Barrage hydroélectrique
 - Retenue collinaire, d'irrigation
 - Réservoir industriel
 - Aquaculture
 - Zone portuaire
 - ...
- Plan d'eau naturels
 - En mer
 - Zone côtière
 - Lagon
 - Lac naturel



FIGURE 3.4. FPV system (of 305 kWp capacity) in Goiás, Brazil



Source: © Ciel & Terre International.
Note: kWp = kilowatt-peak.



Source: © Kyocera TCL Solar LLC.
Note: MMm = megawatt-peak.



Segmentation par complexité de site

Petits plans d'eau - réservoir industriels, retenue collinaire, lac de carrière, bassin d'irrigation,... (5-20MWc ~ 5-20 Hectares)



France, Piolenc, 2019, 17MWp
+ Extension of 5 MWp in 2022
Akua, Ciel&Terre



Sellingen, 41.1 MWp, 2022
Baywa r.e, Zimmermann

Grands plans d'eau – barrage hydroélectrique ou grand réservoir,... (50-200MWp – 50-200 Hectares)



Portugal, Alto Rabagão, 220 kWp, 2017
EDP, Ciel & Terre



Indonesia, Cirata, 145 MWp, 2023
Masdar, Sungrow

Zone côtière / en mer (eau libre, bras de mer, zone portuaire, lagon)



France, Heliorec
Brest (25 kWp)



France, SolarInBlue,
SunSète (20 kWp)

Lacs de carrière typiques

Petits lacs de carrière



Peyssies, 5 MWp, 2021
Urbasolar, Sungrow



Amer Central, 6.3 MWp, 2022
RWE, ProFloating



France, Montpezat, 5 MWp, 2022
Amarenco, Ciel&Terre

Grands lacs de carrière



France, Piolenc, 2019, 17MWp
+ Extension of 5 MWp in 2022
Akua, Ciel&Terre



France, Peyrolles-en-Provence,
2021, 15MWp
Boralex, NRG



Sellingen, 41.1 MWp, 2022
BayWa r.e., Zimmermann



France, Perthes, 2025, 72MWp
Q Energy, Ciel&Terre

Lacs de carrière typiques

Petits lacs de carrière

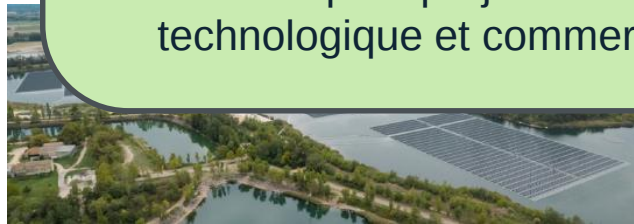


Avantages :

- Conditions simples
- Réservoirs artificiels
- Accès facilité pour la construction et maintenance
- Peu de contraintes sociales
- Peu d'infrastructures sensibles à proximité directe
- Beaucoup de projets construits → maturité technologique et commerciale

Risques :

- Enjeux environnementaux
- **Zones inondables** – carrière dans les zones alluvionnaires et donc dans le lit majeur
- Variation du niveau d'eau non contrôlées (eaux souterraines – lien avec nappes et lit mineur)



France, Piolenc, 2019, 17MWp
+ Extension of 5 MWp in 2022
Akua, Ciel&Terre



France, Peyrolles-en-Provence,
2021, 15MWp
Boralex, NRG



Sellingen, 41.1 MWp, 2022
BayWa r.e., Zimmermann



France, Perthes, 2025, 72MWp
Q Energy, Ciel&Terre



Zones inondables

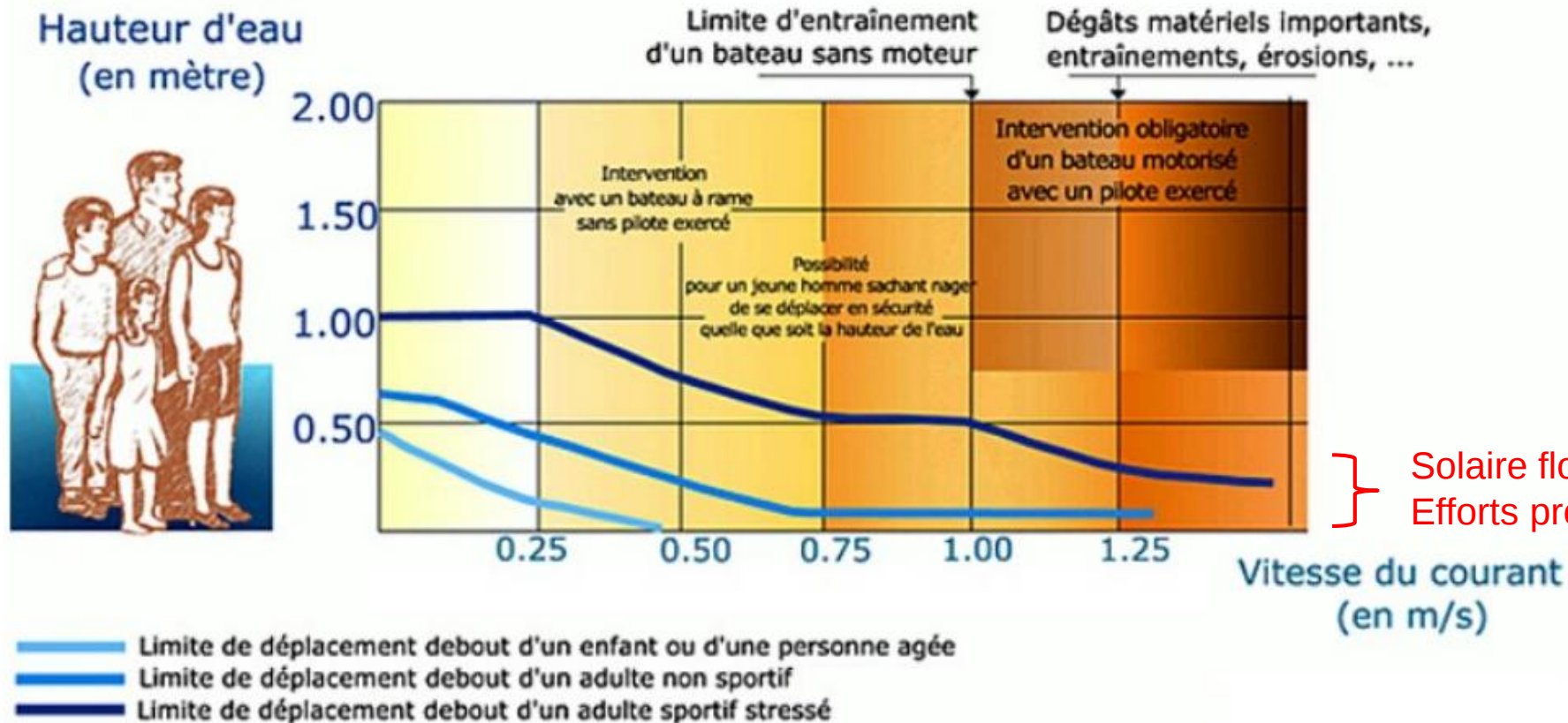
Description, Enjeux réglementaires et risques

Risques naturels et enjeux réglementaires

- Le Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI)
 - Plan réglementaire annexé au plan local d'urbanisme, approuvé par arrêté préfectoral et établi par les services de l'Etat.
 - Définition de règles d'urbanisation dans les zones soumises aux submersions marines ou débordements de rivières.
 - À la suite de l'établissement d'une cartographie et d'un règlement définissant les **risques** = rencontre de **l'aléa** (hauteur d'eau et vitesse d'écoulement) avec un **enjeu** (les personnes et les biens)
- Objectifs du PPRI
 - Limiter voire interdire les nouvelles installations dans les zones à risques
 - Ne pas augmenter la vulnérabilité des biens dans les zones à risques
 - Garantir la sécurité des personnes et des biens
 - Assurer le libre écoulement et préserver les champs d'expansion des crues
- Chaque PPRI est spécifique (règlement, exceptions, données, études et précisions, historiques des événements,...)



Risques naturels et enjeux réglementaires





Projets renouvelables dans les zones inondables

Comment développer le solaire flottant en maîtrisant les risques ?

Projets renouvelables dans les zones inondables

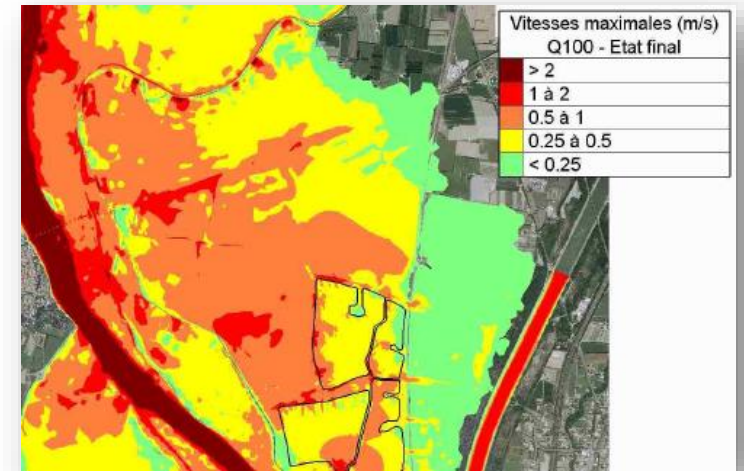
- Dans le cadre d'un projet solaire flottant
 - Dans les zones inondables à aléas forts à très forts, il est souvent **interdit de construire** quelconque nouveau bâtiment, **sauf exceptions**.
 - Dans les autres zones il est souvent recommandé de **prouver la bonne tenue de l'installation face aux aléas** (vitesse d'écoulement, hauteur d'eau, corps flottants).
 - Les projets solaires flottants ou parcs photovoltaïques ne sont pas toujours explicitement couverts dans les règlements.
- Bonnes pratiques pour un développeur
 - Lors de la prospection d'un projet flottant, bien identifier le zonage du PPRI si existant
 - Se rapprocher des services instructeurs - cadrage
 - Se faire accompagner par des bureaux d'études dédiés pour répondre aux exigences réglementaires
- Les enjeux de développement des énergies renouvelables sont aussi d'intérêt général:

LOI n°2023-175 du 10 mars 2023 relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables

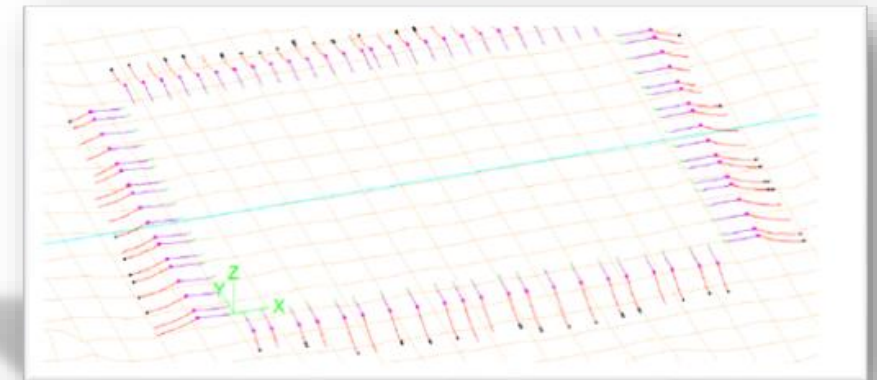
- Vise à simplifier les procédures d'autorisation des projets d'énergies renouvelables
- Réduction des temps d'instruction, mobiliser les terrains déjà artificialisés, élus impliqués dans la définition des zones.
- Le solaire flottant entre souvent dans cette dynamique

Comment étudier les enjeux d'inondations pour mon projet flottant ?

- Quantifier le risque
 - avec une **étude hydraulique** qui étudiera et modélisera
 - Les événements extrêmes, les vitesses écoulement, les directions, les durées, le type de crue, les débris flottants
 - Infrastructures à proximité: digues, canaux, pouvant créer des cas de chargement supplémentaires
 - avec une **étude d'ancrage** qui étudiera la tenue d'un système flottant vis-à-vis de événements extrêmes
 - Définition des cas de chargements et des efforts à reprendre
 - Dimensionnement des flotteurs, des lignes d'amarrage et des ancres
- Quand réaliser les études ? À définir avec les services instructeurs
 - En amont de l'instruction au permis si projet en zone à forts enjeux
 - Après l'instruction si projet en zone à enjeux faibles ou modérés
- Conséquences des études – prouver la compatibilité avec le PPRI
 - Evitement → Privilégier les zones sans courant en ajustant le plan de masse
 - Réduction → Choix des équipements (flotteurs, lignes, ancres), surdimensionnement, entretien des rives, inspections digues, flotteurs et ancrage, mise en place de protection supplémentaires (systèmes anti-embâcles)
 - Utilisation des résultats pour le dimensionnement final des structures



Exemple d'étude hydraulique, vitesses d'écoulement Q100



Exemple d'étude d'ancrage, lignes d'amarrage en rouge

Evolution des règlements et structuration de l'approche

- Adaptation des règlements du PPRI, exemple PPRI du Rhône, modification du 15 juillet 2025
 - Ajout de dispositions spécifiques à l'activité agricole et à la production d'énergie renouvelable

Extrait du règlement du Rhône modifié
Chapitre 2 – Dispositions spécifiques à l'activité agricole et à la production d'énergie renouvelable
Article 1 – Sont admis sous conditions, par exception au chapitre 1
✓ L'extension des bâtiments à destination agricole existants (hors logement et serre cathédrale), à condition :
(...)
✓ Les installations de production d'énergie solaire sont admises aux conditions suivantes
Le demandeur devra établir, par des études spécifiques, que le projet n'est pas de nature à aggraver les risques, au moins jusqu'à la crue de référence :
• en recherchant l'absence d'impact sur la ligne d'eau et la transparence hydraulique maximale de l'installation (y compris les clôtures) quelles que soient les circonstances de crue (embâcles, rupture de digue...). L'installation ne devra pas aggraver l'aléa sur l'ensemble des enjeux existants à sa proximité, en amont, en aval et sur la rive opposée ; • en démontrant l'absence de vulnérabilité du projet lui-même y compris dans les situations les plus défavorables (embâcles, rupture de digue, mobilité du lit vif...). A ce titre, l'installation devra notamment respecter les prescriptions suivantes : • l'ensemble des éléments sensibles (panneaux, postes de relevé, connectiques afférentes...) devra être implanté au-dessus de la cote de référence en tenant compte des éventuels éléments solides flottants pouvant être transportés par le cours d'eau ; • les modalités de protection et d'entretien devront tenir compte du caractère inondable du site, en particulier, un dispositif

Ancrage résistant à l'arrachement

Embâcles

Vitesses

Ruptures de digues

de mise hors tension de l'installation en cas de crue devra être intégré.

- l'ancrage au sol (des fondations et structures porteuses des panneaux, des clôtures, des postes électriques, etc.) sera suffisant pour résister aux embâcles (voitures, arbres, etc.) et éviter l'arrachement. Le dimensionnement tient compte :

- de la nature et de la stabilité du sous-sol (phénomène d'érosion en cas de crue) ;

- des vitesses et hauteurs d'eau auxquelles seront soumises les installations au moins jusqu'à la crue de référence ;

- de la capacité de transport solide d'éléments environnants susceptibles de générer l'arrachement des panneaux par choc ou par perte des fondations ;

- des situations accidentelles possibles, notamment ruptures de digues entraînant des venues d'eau particulièrement rapides.

Pas de nature à aggraver les

risques

Transparence hydraulique

Absence de vulnérabilité



Conclusions

A garder en tête

Points importants à retenir – projets solaires flottants dans des zones inondables

- Le solaire flottant est une **technologie mature techniquement et commercialement**.
- Beaucoup de projets se trouvent dans des lacs de carrière où **l'enjeu inondation est souvent le seul critique techniquement** (pas de combinaison de risques).
- Le PPRI et les services instructeurs sont à l'écoute d'une **démarche scientifique, quantitative et adaptée** aux enjeux du site.
- Les sujets sont multiples (hauteur d'eau, écoulement, rupture de digue, embâcles) et doivent être anticipés par les développeurs.
- La bonne prise en compte des enjeux d'inondation permet au développeur de répondre aux enjeux réglementaires, mais aussi de maîtriser les risques de développement et d'exploitation, d'investissement et d'assurabilité de sa centrale.

Solaire Photovoltaïque Flottant

Enjeux de la montée en compétence



Présentation de l'INES

- ▶ Institut National de l'Energie Solaire créé en **2005**
- ▶ **500** salariés sur **22 000m²** de campus (laboratoire, bureaux, plateforme de tests...)

Pôle Recherche & Innovation

- ▶ 350 chercheurs
- ▶ +60 brevets/an
- ▶ 14 laboratoires

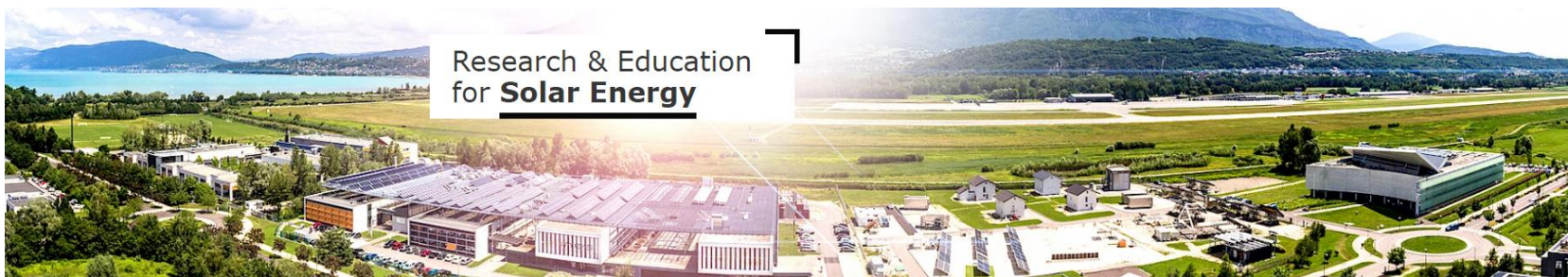


Pôle Formation & Expertise

- ▶ 35 salariés, 15 experts-formateurs
- ▶ Formations & expertises techniques
- ▶ Conférences & projets

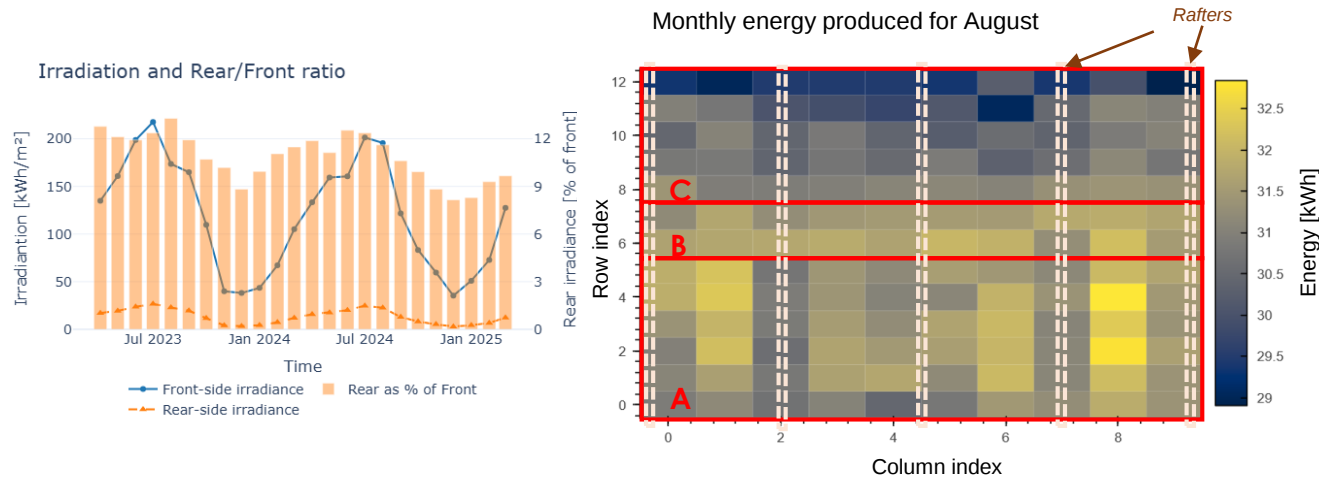


INES-PFE – Association loi 1901

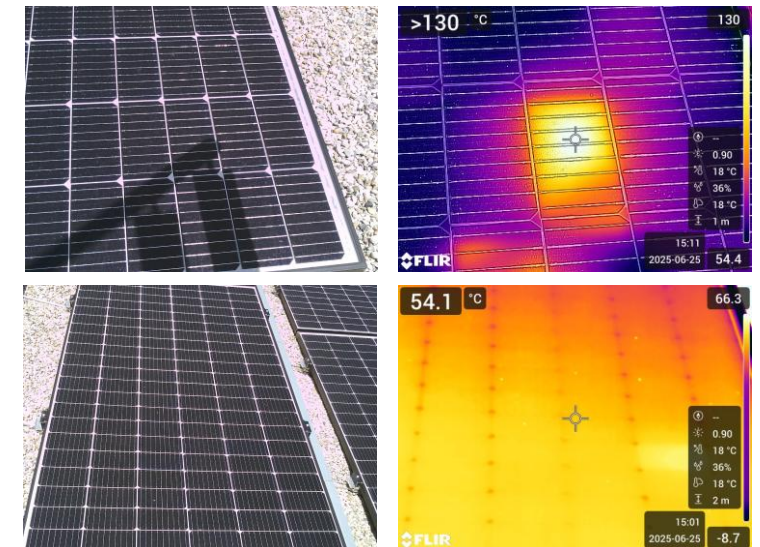


Prestations d'expertise PV

- ▶ Accompagnement lors de lancements d'activités
- ▶ Audits de centrales (thermographie, conformité, caractéristiques)
- ▶ Conseils techniques auprès des professionnels (technologies, design, ...)
- ▶ Analyse de données (performance, vieillissement, pertes spécifiques)



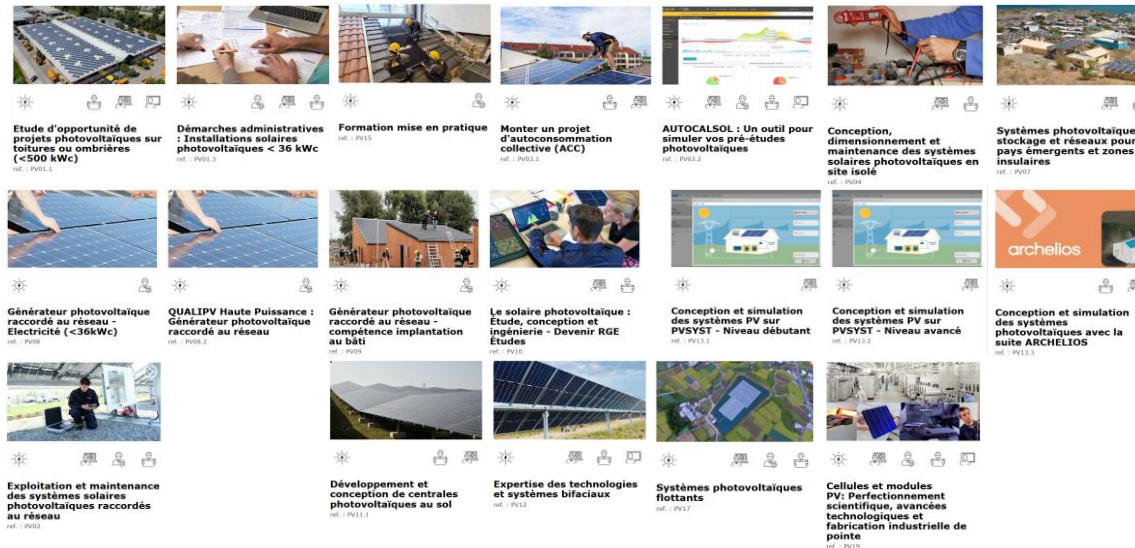
Analyse de données en bifacial (2025)



Audits de centrales PV en Haute-Savoie (2025)

Catalogue des formations PV

- ▶ Conseil, dimensionnement, installation, exploitation, maintenance, ...
 - 35 formations PV au [catalogue](#) (présentiel, classe-virtuelle, e-learning)
 - 2 000m² de plateaux techniques et pédagogiques
 - Formations courtes, longues, certifiantes, sur-mesure

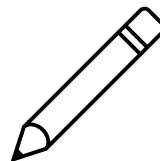


Thématique du solaire flottant

- ▶ **Formation** PV flottant – 3 journées techniques
 - Développement / Dimensionnement / Réalisation
 - Viste d'une centrale FPV (Montmélian)
 - Intervenants multiples (ancrage, enjeux enviro.)
- ▶ **8 sessions** organisées depuis 2022
 - ≈ 100 professionnels formés aux enjeux du FPV
 - Une diversité de profils parmi les participants (max. 12 / session)



Collectivités territoriales



Bureaux d'études



Développeurs



EPCistes

Observations de la filière

- ▶ Ouverture d'un « portefeuille flottant » chez beaucoup de dév.
- ▶ Professionnalisation croissante
- ▶ Spécificité du productible FPV
- ▶ Attentes sur les REX en phase chantier et phase exploitation
- ▶ Diversification des modèles de valorisation du kWh solaire

Merci pour votre attention

Antoine DIZIER – Expert photovoltaïque

antoine.dizier@ines-solaire.org



HOWARD

LES PPV FLOTTANTS

27/11/2025

Howden Group

Un courtier international

Chez Howden, nous travaillons pour vous. Nous sommes pleinement indépendants. Nous existons pour trouver les solutions qui vous conviennent le mieux, quels que soient votre taille, votre secteur ou votre besoin.

The background of the entire page is an aerial photograph of the London skyline. The Shard, a tall, glass-clad skyscraper, is the central focus, rising above the surrounding city. Other notable buildings like the HSBC tower and the Lloyd's building are visible. The city extends to the horizon under a cloudy sky.

HOWDEN

Chiffres clés Groupe

1994

créé à Londres
par David Howden

3mds £

de chiffre d'affaires

45mds \$

de primes gérées
par Howden Group

22 000+

collaborateurs

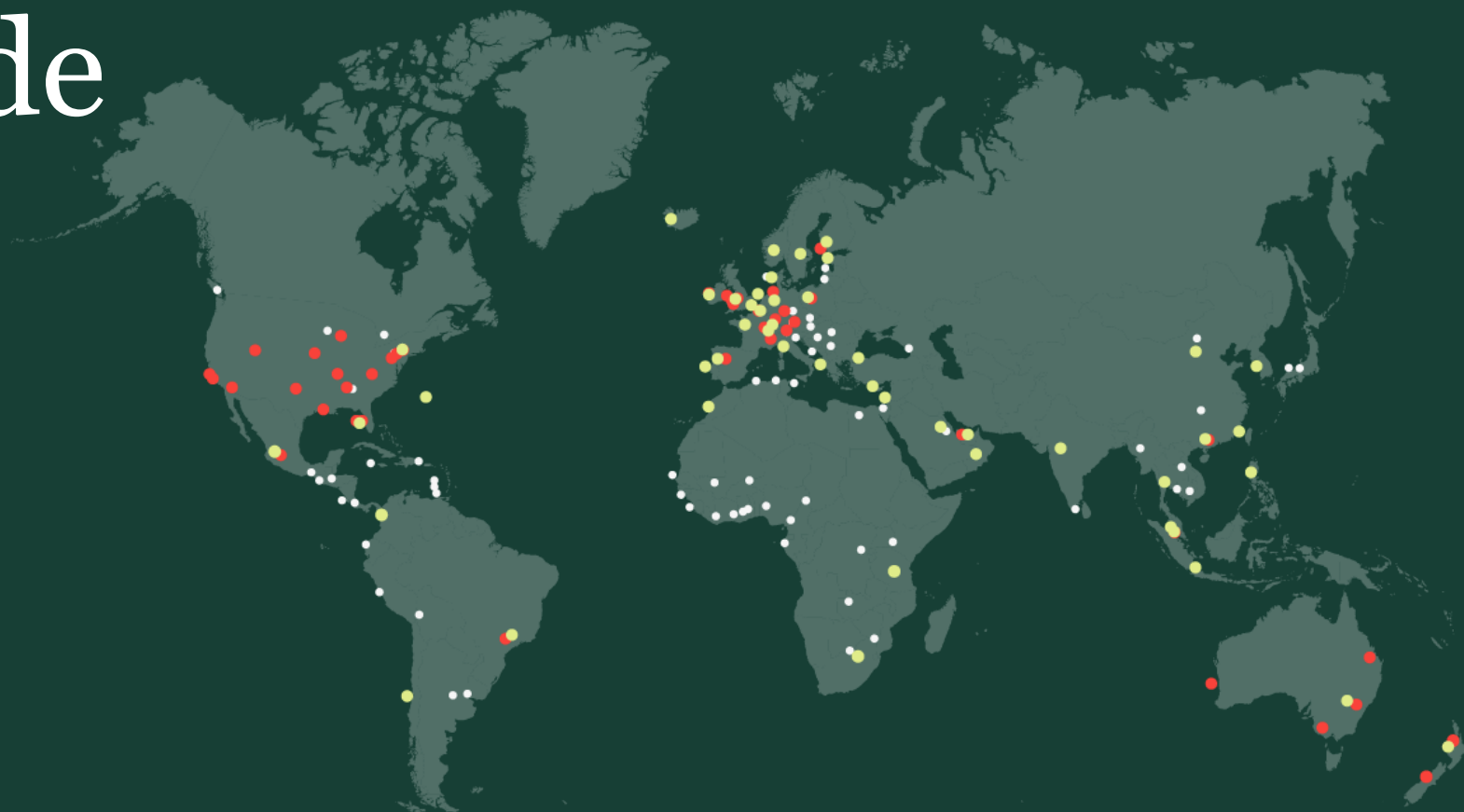
Nos implantations dans le monde

300 bureaux

115+ pays couverts

dont **55** directement

et **50** via Howden One



FOCUS SUR LE MARCHE DE L'ASSURANCES POUR LES PPV FLOTTANTS

12

Nous rassemblons des techniciens reconnus pour leur expertise et expérience au bénéfice entreprises du secteur de l'Energie



Quelles activités ?

- Fabricant
- Exploitant

Quelles localisations ?

- Offshores
- Plans d'eau artificiels et naturels.

Nos références ?

- Concepteurs et producteurs local de production pour l'eau et l'énergie verte, France
- Chantiers, montage essai, Pays-Bas
- Offshore, Japon, Finlande, UK, USA, Pologne, Asie, Taiwan.



HOWDEN



Merci pour votre attention !

Restons en contact

Valentin MAILLOT

Chargé de mission Innovation

Valentin.maillot@tenerdis.fr

07 71 44 40 30

Quentin MOREL

Chargé de communication

Quentin.morel@tenerdis.fr

06 18 38 03 19



Polytec · 19 rue des Berges · CS 90064 · 38024 Grenoble Cedex 1
Tél. +33 4 76 51 85 34 · contact@tenerdis