



# DermaCube

Plateforme intelligente pour la culture de peau

Dossier Projet Complet

## Problématique du hackathon :

*« Comment développer un système permettant de maintenir les conditions nécessaires à la culture de peau ? »*



Hackathon Owl Lifesciences

Janvier 2026

# Contents

---

<b>1</b>	<b>Executive Summary</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Le Problème</b>	<b>4</b>
2.1	Contexte : la culture de peau, un enjeu majeur . . . . .	4
2.2	Les difficultés actuelles . . . . .	4
2.2.1	Cause principale : l'interface air-liquide (ALI) . . . . .	4
2.2.2	Autres paramètres critiques mal contrôlés . . . . .	5
2.3	Conséquences économiques . . . . .	5
2.4	Pourquoi le problème n'est pas résolu ? . . . . .	5
<b>3</b>	<b>La Solution : DermaCube</b>	<b>6</b>
3.1	Vision produit . . . . .	6
3.2	Architecture du système . . . . .	6
3.3	Composants détaillés . . . . .	6
3.3.1	1. Enceinte de culture intelligente . . . . .	6
3.3.2	2. Chambre microfluidique (consommable) . . . . .	7
3.3.3	3. Logiciel et intelligence artificielle . . . . .	7
3.4	Fonctionnement de l'automatisation ALI . . . . .	8
3.5	Différenciation concurrentielle . . . . .	8
<b>4</b>	<b>Proof of Concept (PoC)</b>	<b>9</b>
4.1	Objectif du PoC . . . . .	9
4.2	Architecture technique du PoC . . . . .	9
4.3	Modèle physique simulé . . . . .	9
4.3.1	Équations du modèle . . . . .	9
4.3.2	Algorithme de contrôle . . . . .	10
4.4	Fonctionnalités du dashboard . . . . .	10
4.5	Scénarios de démonstration . . . . .	10
4.6	Technologies utilisées . . . . .	11
4.7	Livrables du PoC . . . . .	11
<b>5</b>	<b>Analyse de Marché</b>	<b>12</b>
5.1	Marché global . . . . .	12
5.2	Moteurs de croissance . . . . .	12
5.3	Segmentation du marché cible . . . . .	12
5.4	Concurrence . . . . .	12
5.4.1	Concurrents directs . . . . .	12
5.4.2	Notre positionnement . . . . .	13
<b>6</b>	<b>Modèle Économique</b>	<b>14</b>
6.1	Sources de revenus . . . . .	14
6.2	Grille tarifaire . . . . .	14
6.3	Valeur vie client (LTV) . . . . .	14
6.4	Projections financières . . . . .	15
6.5	Besoins de financement . . . . .	15
<b>7</b>	<b>Réglementation et Conformité</b>	<b>16</b>
7.1	Cadre réglementaire applicable . . . . .	16
7.2	Avantage réglementaire . . . . .	16
7.3	Propriété intellectuelle . . . . .	16

<b>8 Roadmap</b>	<b>17</b>
8.1 Planning de développement . . . . .	17
8.2 Jalons clés . . . . .	17
<b>9 Équipe</b>	<b>17</b>
<b>10 Annexes</b>	<b>18</b>
10.1 Glossaire . . . . .	18
10.2 Références . . . . .	18

## 1 Executive Summary

### En bref

**DermaCube** est une plateforme intégrée de culture de peau combinant une enceinte de culture intelligente, des chambres microfluidiques et un logiciel d'analyse prédictive. Notre solution automatise le maintien des conditions critiques, notamment l'interface air-liquide (ALI), pour garantir la reproductibilité et réduire les échecs de culture.

<b>Problème</b>	La culture de peau <i>in vitro</i> échoue fréquemment (30-50%) à cause de la difficulté à maintenir des conditions stables, notamment l'interface air-liquide
<b>Solution</b>	Système tout-en-un : enceinte dédiée + microfluidique + IA prédictive
<b>Marché cible</b>	Laboratoires de recherche, industrie cosmétique, CROs, pharma dermatologique
<b>Taille du marché</b>	Organoïdes/sphéroïdes : 516 M\$ (2021) → 1.2 Md\$ (2031)
<b>Modèle économique</b>	Équipement + consommables récurrents + SaaS
<b>Avantage compétitif</b>	Première solution intégrée dédiée 100% à la culture de peau
<b>PoC</b>	Simulation interactive démontrant l'automatisation de l'ALI

## 2 Le Problème

### 2.1 Contexte : la culture de peau, un enjeu majeur

La peau cultivée *in vitro* est devenue indispensable pour :

- **L'industrie cosmétique** : Depuis 2013, l'Union Européenne interdit les tests sur animaux pour les cosmétiques. Les entreprises doivent utiliser des modèles de peau reconstruite.
- **La recherche pharmaceutique** : Tests de pénétration cutanée, toxicité, efficacité de traitements dermatologiques.
- **La médecine régénérative** : Greffes pour les grands brûlés, traitement des plaies chroniques.
- **La médecine personnalisée** : Modèles dérivés des cellules du patient pour prédire les réponses aux traitements.

### 2.2 Les difficultés actuelles

#### Le taux d'échec des cultures

Les laboratoires rapportent des taux d'échec de **30 à 50%** sur leurs cultures de peau. Chaque échec représente :

- 2-4 semaines de travail perdues
- 500-2000€ de réactifs et consommables
- Des retards dans les projets de recherche
- Une variabilité qui compromet la reproductibilité des résultats

#### 2.2.1 Cause principale : l'interface air-liquide (ALI)

La culture de peau fonctionnelle nécessite une **interface air-liquide** : la face supérieure de l'épiderme doit être exposée à l'air tandis que la face inférieure reste en contact avec le milieu nutritif.

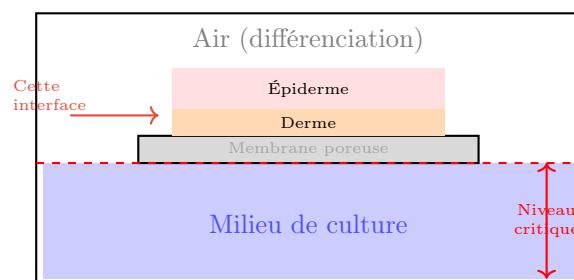


Figure 1: Schéma de l'interface air-liquide (ALI) en culture de peau

**Le problème** : Ce niveau de milieu doit être maintenu constant malgré :

- L'évaporation continue (0.5-1 mL/jour)
- La consommation par les cellules
- Les variations lors des changements de milieu

**Aujourd’hui** : Les techniciens ajustent manuellement le niveau 1-2 fois par jour, ce qui est :

- Imprécis et variable selon l’opérateur
- Insuffisant (l’évaporation est continue)
- Source de contamination (ouvertures répétées)

### 2.2.2 Autres paramètres critiques mal contrôlés

Paramètre	Valeur cible	Problème actuel
Température	32-37°C selon protocole	Fluctuations lors des ouvertures
CO <sub>2</sub>	5%	Perte lors des manipulations
Humidité	>90%	Difficile à maintenir, cause d’évaporation
pH	7.2-7.4	Dérive entre les changements de milieu
O <sub>2</sub> dissous	Variable selon le tissu	Rarement mesuré, nécrose centrale

Table 1: Paramètres critiques et problèmes associés

## 2.3 Conséquences économiques

### Impact financier des échecs

Pour un laboratoire réalisant 100 cultures de peau par an :

- Taux d’échec moyen : 40%
- Coût par culture : 1 500€ (réactifs + temps technicien)
- **Pertes annuelles : 60 000€**

Sans compter les retards de projets, la perte de crédibilité scientifique, et le stress des équipes.

## 2.4 Pourquoi le problème n’est pas résolu ?

1. **Incubateurs génériques** : Les incubateurs standard sont conçus pour la culture 2D classique, pas pour les besoins spécifiques de la peau (ALI, température cutanée).
2. **Solutions partielles** : Il existe des systèmes de perfusion ou des capteurs, mais aucune solution intégrée pensée spécifiquement pour la peau.
3. **Coût des systèmes organ-on-chip** : Les plateformes microfluidiques existantes coûtent 50-100k€ et nécessitent une expertise pointue.
4. **Manque de standardisation** : Chaque labo a ses protocoles "maison", rendant difficile le développement d’outils universels.

### 3 La Solution : DermaCube

#### 3.1 Vision produit

##### Notre proposition de valeur

**DermaCube** est la première plateforme intégrée dédiée à la culture de peau, combinant :

1. Une **enceinte de culture intelligente** optimisée pour les conditions cutanées
2. Des **chambres microfluidiques** assurant le maintien automatique de l'ALI
3. Un **logiciel d'analyse prédictive** pour anticiper les problèmes

**Résultat** : Réduction du taux d'échec de 40% à moins de 10%, reproductibilité garantie.

#### 3.2 Architecture du système

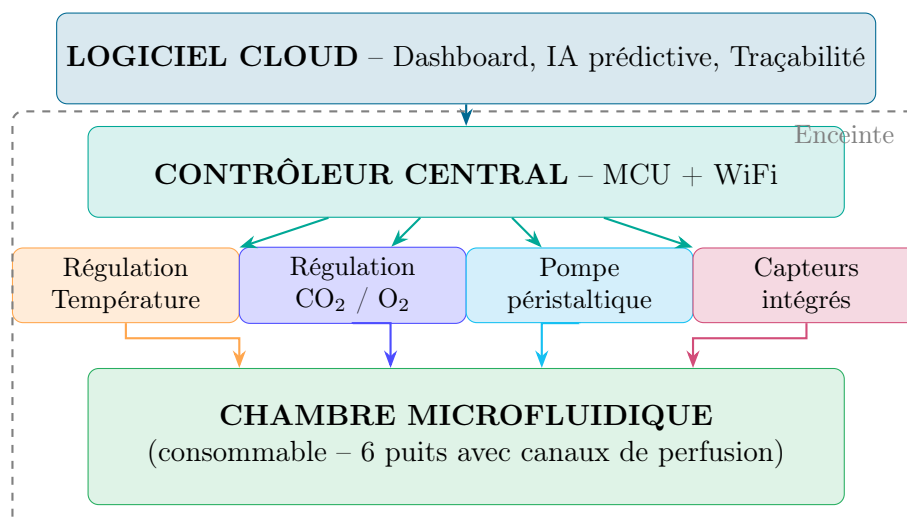


Figure 2: Architecture du système DermaCube

#### 3.3 Composants détaillés

##### 3.3.1 1. Enceinte de culture intelligente

Caractéristique	Description
Température	Régulation 32-37°C ( $\pm 0.1^\circ\text{C}$ ), mode "peau" à 33°C
CO <sub>2</sub>	Injection contrôlée, maintien à 5% ( $\pm 0.1\%$ )
Humidité	Système actif, maintien >95%
Stérité	Flux laminaire intégré, filtration HEPA
Format	Compact (40x40x50 cm), compatible paillasse
Connectivité	WiFi/Ethernet, alertes SMS/email

### 3.3.2 2. Chambre microfluidique (consommable)

Innovation centrale du système :

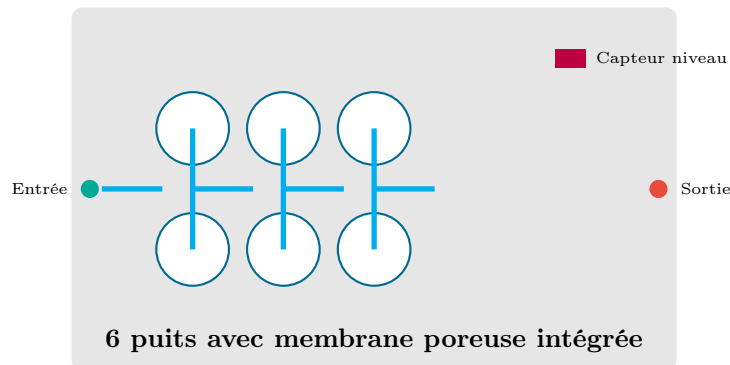


Figure 3: Schéma de la chambre microfluidique

#### Caractéristiques :

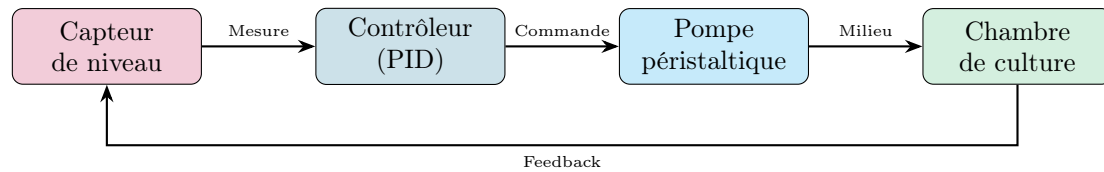
- 6 puits de culture avec insert poreux intégré
- Canaux microfluidiques pour perfusion du milieu par le dessous
- Capteur de niveau intégré (optique ou capacitif)
- Membrane poreuse calibrée (0.4  $\mu\text{m}$ )
- Matériau : PDMS ou COC biocompatible, stérilisable
- **Usage unique** : élimine les risques de contamination croisée

### 3.3.3 3. Logiciel et intelligence artificielle

Fonctionnalité	Description
<b>Dashboard temps réel</b>	Visualisation de tous les paramètres, alertes visuelles
<b>Contrôle automatique ALI</b>	Algorithme PID ajustant la pompe pour maintenir le niveau optimal
<b>IA prédictive</b>	Détection précoce des dérives, prédiction des échecs
<b>Traçabilité</b>	Historique complet, export pour publications et conformité
<b>Alertes</b>	Notifications push, SMS, email en cas d'anomalie
<b>Multi-utilisateurs</b>	Gestion des droits, suivi par projet/expérience



### 3.4 Fonctionnement de l'automatisation ALI



**Boucle de régulation**  
 Fréquence : 1 mesure/minute  
 Précision :  $\pm 50 \mu\text{m}$

Figure 4: Boucle de contrôle automatique de l'interface air-liquide

### 3.5 Différenciation concurrentielle

	Incubateur classique	Organ-on-chip	Systèmes DIY	DermaCube
Contrôle ALI automatique	<b>Non</b>	Partiel	Variable	<b>Oui</b>
Spécialisé peau	<b>Non</b>	<b>Non</b>	Variable	<b>Oui</b>
IA prédictive	<b>Non</b>	<b>Non</b>	<b>Non</b>	<b>Oui</b>
Prix	5-15k€	50-100k€	Variable	20-30k€
Facilité d'utilisation	+++	+	+	+++
Traçabilité intégrée	<b>Non</b>	Partiel	<b>Non</b>	<b>Oui</b>

Table 2: Comparaison avec les solutions existantes

## 4 Proof of Concept (PoC)

### 4.1 Objectif du PoC

Démontrer la faisabilité technique et la valeur ajoutée de DermaCube à travers une **simulation interactive** qui :

1. Modélise les phénomènes physiques réels (évaporation, consommation, diffusion)
2. Montre le fonctionnement de la boucle de régulation automatique
3. Compare visuellement les résultats avec/sans notre système
4. Illustre les capacités de l'IA prédictive

### 4.2 Architecture technique du PoC

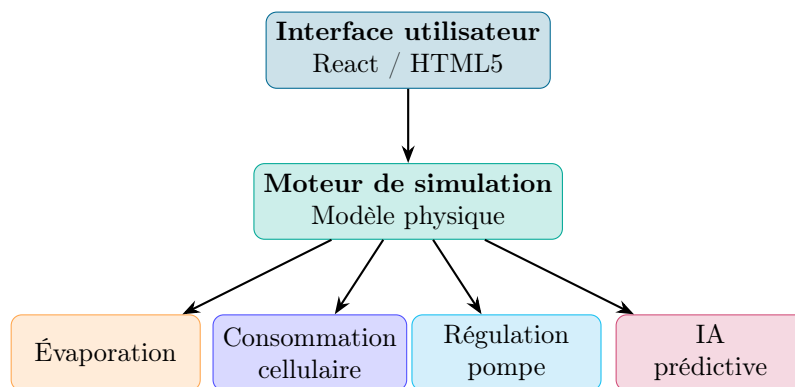


Figure 5: Architecture du PoC

### 4.3 Modèle physique simulé

#### 4.3.1 Équations du modèle

Le niveau de milieu  $V(t)$  évolue selon :

$$\frac{dV}{dt} = -k_{evap}(T, H) - k_{cons}(n_{cells}) + Q_{pump}(t) \quad (1)$$

Où :

- $k_{evap}$  : taux d'évaporation (fonction de la température  $T$  et de l'humidité  $H$ )
- $k_{cons}$  : taux de consommation (fonction du nombre de cellules  $n_{cells}$ )
- $Q_{pump}$  : débit de la pompe (variable de contrôle)

Valeurs typiques :

- Évaporation : 0.5-1 mL/jour à 90% d'humidité
- Consommation : 0.1-0.2 mL/jour pour  $10^6$  cellules
- Volume optimal ALI : 1.5 mL  $\pm$  0.1 mL par puits

### 4.3.2 Algorithme de contrôle

Régulateur PID simplifié :

$$Q_{pump}(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int_0^t e(\tau) d\tau \quad (2)$$

Avec  $e(t) = V_{cible} - V_{mesur}$

### 4.4 Fonctionnalités du dashboard

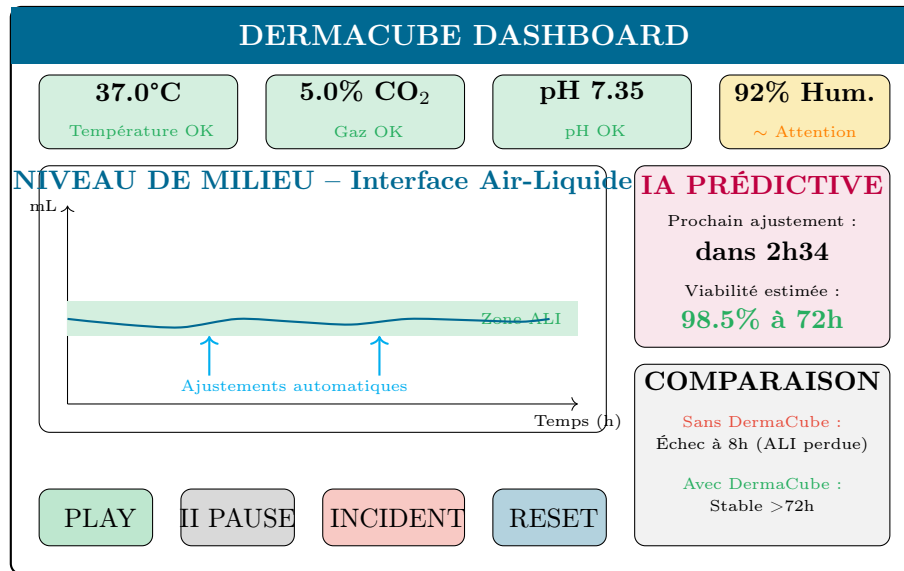


Figure 6: Maquette du dashboard interactif

### 4.5 Scénarios de démonstration

#	Scénario	Sans DermaCube	Avec DermaCube
1	Culture normale 72h	Niveau ALI dérive, échec à 24h	Niveau stable, culture réussie
2	Évaporation accélérée (humidité basse)	Échec rapide (<8h)	Compensation automatique
3	Panne de température simulée	Non détectée, culture perdue	Alerte immédiate, intervention
4	Contamination (pH qui chute)	Détection tardive	Alerte prédictive précoce

Table 3: Scénarios de démonstration du PoC

## 4.6 Technologies utilisées

Composant	Technologie
<b>Frontend</b>	React.js ou HTML5/JavaScript vanilla
<b>Visualisation</b>	Chart.js ou Recharts pour les graphiques
<b>Simulation</b>	JavaScript (calculs côté client)
<b>Style</b>	Tailwind CSS ou CSS custom
<b>Déploiement</b>	GitHub Pages ou Vercel (gratuit)

## 4.7 Livrables du PoC

1. **Application web interactive** accessible via navigateur
2. **Démonstration en direct** des 4 scénarios
3. **Code source documenté** (GitHub)
4. **Vidéo de démonstration** (backup si problème technique)

## 5 Analyse de Marché

### 5.1 Marché global

#### Chiffres clés

- **Marché des sphéroïdes et organoïdes** : 516 M\$ (2021) → 1.2 Md\$ (2031)
- **Marché de la culture cellulaire 3D** : 1.42 Md\$ (2022) → 5.29 Md\$ (2032)
- **TCAC** (taux de croissance annuel) : 12-15%
- **Marché total culture cellulaire** : 26.5 Md\$ (2023)

### 5.2 Moteurs de croissance

1. **Réglementation** : Interdiction des tests animaux (cosmétiques UE 2013, tendance mondiale)
2. **Médecine personnalisée** : Demande croissante de modèles patient-spécifiques
3. **Échecs en R&D pharma** : Besoin de modèles plus prédictifs (90% d'échec en clinique)
4. **Vieillessement de la population** : Plus de pathologies cutanées, plus de demande de soins

### 5.3 Segmentation du marché cible

Segment	Taille estimée	Besoin principal	Potentiel
Industrie cosmétique	500+ entreprises EU	Tests réglementaires, R&D	<b>Très élevé</b>
Pharma dermatologie	200+ entreprises	Drug screening, toxicité	<b>Élevé</b>
Recherche académique	1000+ labos EU	Publications, reproductibilité	<b>Moyen</b>
CROs (sous-traitance)	100+ entreprises	Capacité, standardisation	<b>Élevé</b>
Médecine régénérative	Émergent	Greffes, thérapie cellulaire	<b>Long terme</b>

Table 4: Segments de marché cibles

### 5.4 Concurrence

#### 5.4.1 Concurrents directs

Actuellement, **aucune solution intégrée dédiée à la peau** n'existe sur le marché. Les acteurs proposent des solutions partielles :

Acteur	Produit	Limitation
Thermo Fisher	Incubateurs standards	Pas de contrôle ALI
Eppendorf	Bioréacteurs	Pas adaptés à la peau, chers
Emulate / TissueUse	Organ-on-chip	Génériques, très chers (>50k€)
Sartorius (Incucyte)	Monitoring par imagerie	Pas de contrôle actif

#### 5.4.2 Notre positionnement

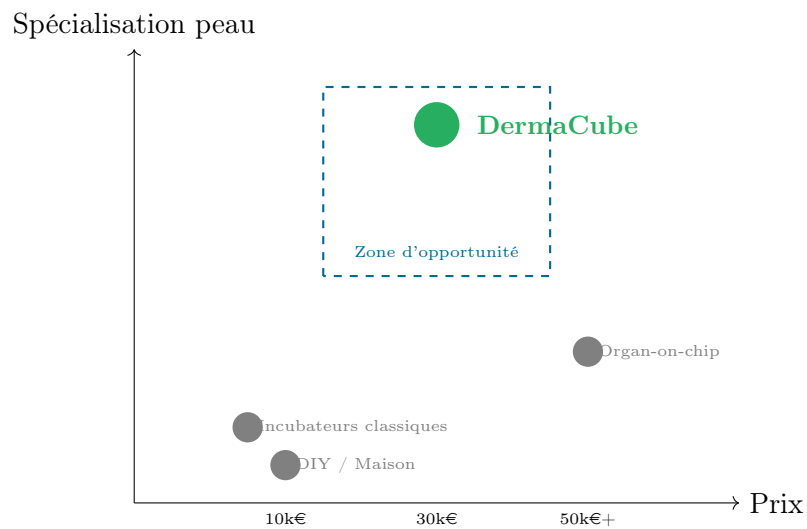


Figure 7: Positionnement concurrentiel

## 6 Modèle Économique

### 6.1 Sources de revenus

Notre modèle combine trois sources de revenus complémentaires :

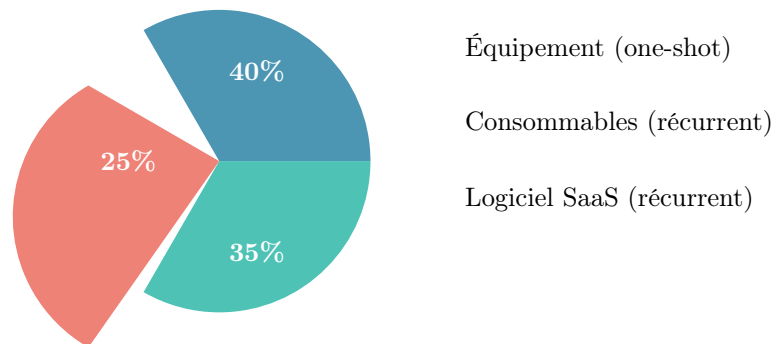


Figure 8: Répartition des revenus (cible année 3)

### 6.2 Grille tarifaire

Produit	Prix unitaire	Marge brute	Commentaire
<i>Équipement</i>			
Enceinte DermaCube	25 000 €	50%	Vente one-shot
Installation + Formation	2 000 €	70%	Service inclus ou facturé
<i>Consommables</i>			
Chambre microfluidique (x10)	150 €	65%	Récurrent, 2-4 boîtes/mois/client
Kit de calibration	50 €	70%	Trimestriel
<i>Logiciel</i>			
Abonnement Basic	200 €/mois	85%	Dashboard, alertes
Abonnement Pro	400 €/mois	85%	+ IA prédictive, rapports
Abonnement Enterprise	Sur devis	80%	Multi-sites, API, support dédié

Table 5: Grille tarifaire prévisionnelle

### 6.3 Valeur vie client (LTV)

#### Calcul LTV sur 5 ans

- Équipement : 25 000 € (année 1)
- Consommables :  $150\text{€} \times 3 \text{ boîtes} \times 12 \text{ mois} \times 5 \text{ ans} = 27\,000 \text{ €}$
- SaaS Pro :  $400\text{€} \times 12 \text{ mois} \times 5 \text{ ans} = 24\,000 \text{ €}$

- **LTV total : 76 000 € par client**

## 6.4 Projections financières

	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Clients cumulés	5	20	50	100	180
CA Équipement	125k€	375k€	750k€	1.25M€	2M€
CA Consommables	27k€	108k€	270k€	540k€	972k€
CA SaaS	24k€	96k€	240k€	480k€	864k€
<b>CA Total</b>	<b>176k€</b>	<b>579k€</b>	<b>1.26M€</b>	<b>2.27M€</b>	<b>3.84M€</b>
Marge brute	45%	50%	55%	58%	60%

Table 6: Projections financières sur 5 ans

## 6.5 Besoins de financement

Phase	Montant	Utilisation
Amorçage (18 mois)	500k€	R&D, prototypes, certifications
Série A (24 mois)	2M€	Industrialisation, équipe commerciale



## 7 Réglementation et Conformité

### 7.1 Cadre réglementaire applicable

Réglementation	Application à DermaCube
<b>Marquage CE</b>	Obligatoire pour commercialisation en Europe (directive machines / dispositifs de laboratoire)
<b>ISO 13485</b>	Système de management de la qualité pour dispositifs médicaux (si application clinique)
<b>GCCP 2.0</b>	Good Cell Culture Practice – notre logiciel facilitera la conformité
<b>Directive 2010/63/EU</b>	Protection des animaux – DermaCube comme alternative
<b>REACH</b>	Conformité des matériaux utilisés

### 7.2 Avantage réglementaire

Notre système facilite la conformité des utilisateurs :

- **Traçabilité automatique** : Historique complet des paramètres de culture
- **Export de rapports** : Format compatible avec les exigences réglementaires
- **Audit trail** : Enregistrement des actions utilisateurs
- **Validation des méthodes** : Données pour démontrer la reproductibilité

### 7.3 Propriété intellectuelle

Éléments potentiellement brevetables :

1. Design de la chambre microfluidique avec capteur de niveau intégré
2. Algorithme de régulation automatique de l'ALI
3. Méthode de prédiction de viabilité par IA

## 8 Roadmap

### 8.1 Planning de développement

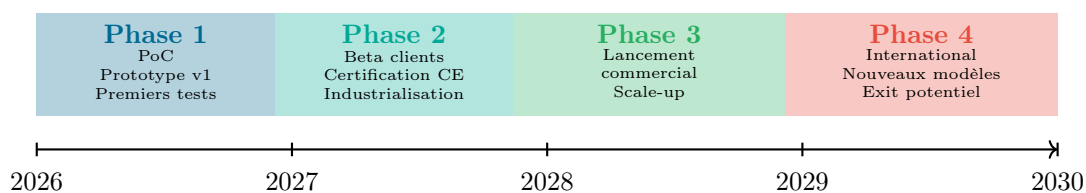


Figure 9: Roadmap de développement

### 8.2 Jalons clés

Date	Jalon	Statut
<b>Q1 2026</b>	PoC logiciel (simulation)	En cours
<b>Q2 2026</b>	Prototype hardware v1	Planifié
<b>Q4 2026</b>	Tests avec 3 labos partenaires	Planifié
<b>Q2 2027</b>	Certification CE	Planifié
<b>Q3 2027</b>	Lancement commercial France	Planifié
<b>Q1 2028</b>	Expansion Europe	Planifié
<b>2029+</b>	Expansion internationale	Vision

## 9 Équipe

### Section à compléter

Présenter ici les membres de l'équipe du hackathon :

- Nom, formation, compétences clés
- Rôle dans le projet
- Pourquoi cette équipe est légitime pour ce projet

## 10 Annexes

### 10.1 Glossaire

Terme	Définition
<b>ALI</b>	Air-Liquid Interface – Interface air-liquide, configuration de culture où les cellules sont exposées à l’air sur leur face apicale
<b>iPSC</b>	Induced Pluripotent Stem Cells – Cellules souches pluripotentes induites
<b>GCCP</b>	Good Cell Culture Practice – Bonnes pratiques de culture cellulaire
<b>Organoïde</b>	Structure 3D dérivée de cellules souches reproduisant l’architecture d’un organe
<b>PDMS</b>	Polydiméthylsiloxane – Polymère biocompatible utilisé en microfluidique
<b>Kératinocyte</b>	Type cellulaire principal de l’épiderme
<b>Fibroblaste</b>	Type cellulaire principal du derme
<b>CRO</b>	Contract Research Organization – Société de recherche sous contrat

### 10.2 Références

1. *Current Trends & Innovations in 3D Organoids*, Labiotech.eu / Sartorius, Septembre 2024
2. Smirnova et al., *Organoid Intelligence (OI)*, ALTEX 40(2), 2023
3. Shin et al., *One-Step Drug Screening System*, Advanced Science, 2025
4. Pamies et al., *GCCP 2.0*, ALTEX 39, 2022
5. Directive 2010/63/EU sur la protection des animaux
6. Règlement (CE) 1223/2009 sur les produits cosmétiques

**DermaCube**

*La culture de peau, enfin maîtrisée.*

Contact : [à compléter]