REPOBLIKAN'I MADAGASIKARA
Fitiavana - Tanindrazana - Fandrosoana

ANALYSE ET PRIORISATION

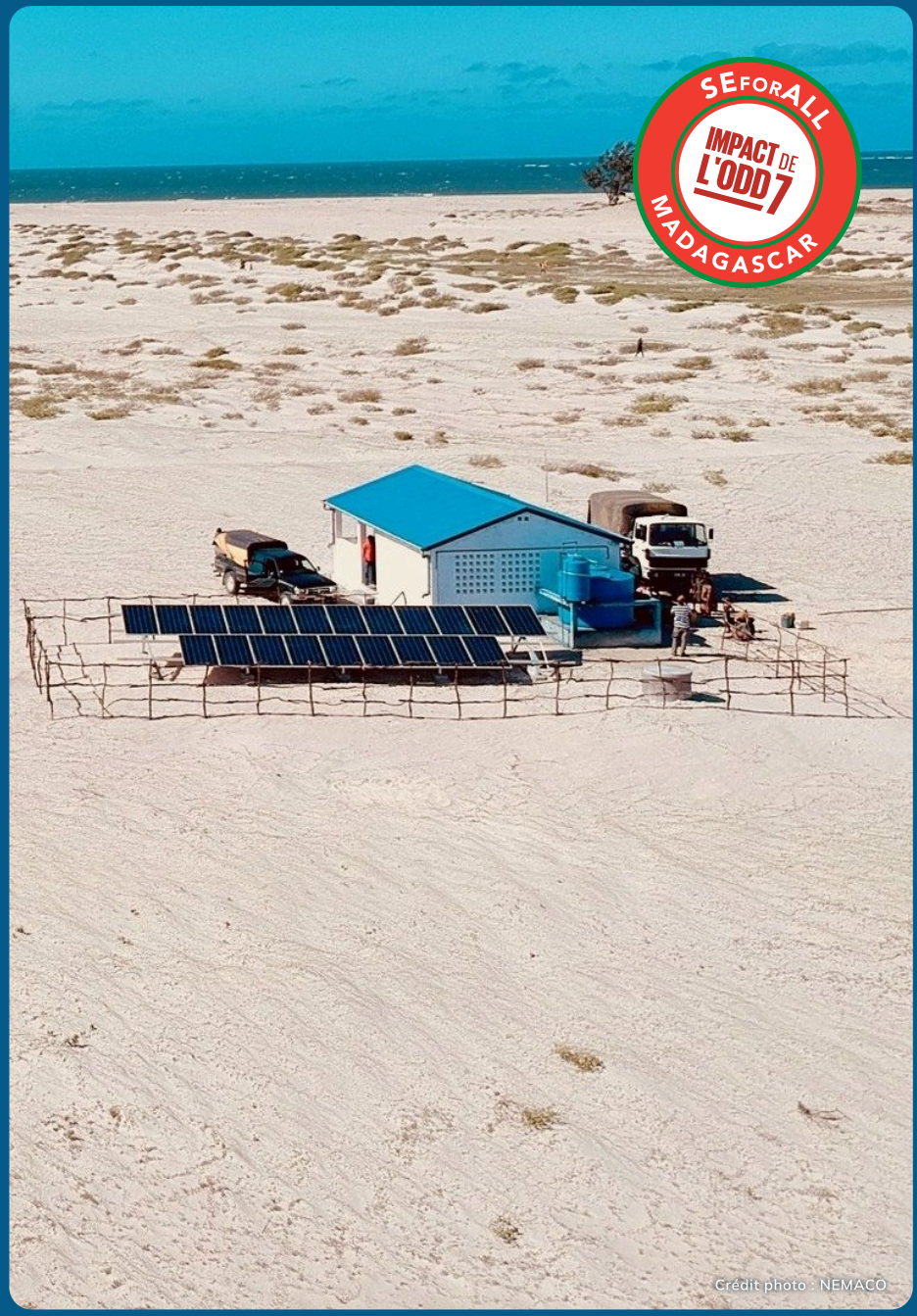
DE LA CHAÎNE DE FROID POUR LES SECTEURS AGRICOLE ET HALIEUTIQUE

AGCAP MADAGASCAR

SUSTAINABLE ENERGY FOR ALL

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Agency for Development and Cooperation SDC



Crédit photo : NEMACO

AVIS DE NON-RESPONSABILITÉ

SEforALL a pris toutes les précautions raisonnables pour vérifier la fiabilité des informations contenues dans la présente publication. Ni SEforALL, ni aucun de ses représentants, agents ou fournisseurs de données ne donnent de garantie, expresse ou implicite, et ils déclinent toute responsabilité quant aux conséquences de l'utilisation de cette publication ou des informations qu'elle contient. Cette publication a bénéficié en partie du soutien financier de la Direction du développement et de la coopération suisse (DDC). Toutefois, les opinions qui y sont exprimées ne reflètent pas nécessairement les politiques de la DDC, de la Confédération suisse ou de tout autre partenaire financier de SEforALL. Les appellations employées et la présentation des informations dans la présente publication n'impliquent, de la part de SEforALL, aucune prise de position quant au statut juridique d'une région, d'un pays, d'un territoire, d'une ville ou d'une zone quelconque, ni de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites territoriales. Le contenu de cet ouvrage est protégé par le droit d'auteur. SEforALL encourageant la diffusion de ses connaissances, le présent ouvrage peut être reproduit, en tout ou en partie, à des fins non commerciales, sous réserve que la source soit dûment mentionnée.

RAPPORTS CONNEXES



Madagascar – Rapport de synthèse sur la chaîne de froid

Ce rapport de synthèse présente les résultats de l'évaluation et de l'analyse de haut niveau de l'utilisation et des capacités de la chaîne de froid, de l'évaluation des besoins énergétiques des installations, ainsi que des recommandations pour une gestion efficace de la chaîne de froid dans les secteurs médical et agricole à Madagascar, dans le cadre du Plan Energétique Intégré (PEI).

TÉLÉCHARGER ICI



Madagascar – Rapport de synthèse sur l'électrification

Ce rapport de synthèse présente les scenarios d'électrification au moindre coût permettant à Madagascar d'atteindre l'accès universel à l'électricité. Il contient des informations géospatiales exploitables sur les options technologiques et les usages finaux de l'énergie, afin d'éclairer la prise de décision des acteurs publics, des bailleurs de fonds, du secteur privé et des organisations de la société civile.

TÉLÉCHARGER ICI



Les rapports techniques complets relatifs à toutes les composantes du Plan Energétique Intégré (PEI) de Madagascar sont disponibles en téléchargement ici

TABLE DES MATIÈRES

1. Chaînes de froid agricoles 5

Les défis de la chaîne de froid Agricole et halieutique à Madagascar 6
Sur la base de l'analyse de la chaîne de froid du PEI de Madagascar 7
Objectifs et méthodologie de l'analyse AgCAP 8
Aperçu des axes de travail et des résultats 9
Mobilisation et validation avec les parties prenantes 10
État des chaînes de froid agricoles à Madagascar 11
Technologies et modèles de distribution 12
Contexte politique et des données 13

2. L'approche AgCAP 14

Méthodologie : aperçu de l'analyse AgCAP 15
Méthodologie : collecte des données 16
Méthodologie : unités d'analyse spatiale 17
Méthodologie : indices de potentiel de refroidissement et priorisation 18
La plateforme AgCAP Insights 19

3. Analyses nationales et locales 20

Activités agricoles et halieutiques à Madagascar 21
Potentiel de refroidissement à l'échelle nationale 22
Étude de cas 1 : Refroidissement durable pour la pêche artisanale 24
Étude de cas 2 : Refroidissement agricole dans les localités hors réseau 25
Validation des sites : Étude de préfaisabilité sur 10 sites identifiés par AgCAP 26
Résultats de préfaisabilité : sites de pêche (1 sur 3) 27
Résultats de préfaisabilité : sites de pêche (2 sur 3) 28
Résultats de préfaisabilité : sites de pêche (3 sur 3) 29
Résultats de préfaisabilité : sites agricoles (1 sur 2) 30
Résultats de préfaisabilité : sites agricoles (2 sur 2) 31

4. Quelles sont les prochaines étapes ? 32

Conclusions 33
Recommandations 34







CHAPITRE UN

CHAÎNES DE FROID AGRICOLES

LES DÉFIS DE LA CHAÎNE DE FROID AGRICOLE ET HALIEUTIQUE À MADAGASCAR

Selon les estimations, plus de 30 % des produits périssables récoltés dans les principales chaînes de valeur de Madagascar sont perdus en raison de leur détérioration. Il s'agit d'une opportunité majeure manquée, car l'accès à des solutions de refroidissement durables et à l'énergie pourrait améliorer considérablement la sécurité alimentaire, les moyens de subsistance en milieu rural et les économies locales.

Les difficultés liées à l'insuffisance des chaînes de froid agricoles en Afrique subsaharienne sont bien connues. Pourtant, le manque persistant de données fiables permettant d'orienter les investissements continue de freiner le financement. La demande en refroidissement est difficile à estimer ; le choix des sites appropriés dépend de nombreux facteurs ; et les projets destinés aux communautés qui en bénéficieraient le plus sont souvent considérés comme moins bancables.

À Madagascar, ces contraintes viennent s'ajouter aux deux défis structurels relevés dans l'ensemble du Plan Energétique Integré (PEI) : l'accès limité à une électricité fiable et le développement insuffisant des infrastructures.

Du point de vue de l'accès à l'énergie, les utilisations productives de l'énergie (UPE), telles que le refroidissement, peuvent accroître les retombées et la viabilité économique de l'électrification rurale, tout en réduisant les pertes post-récolte et en renforçant la sécurité alimentaire et la résilience climatique.

Ce rapport présente une analyse nationale du potentiel de refroidissement durable dans les chaînes de valeur des secteurs de l'agriculture et de la pêche de Madagascar. Cette étude, menée par Sustainable Energy for All (SEforALL) en partenariat avec le Gouvernement de Madagascar (GoM), vise à orienter les investissements dans la chaîne de froid.

Le développement efficace des chaînes de froid agricole et halieutique se heurte à plusieurs défis :

ACCÈS À L'ÉLECTRICITÉ
Le manque d'accès à une alimentation électrique fiable constitue un obstacle majeur à la mise en place de chaînes de froid à Madagascar.

DONNÉES ET ÉLÉMENTS PROBANTS
Le manque de données détaillées permettant d'orienter les investissements sur le potentiel de refroidissement et les sites appropriés freine le financement du déploiement de la chaîne de froid.

FINANCEMENT ET INVESTISSEMENT
L'accès insuffisant au financement et aux opportunités d'investissement limite l'expansion et la modernisation de la chaîne de froid agricole.

TECHNOLOGIES ET ÉQUIPEMENTS
L'indisponibilité, le coût élevé ou le inaccessibilité des technologies et des équipements aggravent encore les défaillances de la chaîne de froid.

SENSIBILISATION ET FORMATION
Le manque de sensibilisation et de savoir-faire technique en matière de gestion de la chaîne de froid.

INFRASTRUCTURES
L'insuffisance des installations et des infrastructures de stockage frigorifique et de transport dans l'ensemble du pays.

SUR LA BASE DE L'ANALYSE DE LA CHAÎNE DE FROID DU PEI DE MADAGASCAR

Le volet « chaîne de froid » du PEI de Madagascar a abordé la question de refroidissement durable dans les chaînes de valeur des secteurs de l'agriculture et de la pêche à travers une analyse de haut niveau du potentiel de refroidissement, fondée sur les données de production au niveau régional. Quatre chaînes de valeur prioritaires ont été identifiées et validées dans le cadre du PEI : la pomme de terre, la tomate, le poisson et les produits laitiers. Selon les estimations du PEI, un taux de pénétration de seulement 20 % des équipements modernes de la chaîne de froid dans ces quatre filières pourrait éviter jusqu'à 230 millions de dollars de pertes annuelles.

Pour exploiter ce potentiel, Madagascar a besoin de données détaillées et d'informations exploitables afin d'orienter les investissements. L'analyse géospatiale et la priorisation de la chaîne de froid peuvent combler cette lacune en identifiant les opportunités et les sites présentant un fort potentiel d'intervention en matière de stockage frigorifique. Cette approche s'inscrit dans le cadre de l'appui à la mise en œuvre du pacte Mission 300 de Madagascar, qui a identifié la planification géospatiale fondée sur les données comme une activité prioritaire.

Pour relever ce défi, SEforALL a développé et experimenté l'outil d'analyse et de priorisation de la chaîne de froid agricole (Agricultural Cold Chain Analysis and Prioritization – AgCAP), un outil innovant, personnalisable et multicritère d'analyse de la chaîne de froid. AgCAP identifie les communautés susceptibles de bénéficier le plus des solutions de stockage frigorifique, permettant ainsi de repérer précisément les sites et d'évaluer leur viabilité commerciale afin d'éclairer les possibilités d'investissement au stade de la préfaisabilité.

En partenariat avec le Gouvernement de Madagascar, SEforALL a déployé AgCAP dans le cadre d'un projet pilote national, en étroite collaboration avec un groupe de travail réunissant les ministères et organismes publics concernés à l'intersection de l'agriculture, de la pêche, de l'industrie et de l'énergie. Le projet pilote a adopté une démarche itérative et participative, associant consultations des parties prenantes, collecte de données et validation du modèle afin de garantir la fiabilité des résultats. Le présent rapport expose la méthodologie, les résultats et les recommandations issus de ce déploiement.

INITIATIVES EN COURS DES PARTENAIRES :

- Plusieurs organisations internationales, notamment le PAM et la FAO, ont installé ou réhabilité des chambres froides accessibles aux utilisateurs ainsi que des machines à glace afin de réduire les pertes alimentaires dans la chaîne de valeur de la pêche.
- D'autres partenaires, notamment le WWF, le PNUD et la BAD, œuvrent à l'amélioration des conditions de vie des communautés de pêcheurs ou ont lancé des programmes d'accès à l'énergie.
- La plupart des interventions sont concentrées dans trois régions du sud de Madagascar présentant un risque élevé d'insécurité alimentaire, étudiées dans l'étude de cas consacrée à la pêche dans le présent rapport.

OBJECTIFS ET MÉTHODOLOGIE DE L'ANALYSE AGCAP

ETAPE 1: COLLECTE DE DONNEES

- Mise en commun d'ensembles de données géospatiales et non spatiales accessibles à tous, complétées par des données spécifiques à chaque pays provenant des acteurs gouvernementaux concernés.

ÉTAPE 2 : UNITÉS D'ANALYSE SPATIALE

- Définition des localités en tant qu'unité d'analyse et recensement des caractéristiques de chaque localité et de sa zone de rayonnement.

ÉTAPE 3 : INDICES DE POTENTIEL DE REFROIDISSEMENT

- Élaboration d'indices composites normalisés reflétant le potentiel de refroidissement pour l'agriculture et la pêche dans différents segments de marché.

ÉTAPE 4 : PRIORISATION MULTICRITÈRES

- Filtrage, pondération et classement des localités en fonction de critères spécifiques à chaque cas d'utilisation afin de définir les sites prioritaires.

Remarque : les chaînes de valeur des produits laitiers et de la viande n'ont pas été prises en compte en raison de l'absence de données sectorielles harmonisées.

CULTURES CONCERNÉES

- Bananes, plantains, agrumes, fruits tropicaux et tempérés, manioc, igname et autres tubercules, pommes de terre, patates douces, tomates, oignons et autres légumes.
- Pêche maritime et pêche en eaux intérieures, via des indicateurs indirects.

OBJECTIFS

- Identifier les zones prioritaires en matière de refroidissement dans les secteurs Agricole et halieutique au niveau des localités.
- Établir une liste restreinte d'opportunités d'investissement à fort potentiel, fondées sur des données probantes.
- Améliorer les données relatives à l'indice UPE sur les plateformes de données gouvernementales.

Remarque : la description méthodologique complète d'AgCAP est disponible sur le site web de **SEforALL.**



Crédit photo : NEMACQ

APERÇU DES AXES DE TRAVAIL ET DES RÉSULTATS

Tableau 1 : Aperçu des axes de travail, de leur portée et des résultats d'AgCAP

AXE DE TRAVAIL	DESCRIPTION ET RESULTATS
Axe de travail n° 1 : principaux points de refroidissement agricole à l'échelle nationale	Couverture nationale des chaînes de valeur horticole et halieutique, avec une attention initiale portée à l'adéquation des sites pour les chaînes de valeur prioritaires dans le PEI ; analyse au niveau des localités, adaptable au niveau communautaire. **Résultats** : (1) un ensemble de données géospatiales sur le potentiel de refroidissement lié à l'agriculture et à la pêche pour chaque localité ; (2) un aperçu des sites les plus adaptés sur une carte interactive ; (3) une validation des principaux points identifiés grâce à la collecte de données primaires, servant de base à une analyse de préfaisabilité (présentée dans la section consacrée à la validation des sites).
Axe de travail n° 2 Étude de cas n° 1 : Refroidissement durable pour les petites entreprises de pêche	Axé sur les régions d'Atsimo-Andrefana, d'Anosy et d'Androy, où les risques d'insécurité alimentaire sont les plus élevés et où se concentrent la plupart des interventions des partenaires dans les chaînes de froid halieutique ; élaboré en partenariat avec le PAM et le WWF. **Résultats** : (1) un ensemble de données géospatiales sur le potentiel de déploiement de chambres froides pour le secteur de la pêche ; (2) une validation des emplacements par rapport aux sites de chambres froides prévus par les partenaires ; (3) un atelier de co-construction avec les parties prenantes des secteurs public, privé et des partenaires de développement.
Axe de travail 2 : Étude de cas n° 2 : le refroidissement agricole comme utilisation productive sur les sites hors réseau	Analyse axée sur les installations hors réseau, commençant par les sites de "hubs" scolaires du programme « Rapid Rural Transformation » (RRT) du PAM à Androy et Anosy, et incluant les mini-réseaux exploités par le secteur privé ainsi que les réseaux isolés de la JIRAMA, en vue d'une éventuelle extension à l'échelle nationale. **Résultats** : (1) indices de potentiel de refroidissement pour les sites hors réseau évalués ; (2) identification des chaînes de valeur susceptibles de bénéficier du stockage frigorifique sur chaque site ; (3) validation fondée sur les informations recueillies sur le terrain dans le cadre de l'analyse de préfaisabilité.

Remarque : les résultats de l'axe de travail 1 et de chaque étude de cas sont présentés dans la section « Résultats » du rapport ; la validation des sites identifiés figure dans la section consacrée à la validation des sites.

OBJET DU PRÉSENT RAPPORT :

- Ce rapport présente l'analyse AgCAP menée à Madagascar. Il comprend un aperçu du contexte de la chaîne du froid, suivi de la méthodologie AgCAP, des résultats de l'analyse nationale des zones prioritaires et des deux études de cas, de la validation des sites identifiés au moyen d'une étude de préfaisabilité, ainsi que des principales conclusions et recommandations.
- Les lecteurs souhaitant consulter les estimations régionales sous-jacentes du potentiel de refroidissement sont invités à se référer à la **composante « chaîne de froid » du PEI de Madagascar**, que la présente analyse vient compléter et affiner.

MOBILISATION ET VALIDATION AVEC LES PARTIES PRENANTES

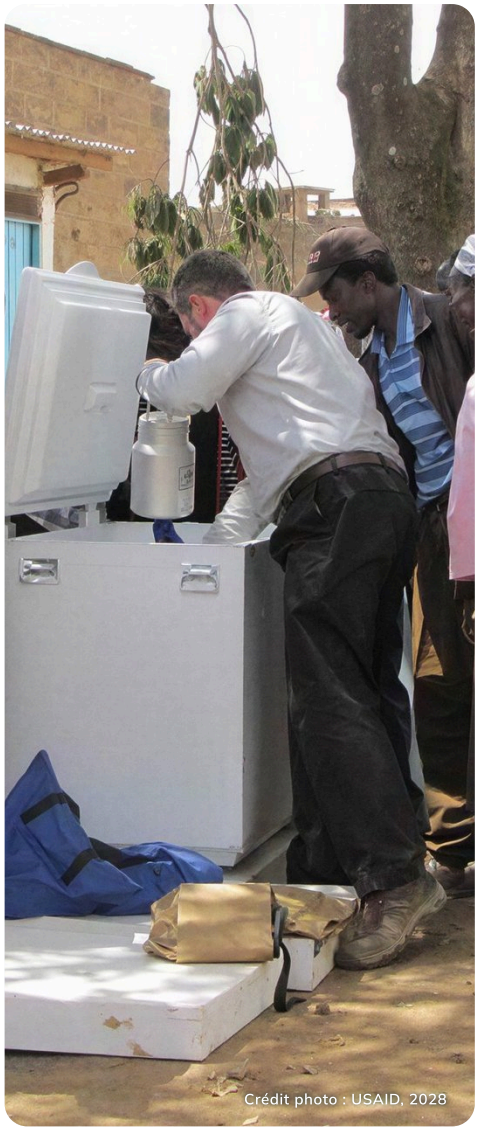
Lors de l'atelier consacré aux données et à l'identification des chaînes de valeur, organisé conjointement par le Ministère de l'Énergie et des Hydrocarbures (MEH) et SEforALL en mai 2025, les participants ont convenu de créer un groupe de travail sur l'articulation agriculture-pêche-industrie-énergie. Celui-ci est composé de points focaux des ministères et organismes publics concernés, avec l'appui des principaux partenaires de développement et des ONG.

Le groupe de travail a piloté la mise en œuvre du projet AgCAP. Ses membres ont partagé des données et des initiatives sectorielles, formulé des observations et des orientations stratégiques, veillé à l'alignement sur les priorités nationales, examiné les livrables et soutenu l'appropriation et la diffusion des résultats.

La mise en œuvre a suivi une approche par étapes : préparation des données, présentation des résultats préliminaires, ajustement du modèle, collecte de données de validation et production des résultats finaux. Tous ces éléments ont été examinés dans le cadre des échanges du groupe de travail, d'ateliers et de consultations du secteur privé. Sur la base des résultats finaux, une série de rencontres de mise en relation est envisagée afin de définir des possibilités concrètes de projets avec les acteurs publics, les partenaires au développement et le secteur privé.

Tableau 2 : Membres du groupe de travail sur l'articulation agriculture-pêche-industrie-énergie

CATÉGORIE	ORGANISATIONS
Institutions publiques	Ministère de l'Énergie et des Hydrocarbures (MEH) Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire (MiASA) Ministère de l'Élevage (MINEL) Ministère de la Pêche et de l'Économie bleue (MPEB) Ministère de l'Environnement et du Développement durable (MEDD) Ministère de l'Industrialisation et du Développement du Secteur Privé (MIDSP) Institut national de la statistique (INSTAT)
Partenaires de développement et ONG	PAM WWF GIZ FAO PNUD


Crédit photo : USAID, 2028

ÉTAT DES CHAÎNES DE FROID AGRICOLES À MADAGASCAR

Il n'existe pas de données systématiques sur le déploiement des infrastructures de la chaîne de froid à Madagascar. Afin d'établir une situation de référence pour cette analyse, une étude du contexte a été réalisée sur la base du PEI, d'un audit complet des données, d'une revue documentaire et d'entretiens avec des informateurs clés représentant environ 20 parties prenantes, notamment des ministères et organismes publics, des partenaires de développement, des ONG, des opérateurs d'électrification rurale et des organisations du secteur privé.

Les capacités de stockage frigorifique restent extrêmement limitées dans la plupart des chaînes de valeur des secteurs agricoles et halieutiques.. Les infrastructures existantes concernent principalement la pêche, les produits laitiers ainsi que les fruits et légumes fragiles. Ces capacités sont généralement concentrées dans des chaînes de valeur structurées, nationales ou tournées vers l'exportation, dominées par des organisations formelles du secteur privé disposant des moyens nécessaires pour investir dans les équipements de chaîne de froid et les exploiter. La chaîne de froid ne commence donc qu'au niveau des principaux centres de collecte : avant le groupage, presque tous les produits sont stockés et transportés à température ambiante.

Toutefois, la majorité des pertes est supporté en amont par les producteurs et les petits collecteurs. Comme le souligne le PEI, les pertes au niveau des producteurs peuvent atteindre 60 % pour les produits fragiles tels que les tomates, contre environ 10 % au niveau des collecteurs et 2 % au niveau de la vente au détail. Le stockage frigorifique communautaire, à proximité des sites de récolte, des débarcadères et des marchés locaux, pourrait donc améliorer considérablement les rendements, les moyens de subsistance en milieu rural et la sécurité alimentaire. Or, il s'agit actuellement du maillon le moins développé de la chaîne de froid à Madagascar.

Tableau 3 : Aperçu du déploiement actuel du stockage frigorifique par chaîne de valeur

CHAÎNE DE VALEUR	DÉPLOIEMENT ACTUEL DU STOCKAGE FRIGORIFIQUE
Fruits et légumes	Presque aucune infrastructure moderne de la chaîne de froid au niveau de la production ou de la collecte ; même les solutions passives faisant appel à des technologies simples sont peu utilisées. Les exportateurs structurés disposent d'installations modernes de stockage frigorifique aux points de collecte et d'exportation, mais le transport vers ces centres s'effectue généralement à température ambiante.
Produits laitiers	Des refroidisseurs de lait communautaires (500 à 2 000 litres), associés à une collecte réfrigérée, couvrent environ 6 à 10 % du lait produit. La majeure partie du lait restant est transformée en yaourt ou en fromage afin d'éviter le besoin de refroidissement.
Viande	Le recours à la réfrigération est minime : les animaux vivants sont généralement transportés et gardés par les bouchers avant l'abattage, et la viande est vendue fraîche sur les marchés locaux. Le stockage frigorifique commence seulement à apparaître dans les supermarchés urbains et les circuits destinés à l'exportation.
Poissons et produits de la mer	C'est la chaîne de froid la plus développée. Les flottes industrielles et les sociétés commerciales utilisent de la glace, des tunnels de congélation et des chambres froides ; des modèles de concession public-privé sont également établis. En revanche, les pêcheurs artisanaux ne disposent souvent d'aucun moyen de refroidir ou de protéger leurs prises et les conservent en les aspergeant d'eau ou en les enveloppant dans des feuilles fraîches.

TECHNOLOGIES ET MODÈLES DE DISTRIBUTION

Plusieurs projets de développement et opérateurs privés ont expérimenté des modèles communautaires de stockage et de centres de services, en particulier dans le secteur de la pêche, souvent selon une formule de refroidissement en tant que service (Cooling-as-a-Service – CaaS), dans laquelle les utilisateurs paient des frais par kilogramme ou par volume stocké. Les résultats de ces modèles sont mitigés et cinq difficultés récurrentes ont été identifiées :

1. **Financement.** Les coûts initiaux élevés constituent un obstacle majeur à l'accès au financement pour les particuliers, les coopératives et les entreprises, tandis que les mécanismes de microfinance existants sont jugés trop contraignants. Une fois les infrastructures installées, les recettes peuvent ne pas suffire à couvrir les coûts récurrents d'exploitation et de maintenance.
2. **Adoption locale et conditions du marché.** La capacité des producteurs ruraux à payer les services CaaS est généralement considérée comme très faible. De nombreux acteurs du marché connaissent peu les bonnes pratiques de manutention post-récolte ou les avantages du stockage frigorifique, ce qui souligne la nécessité d'accompagner le déploiement par des formations.
3. **Gestion.** L'exploitation d'installations frigorifiques exige des compétences commerciales et techniques rares dans des chaînes de valeur très fragmentées. La gestion communautaire s'est révélée difficile ; une mauvaise gestion affaiblit la confiance des utilisateurs et entraîne une sous-utilisation des investissements.
4. **Accès à l'énergie.** On estime aue seul un tiers environ de la population a accès à l'électricité, ce qui fait de l'accès à l'énergie une contrainte majeure. Les charges de refroidissement importantes peuvent mettre à rude épreuve les mini-réseaux et les réseaux isolés, où les problèmes de fiabilité nécessitent souvent des groupes électrogènes diesel de secours. Bien que les équipements solaires de la chaîne de froid constituent une solution prometteuse, leur déploiement reste limité.
5. **Acquisition foncière.** Plusieurs interventions de stockage frigorifique et centres multiservices ont rencontré des problèmes liés aux droits fonciers et aux autorisations, entraînant par la suite le déplacement ou la suspension des projets.

TECHNOLOGIES UTILISÉES OU ÉMERGENTES :

- **Machines à glace.** Une priorité pour le secteur de la pêche, bien que ces équipements soient énergivores et frénées par le prix élevé de la glace.
- **Glacières, réfrigérateurs et congélateurs destine à la vente au détail.** Souvent considérés comme des usages productifs de l'électricité sur les mini-réseaux.
- **Équipements solaires à entraînement direct.** Largement utilisés dans le secteur de la santé, mais pas encore accessibles au secteur agricole.
- **Chambres froides accessibles aux utilisateurs et chambres froides solaires.** Des solutions communautaires encore à un stade précoce de développement.

MODÈLES D'AFFAIRES :

- **Entièrement privé.** Les entreprises agroalimentaires possèdent et exploitent leurs propres installations frigorifiques au sein de leurs chaînes d'approvisionnement.
- **Partenariats public-privé.** Infrastructures publiques exploitées dans le cadre de concessions privées à long terme ; modèle courant dans le secteur de la pêche.
- **Financé par des subventions et géré par la communauté.** Infrastructures financées par les bailleurs et exploitées par des groupes communautaires ; leur gestion à long terme s'est révélée difficile.
- **Financé par des subventions et géré par le secteur privé**. Infrastructures financées par les bailleurs et exploitées par des opérateurs privés ou des organisations de producteurs.

CONTEXTE POLITIQUE ET DES DONNÉES

Tableau 4 : Principales politiques et stratégies pertinentes pour le déploiement de la chaîne de froid

POLITIQUE OU STRATÉGIE	PERTINENCE POUR LES CHAÎNES De FROID
Politique Générale de l'État	Les chaînes de froid contribuent à ses priorités en matière d'autosuffisance alimentaire, d'industrialisation, d'emploi et d'accès universel à l'énergie.
Plan d'action national pour la pêche artisanale	Identifie explicitement la faiblesse de la chaîne de froid comme un défi majeur du secteur et préconise le renforcement des infrastructures frigorifiques dans les zones isolées.
Stratégies nationales de l'aquaculture et de l'élevage	Identifient le stockage frigorifique et la production de glace comme des besoins essentiels au développement des chaînes de valeur rurales, sans toutefois fixer à ce jour d'objectifs spécifiques pour la chaîne de froid.
Nouvelle politique énergétique et Pacte national pour l'énergie M300	Les objectifs nationaux d'électrification et l'accent mis sur les mini-réseaux, les solutions solaires et l'efficacité énergétique constituent une base favorable au développement de chaînes de froid adaptées au changement climatique.
Global Cooling Pledge	Les signataires s'engagent à réduire les émissions liées au refroidissement tout en élargissant l'accès au refroidissement durable, en incluant explicitement les chaînes du froid pour réduire les pertes alimentaires.
Stratégie nationale d'électrification et Plan national de l'énergie (en cours d'élaboration)	Les acteurs du secteur de l'énergie ont identifié les utilisations productives de l'électricité, notamment les chaînes de froid, comme une priorité majeure à prendre en compte.

Il n'existe actuellement aucune politique, stratégie ou plan d'action national spécifiquement consacré au développement des chaînes de froid des secteurs de l'agriculture ou de la pêche. Le refroidissement est plutôt abordé indirectement dans les politiques sectorielles, à l'exception notable du secteur de la pêche. Parallèlement, le cadre de la politique énergétique nationale met l'accent sur les solutions renouvelables décentralisées, qui constituent une base favorable au développement des chaînes de froid en tant qu'utilisation productive de l'énergie.

L'absence de stratégie cohérente, de cadres de planification et de données homogènes limite considérablement la possibilité de déployer à plus grande échelle les projets pilotes et les infrastructures isolées existants. Le manque de visibilité sur le potentiel du marché complique l'engagement des investisseurs et des bailleurs dans une mise à l'echelle. Les parties prenantes réclament régulièrement des données fiables susceptibles de faciliter directement des investissements concrets.

Un audit exhaustif des données a montré que la plupart des couches relatives à l'environnement, à la démographie et aux infrastructures sont accessibles au public. Des lacunes importantes subsistent toutefois concernant les données géographiquement désagrégées sur la production et les rendements, la localisation des coopératives agricoles, ainsi que les infrastructures privées de transformation, de stockage et de chambres froides. Les nouvelles initiatives nationales en matière de données devraient progressivement réduire ces lacunes. L'appui à la collecte et à la validation des données a donc été intégré aux fonctions essentielles du groupe de travail des parties prenantes.

Dans leur ensemble, ces constats confirment à la fois les possibilités mises en évidence par le PEI et les obstacles qui freinent leur concrétisation. Les pertes les plus importantes, et donc les retombées potentielles les plus fortes, se situent au niveau communautaire, précisément là où les données, la planification, et le financement sont les plus faibles. La planification géospatiale de la chaîne de froid a été identifiée comme un levier potentiel pour aider à combler cette lacune.



CHAPITRE DEUX

L'APPROCHE AGCAP

MÉTHODOLOGIE : APERÇU DE L'ANALYSE AGCAP

L'outil d'analyse et de priorisation de la chaîne de froid agricole (Agricultural Cold Chain Analysis and Prioritization – AgCAP) est un outil open source de priorisation géospatiale multicritère, développé par Sustainable Energy for All (SEforALL) afin d'identifier les communautés susceptibles de bénéficier le plus d'interventions en matière de stockage frigorifique.

L'outil fonctionne à l'échelle des localités, qui correspond à l'unité d'analyse généralement utilisée dans la planification de l'électrification au moindre coût. Ses résultats peuvent ainsi être intégrés aux stratégies nationales d'électrification et de développement agricole, notamment à l'outil de planification énergétique intégrée de Madagascar (PEI). Il combine des ensemble de données en libre accès sur la production agricole, le climat, la connectivité aux marchés, le statut d'électrification, la sécurité alimentaire et les conditions socio-économiques afin de produire des indicateurs composites estimant le potentiel de refroidissement des chaînes de valeur destinées à l'exportation, aux marchés nationaux et aux marchés de produits frais, tant pour les cultures que pour les produits de la pêche.

Il convient de noter que les résultats de cette méthodologie doivent être interprétés comme une première priorisation destinée à orienter les investissements, et non comme des décisions d'investissement définitives. Les indices sont des indicateurs relatifs du potentiel de refroidissement et non des mesures quantitatives ; ils ne remplacent pas les évaluations techniques, commerciales et financières nécessaires pour confirmer la viabilité à l'échelle d'un site.

Le **code** et la **documentation** d'AgCAP sont accessibles librement. La méthodologie complète, y compris la description des ensembles de données utilisés, des formules et des limites connues, est présentée dans la documentation méthodologique.

LES QUATRE ÉTAPES :

1. Collecte des données – rassemblement d'ensemble de données géospatiales et non spatiales en libre accès, complétés par des données propres au pays.
2. Unités d'analyse spatiale – définition des localités comme unités d'analyse et extraction de leurs caractéristiques.
3. Indices de potentiel de refroidissement – élaboration d'indices composites normalisés pour l'agriculture et la pêche, selon les segments de marché.
4. Priorisation multicritère – filtrage, pondération et classement des localités selon des critères propres à chaque étude de cas, à travers la plateforme AgCAP Insights.

MÉTHODOLOGIE : COLLECTE DES DONNÉES

Les données utilisées ont été sélectionnées en privilégiant les données en libre accès afin que les résultats de l'analyse soient accessibles et reproductibles par toutes les parties prenantes. La possibilité d'intégrer des ensembles de données propres au pays constitue toutefois un élément essentiel de l'analyse.

Les données relatives à l'empreinte du réseau électrique et à l'emplacement des mini-réseaux ont été obtenues auprès des parties prenantes nationales. Le statut d'électrification et la technologie au moindre coût de chaque localité ont été extraits du PEI de Madagascar, garantissant ainsi la cohérence avec le plan national d'électrification.

Un inventaire complet des différents ensembles de données, de leurs sources, formats et limites connues est disponible dans AgCAP Madagascar code repository.

L'intégration de microdonnées propres au pays, telles que des données de recensement, d'enquête ou de production, est possible et recommandée lorsqu'elles sont disponibles. Les données communiquées par les membres du groupe de travail ont été évaluées en vue de leur intégration à l'échelle nationale, mais ont été jugées plus adaptées à des affinements au niveau local.

Après conversion au format géospatial, ces couches peuvent être superposées aux données relatives aux localités sur la plateforme AgCAP Insights.

Tableau 5 : Catégories de données utilisées dans l'analyse AgCAP et leurs fonctions

CATÉGORIE DE DONNÉES	EXEMPLES DE DONNÉES	FONCTION DANS L'ANALYSE
Données administratives et des localités	Limites administratives, étendues des localités, effectifs et projections de population	Définir les unités d'analyse spatiale, rattacher les localités aux divisions administratives et estimer la population desservie
Production agricole et halieutique	Superficie des terres cultivées, production maillée des cultures périssables, proximité des côtes et des plans d'eau intérieurs	Estimer l'ampleur et l'intensité relatives des activités agricoles et halieutique autour de chaque localité
Connectivité aux marchés et infrastructures	Emplacements des aéroports, ports, gares ferroviaires, grandes villes et capitale, ainsi que les temps de trajet vers chacun de ces lieux	Évaluer la facilité d'acheminement et de distribution des produits périssables vers les marchés d'exportation, nationaux et de produits frais
Énergie	Statut d'électrification et technologie au moindre coût (PEI Madagascar), lignes moyenne tension, emplacements des mini-réseaux, éclairage nocturne, production photovoltaïque solaire	Distinguer les contextes raccordés au réseau, hors réseau et alimentés par mini-réseau, et évaluer la faisabilité d'installations frigorifiques alimentées à l'énergie solaire
Climat et environnement	Température, journées de forte chaleur, amplitude thermique journalière, humidité, précipitations, aridité, altitude et risque cyclonique	Évaluer les besoins en refroidissement, les risques de détérioration, l'adéquation du refroidissement passif et les risques climatiques pour les infrastructures
Données socio-économiques et risques	Indice de richesse relative, classification de l'insécurité alimentaire, zones de moyens de subsistance, événements de conflit enregistrés	Orienter les interventions vers les communautés commercialement viables ou les plus vulnérables, et évaluer la sécurité des sites

MÉTHODOLOGIE : UNITÉS D'ANALYSE SPATIALE

Les agglomérations de population, ou localités, constituent l'unité spatiale d'analyse par défaut. Ce choix garantit la compatibilité avec le niveau de détail généralement utilisé dans les études d'électrification au moindre coût et permet de produire des informations suffisamment précises pour éclairer les politiques publiques. Pour Madagascar, un ensemble de données en libre accès couvrant les étendues des localités d'Afrique subsaharienne a été utilisé. L'unité d'analyse peut être adaptée à l'échelle du fokontany ou de la communauté si le groupe de travail des parties prenantes le juge plus approprié.

Les localités comptant moins de 100 bâtiments ont été exclues, selon l'hypothèse que les communautés de cette taille sont généralement trop petites pour accueillir des projets de stockage frigorifique (figure 1). Ce seuil peut être ajusté dans le code d'analyse et permet également de limiter l'analyse aux polygones présentant le potentiel le plus élevé.

Pour chaque localité, un ensemble de caractéristiques a été extrait, couvrant toutes les catégories de données présentées au tableau 5 : population de la localité et population dans un rayon de 20 km, division administrative, conditions climatiques, statut d'électrification, connectivité aux marchés sur la base des temps de trajet, ainsi que des indicateurs socio-économiques et de risque.

Les statistiques agricoles sont calculées dans la zone d'influence de chaque localité, définie au moyen d'un découpage spatial qui divise le territoire en zones continues et non chevauchantes, en fonction de la proximité de la localité la plus proche (figure 2). La superficie des terres cultivées et la production des cultures périssables couvertes par l'analyse sont attribuées à chaque localité dans sa zone d'influence.

Il convient de noter que les données maillées de production agricole sont obtenues par désagrégation des statistiques nationales et infranationales ; elles comportent donc des incertitudes inhérentes. Elles ont par conséquent été utilisées comme couche complémentaire aux données physiques sur l'étendue des terres cultivées.

Figure 1 : Agglomérations de population avant et après l'exclusion des localités comptant moins de 100 bâtiments

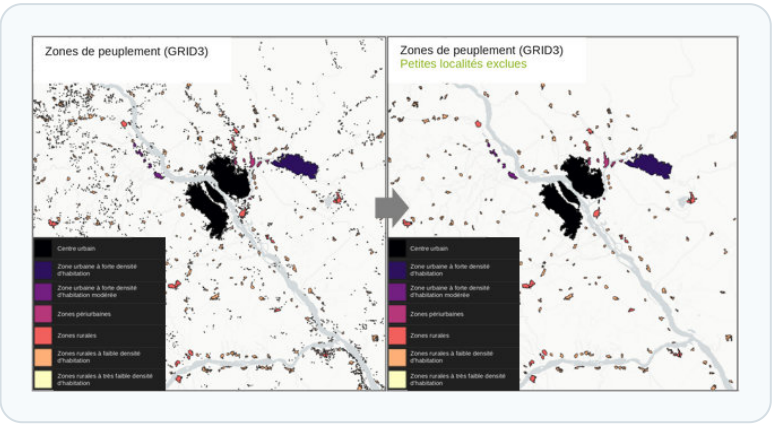
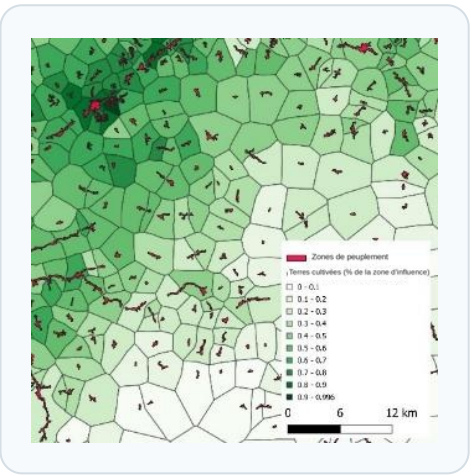


Figure 2 : Zones d'influence des localités utilisées pour attribuer les données de production agricole à chaque localité



MÉTHODOLOGIE : INDICES DE POTENTIEL DE REFROIDISSEMENT ET PRIORISATION

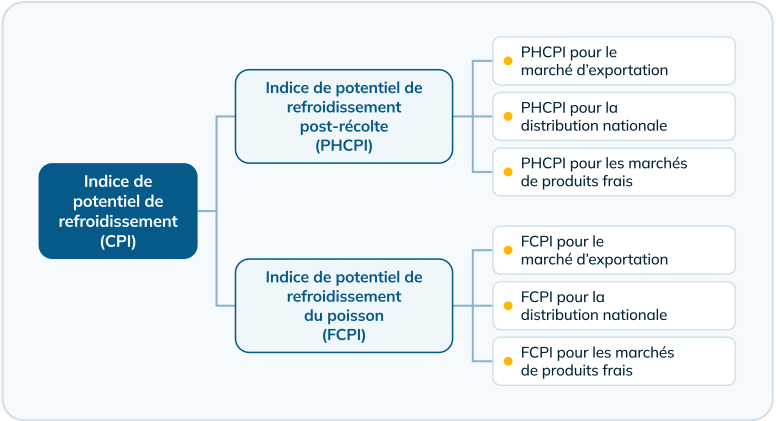
Afin de synthétiser les données relatives aux localités sous forme de scores comparables, l'analyse construit des indicateurs composites : des indices normalisés allant de 0 (faible potentiel) à 1 (potentiel élevé), calculés comme des moyennes pondérées de variables d'entrée sélectionnées. Les indices de connectivité aux marchés reflètent l'accès aux marchés d'exportation, nationaux et de produits frais ; les indices de potentiel de refroidissement combinent l'activité de production et la connectivité aux marchés pour estimer le potentiel de refroidissement dans chaque segment de marché.

Le potentiel de refroidissement est évalué séparément pour l'agriculture et la pêche. L'indice de potentiel de refroidissement post-récolte reflète le potentiel de refroidissement des cultures périssables, tandis que l'indice de potentiel de refroidissement du poisson reflète le potentiel de refroidissement et de production de glace pour les fruits de mer, en fonction de la proximité du littoral ou de plans d'eau intérieurs permanents. Chaque indice est calculé pour les segments des marchés d'exportation, national et de produits frais.

Il convient de souligner que ces indices sont des indicateurs relatifs du potentiel géographique. Leurs valeurs sont comparables entre les localités, mais ne représentent pas une demande quantifiable de services de refroidissement. Leur construction et les pondérations attribuées comportent une part de subjectivité. Les indices agrégés ont donc été utilisés comme outil heuristique de présélection plutôt que comme éléments de base pour la planification.

La dernière étape, la priorisation multicritère, combine ces indices avec les attributs primaires des localités, plus objectifs. Les utilisateurs appliquent des filtres et attribuent des pondérations personnalisées, ce qui permet de calculer un score final et un classement pour chaque site. Les critères ont été sélectionnés et validés par le groupe de travail des parties prenantes ; les trois configurations appliquées sont résumées ci-contre et présentées en détail avec les résultats.

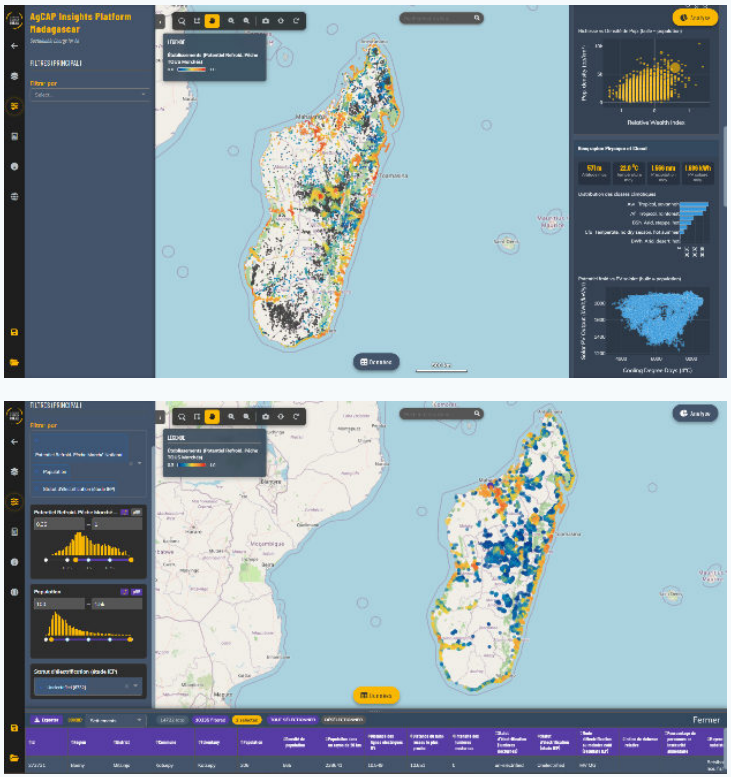
Figure 3 : Structure des indices de potentiel de refroidissement par application et segment de marché



- **Zones prioritaires nationales :** stockage frigorifique communautaire pour les cultures horticoles périssables et le poisson, dans la pêche maritime comme continentale.
- **Étude de cas 1 :** machines à glace et stockage frigorifique communautaires alimentés à l'énergie solaire pour la pêche artisanale dans le sud de Madagascar.
- **Étude de cas 2 :** stockage frigorifique post-récolte comme charge de base sur les sites d'électrification hors réseau existants et prévus.

LA PLATEFORME AGCAP INSIGHTS

Figure 4 : La plateforme AgCAP Insights pour Madagascar



EXPLOREZ LES RÉSULTATS PAR VOUS-MÊME :

www.agcap-insights.org/mdg/fr

Les résultats de l'analyse sont disponibles sur la plateforme AgCAP Insights, une carte interactive accessible depuis un navigateur et ne nécessitant aucune compétence en programmation ou en SIG. Elle permet aux parties prenantes d'explorer l'ensemble de données à l'échelle des localités, de réaliser leurs propres analyses multicritères de sélection des sites et d'exporter les résultats, transformant ainsi l'analyse présentée dans ce rapport en une ressource de planification réutilisable. Les utilisateurs avancés peuvent exécuter des analyses personnalisées à l'aide des notebooks open source et du 'code repository' sous-jacents, ce qui facilite l'intégration de données privées ou gouvernementales dans une session privée.

Sur la plateforme, les utilisateurs peuvent visualiser les données relatives aux localités en définissant leur propre symbologie pour chacun des attributs. Ils peuvent également filtrer la carte selon l'activité de production, la production de cultures spécifiques, les caractéristiques démographiques, la géographie, la connectivité aux marchés, les conditions socio-économiques, le statut d'électrification, les risques, le climat et les ressources solaires. En outre, ils peuvent créer des indicateurs agrégés personnalisés en attribuant des pondérations aux attributs. Il est également possible d'importer et de superposer des ensembles de données géospatiales contextuelles. Enfin, l'utilisateur peut classer les localités, établir une liste restreinte, exporter les résultats et partager les sessions d'analyse sous forme de modèles.

La plateforme accompagne un large éventail d'utilisateurs, notamment les planificateurs publics, les partenaires de développement et les ONG, ainsi que les développeurs de mini-réseaux, les installateurs de systèmes solaires et les fournisseurs d'installations frigorifiques, dans l'identification de sites à fort potentiel et la présélection de communautés candidates.



CHAPITRE TROIS

ANALYSES NATIONALES ET LOCALES

ACTIVITÉS AGRICOLES ET HALIEUTIQUES À MADAGASCAR

Figure 5 : Indice d'activité agricole par localité

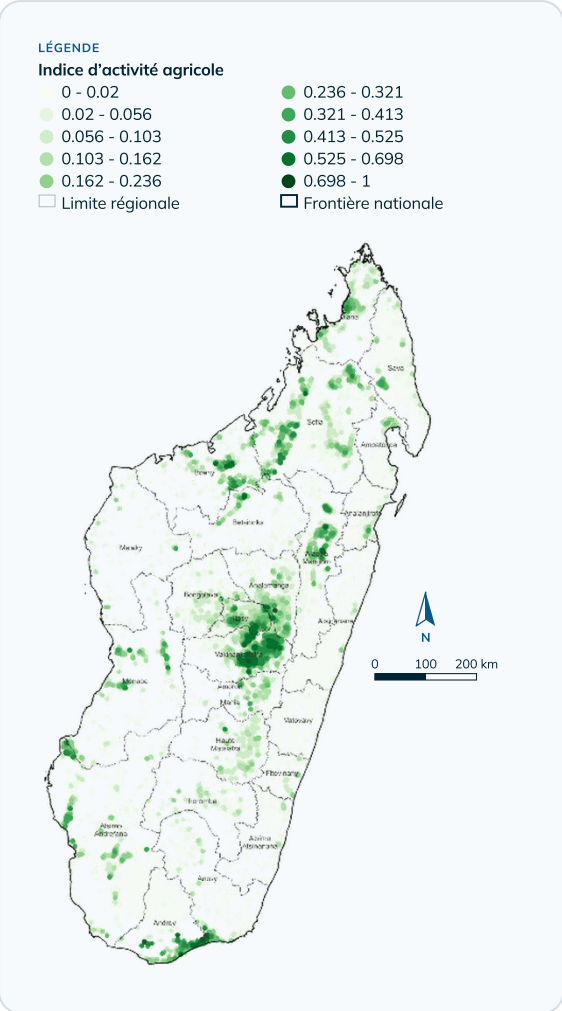
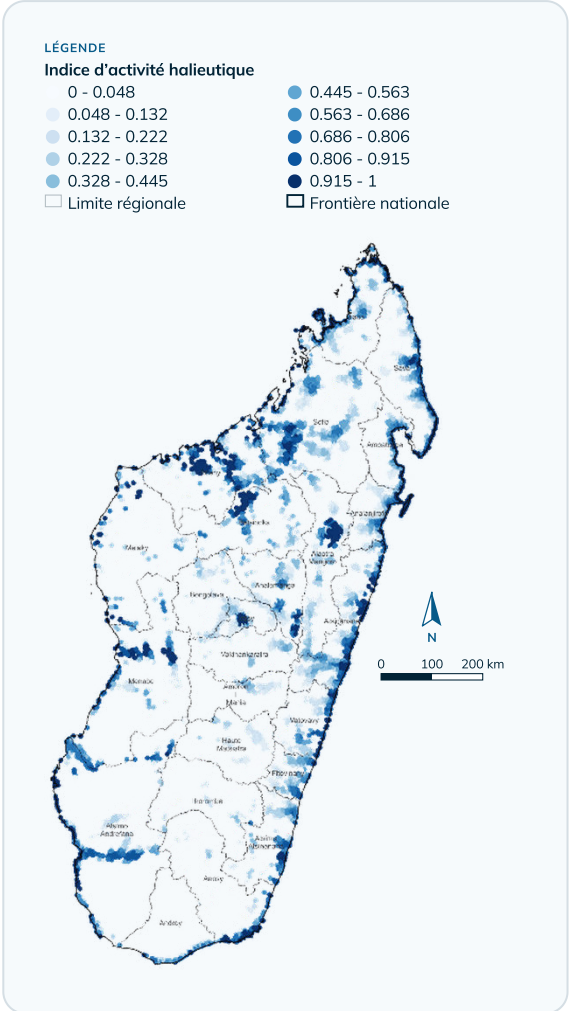


Figure 6 : Indice d'activité halieutique par localité (maritime et continentale)



L'analyse nationale des zones prioritaires a cartographié et caractérisé environ 14 500 localités à Madagascar. Dans un premier temps, les indices d'activité agricole et halieutiques ont été calculés pour chaque localité afin d'estimer l'intensité de la production de cultures périssables et des activités de pêche maritime et continentale autour de chaque site.

- Les localités présentant une forte activité agricole axée sur les produits périssables sont réparties dans tout le pays, avec les plus fortes concentrations dans les Hautes Terres centrales et le long des corridors nord et est.
- Seuls environ 15 % des sites présentant une forte activité agricole sont électrifiés ou probablement électrifiés, ce qui indique un potentiel considérable pour le refroidissement agricole hors réseau.
- Environ 10 % des localités analysées présentent un indice d'activité de pêche relativement élevé, qu'il s'agisse de pêche maritime (le long du littoral) ou continentale (autour des plans d'eau permanents).
- Un peu moins de 10 % de ces sites à forte activité de pêche sont électrifiés, ce qui permet d'y mettre en œuvre des solutions de refroidissement actif telles que la production de glace.

POTENTIEL DE REFROIDISSEMENT À L'ÉCHELLE NATIONALE

Les seuls indices de productivité ne permettent pas d'estimer précisément le potentiel de refroidissement dans les chaînes de valeur agricoles et halieutiques. Pour y remédier, des indices de connectivité aux marchés ont été calculés à partir des temps de trajet vers les aéroports, les ports, les villes, la capitale et les gares ferroviaires. En combinant ces mesures de connectivité avec les indices d'activité productive, l'analyse a généré des indices de potentiel de refroidissement post-récolte et pour la pêche, pour chaque localité et pour les segments des marchés d'exportation, national et de produits frais.

Parmi les plus de 14 500 localités identifiées, environ 2 900 présentent un fort potentiel de refroidissement post-récolte et 4 000 un potentiel élevé de refroidissement du poisson. Les sites les plus favorables sont entourés de vastes terres cultivées et sont bien reliés aux centres régionaux.

Tableau 6 : localités analysées par région

RÉGION	LOCALITÉS	RÉGION	LOCALITÉS
Sofia	1,358	**Anosy**	437
Atsimo Andrefana	1,309	**Bongolava**	422
Vakinankaratra	1,187	**Ambatosoa**	418
Analamanga	1,116	**Menabe**	413
Sava	1,065	**Boeny**	412
Alaotra Mangoro	899	**Atsimo Atsinanana**	389
Atsinanana	771	**Vatovavy**	353
Itasy	711	**Fitovinany**	311
Analanjirofo	708	**Amoron'i Mania**	303
Haute Matsiatra	565	**Betsiboka**	247
Diana	525	**Ihorombe**	175
Androy	490	**Melaky**	133

Figure 7 : Indice de potentiel de refroidissement (tous marchés) par localité

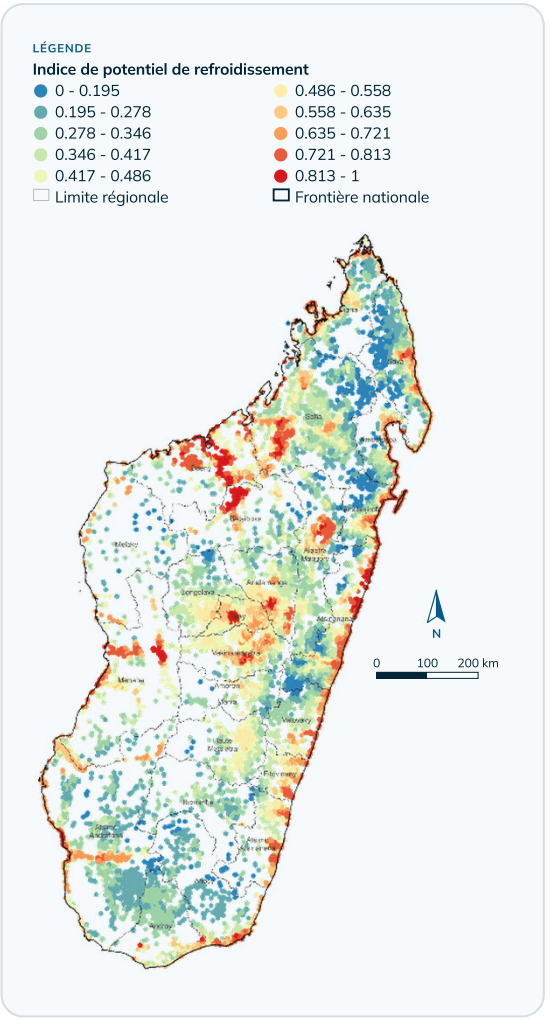


Figure 8 : Potentiel de refroidissement du poisson par localité

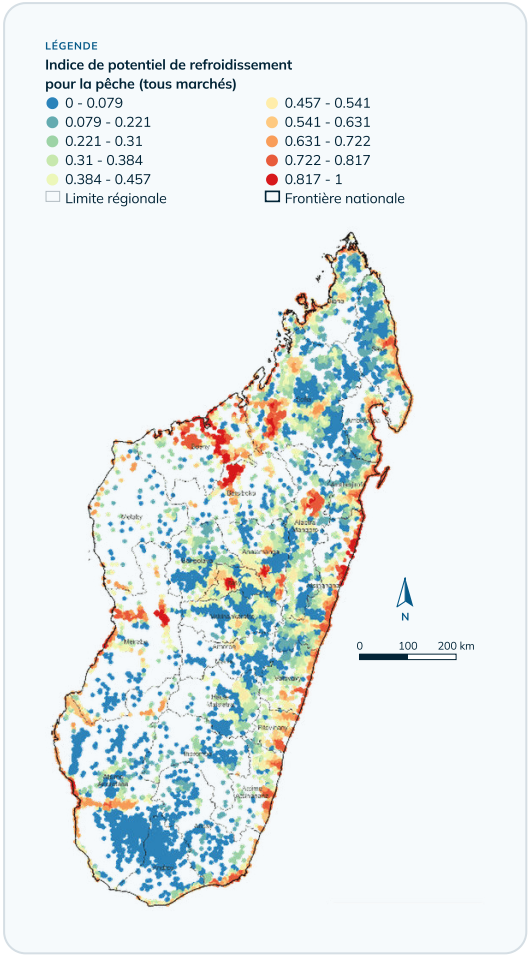


Figure 9 : Potentiel de refroidissement post-récolte par localité

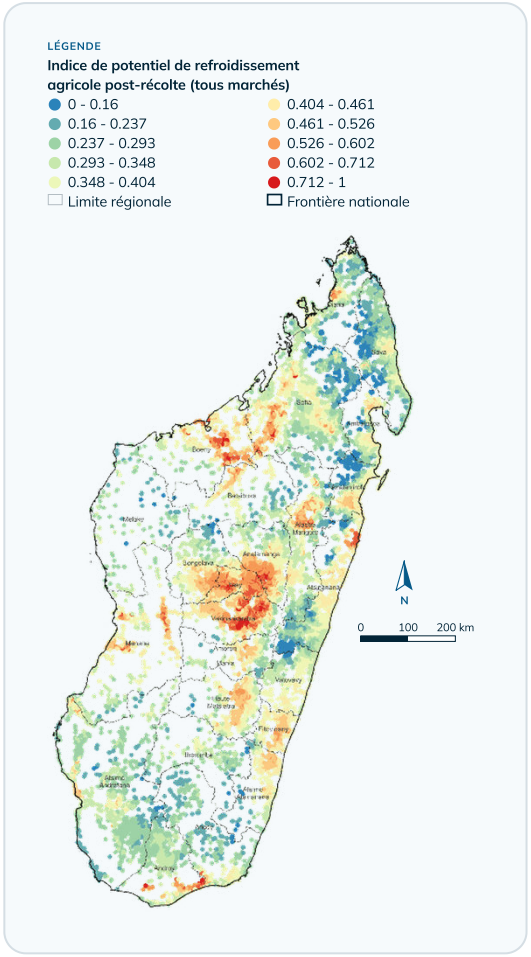
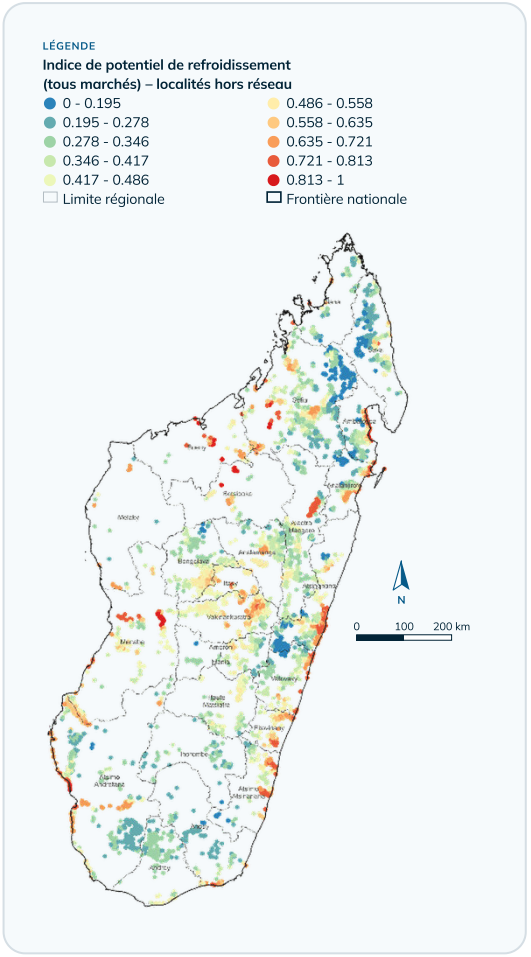


Figure 10 : Potentiel de refroidissement dans les localités hors réseau



ÉTUDE DE CAS 1 : REFROIDISSEMENT DURABLE POUR LA PÊCHE ARTISANALE

En appliquant la configuration multicritère destinée aux machines à glace communautaires alimentées à l'énergie solaire et au stockage frigorifique du poisson, l'analyse a présélectionné les localités des régions Atsimo Andrefana, Androy et Anosy – les trois régions où les risques d'insécurité alimentaire sont les plus élevés et où se concentrent la plupart des interventions des partenaires dans les chaînes de froid halieutiques.

La présélection a identifié 270 localités candidates présentant une forte activité de pêche. La majorité se situe le long du littoral entre Toliara et Fort-Dauphin (Tolagnaro). Le statut d'électrification permet de distinguer les sites adaptés aux solutions raccordées au réseau ou à un mini-réseau de ceux qui nécessitent des équipements solaires autonomes.

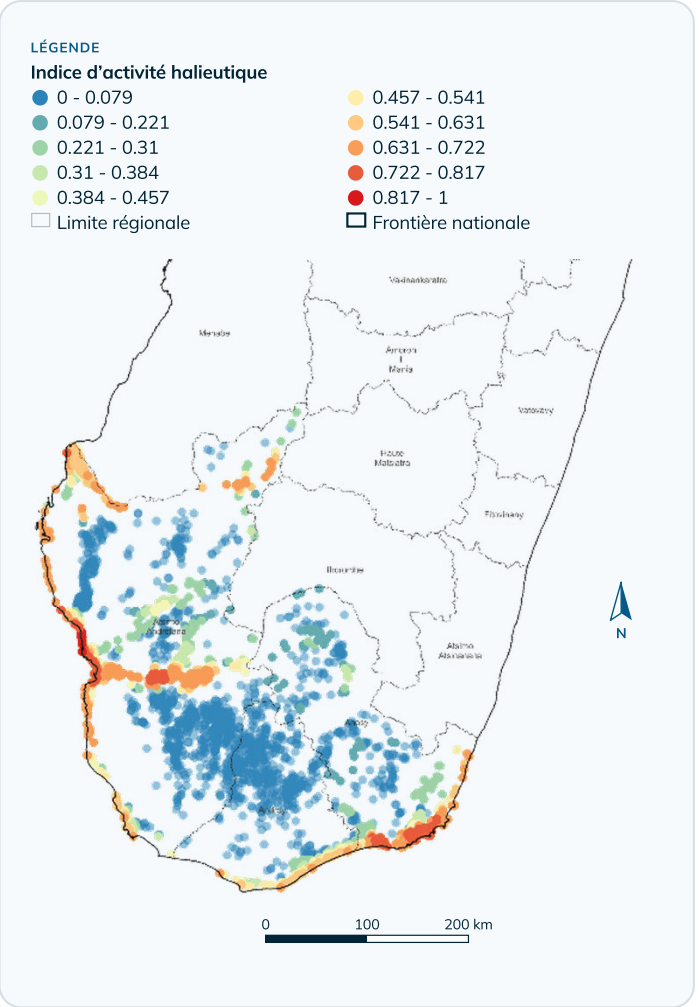
Tableau 7 : étude de cas 1 – critères et filtres de présélection appliqués

CRITÈRE	FILTRE APPLIQUÉ À L'ATTRIBUT
Region	"Androy", "Anosy", "Atsimo Andrefana"
Activité de pêche	Indice d'activité de pêche maritime / continentale > 0,6
Potentiel du marché	Potentiel de refroidissement du poisson – Marché d'exportation > 0,5 OR Potentiel de refroidissement du poisson – Marché national > 0,5 OR Potentiel de refroidissement du poisson – Marché du poisson frais > 0,5
Taille du marché local	Population dans un rayon de 20 km > 5 000
Socio-économique	Indice de richesse relative < 0
Insécurité alimentaire	Proportion de personnes en situation d'insécurité alimentaire > 10%
Environnemental	Température annuelle de l'air >= 23,5
Taille de la localité	Population > 150

Tableau 8 : étude de cas 1 – localités retenues par région

RÉGION	LOCALITÉS CANDIDATES
Atsimo Andrefana	240
Androy	8
Anosy	22
Total	270

Figure 11 : Localités présentant un potentiel de refroidissement halieutique le long du littoral sud, selon l'indice d'activité de pêche



ÉTUDE DE CAS 2 : REFROIDISSEMENT AGRICOLE DANS LES LOCALITÉS HORS RÉSEAU

La deuxième étude de cas a appliqué la configuration multicritère visant à considérer le stockage frigorifique comme une charge de base sur les sites d'électrification hors réseau. Les localités ont été présélectionnées en fonction de leur contexte d'électrification et de leur potentiel de refroidissement post-récolte, plutôt qu'en fonction d'une chaîne de valeur spécifique.

La présélection a retenu 890 localités à l'échelle nationale, les plus fortes concentrations se trouvant dans les régions Vakinankaratra, Fitovinany, Alaotra Mangoro et Boeny. Sur ces sites, le stockage frigorifique pourrait constituer une charge de base stabilisant les revenus des exploitants de mini-réseaux et de centres solaires, tout en réduisant les pertes post-récolte dans les communautés environnantes.

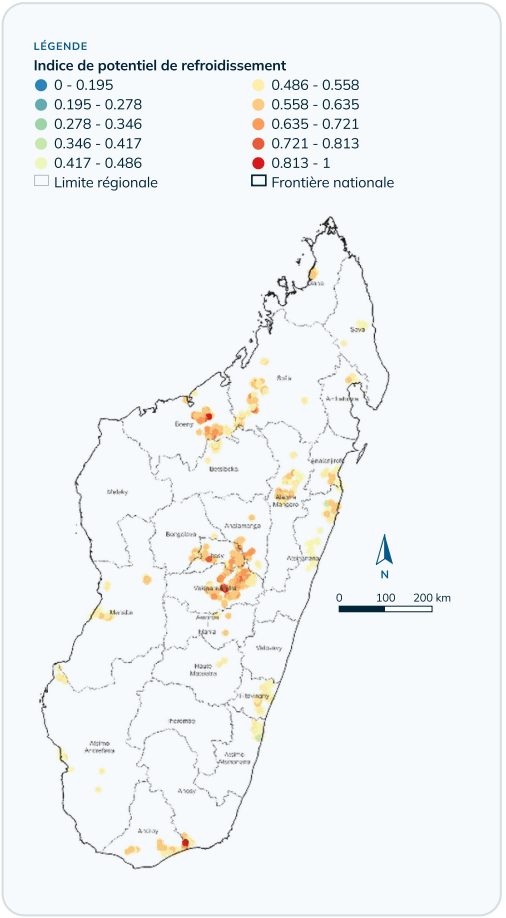
Tableau 9 : Étude de cas 2 – critères et filtres de présélection appliqués

CRITÈRE	FILTRE APPLIQUÉ À L'ATTRIBUT
Contexte énergétique hors réseau	Technologie d'électrification au moindre coût = « LV MG » OU « MV MG » OU « SHS »
Potentiel du marché	Potentiel de refroidissement post-récolte – Marché d'exportation > 0,6 OR Potentiel de refroidissement post-récolte – Marché national > 0,6 OR Potentiel de refroidissement post-récolte – Marché des produits frais > 0,6
Taille du marché local	Population dans un rayon de 20 km > 50 000
Taille de la localité	Population > 200

Tableau 10 : Étude de cas 2 – localités retenues par région

RÉGION	SITES	RÉGION	SITES
Vakinankaratra	246	**Atsimo Andrefana**	27
Fitovinany	76	**Analamanga**	24
Alaotra Mangoro	75	**Analanjirofo**	23
Boeny	64	**Sava**	22
Sofia	59	**Bongolava**	15
Itasy	54	**Betsiboka**	12
Atsimo Atsinanana	42	**Diana**	11
Atsinanana	41	**Anosy**	11
Androy	39	**Ambatosoa**	5
Menabe	37	**Amoron'i Mania**	4

Figure 12 : Localités hors réseau retenues selon l'indice de potentiel de refroidissement post-récolte (tous marchés)



VALIDATION DES SITES : ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ SUR 10 SITES IDENTIFIÉS PAR AGCAP

Afin de valider les résultats du processus de sélection AgCAP et de les traduire en informations concrètes en matière d'investissement, une étude de préfaisabilité a été menée sur 10 sites présélectionnés grâce à l'analyse AgCAP dans les trois régions faisant l'objet d'études de cas dans le sud de Madagascar : Atsimo Andrefana, Androy et Anosy. Six de ces dix sites sont des communautés de pêcheurs identifiées dans le cadre de l'étude de cas sur la pêche, et quatre sont des communautés agricoles correspondant à l'étude de cas sur les utilisations productives hors réseau ; deux sites agricoles abritent une station solaire du programme de Transformation rurale rapide (RRT) du PAM, et deux autres sont (partiellement) alimentés par des mini-réseaux.

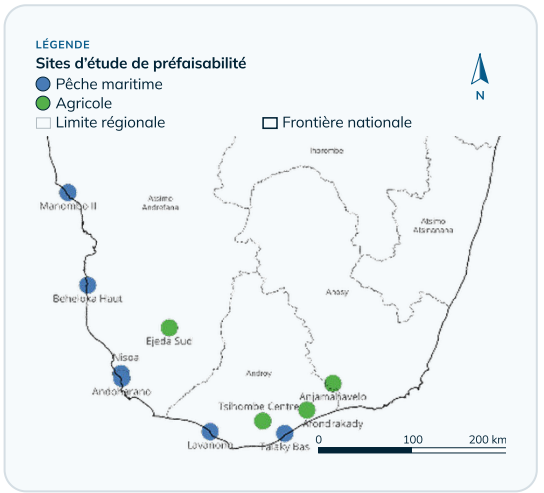
Les données primaires ont été collectées selon une approche mixte : une enquête quantitative auprès de 246 ménages (126 de pêcheurs et 120 d'agriculteurs) répartis sur un maximum de trois fokontany par site ; quatre entretiens avec des informateurs clés issus des autorités communautaires et des fokontany ; trois entretiens avec des agrégateurs de marché ; et une discussion de groupe par site. Les solutions de refroidissement envisagées, notamment les centres de réfrigération communautaires, les chambres froides individuelles, les unités de production de glace et les reservoirs de refroidissement du lait à l'énergie solaire, ont été dimensionnées en fonction des ressources énergétiques disponibles et comparées à l'aide d'analyses techniques et financières, incluant la valeur actuelle nette, le taux de rendement interne (TRI) et le retour sur investissement (ROI).

L'évaluation ne visait pas uniquement à identifier les solutions présentant les meilleurs indicateurs financiers, mais aussi les systèmes techniquement adaptés, économiquement viables et compatibles avec les conditions locales.

Tableau 11 : Aperçu des 10 sites de préfaisabilité et des solutions de refroidissement recommandées

#	SITE	RÉGION	TYPE	SOLUTION RECOMMANDÉE ET VIABILITÉ
1	Lavanono	Androy	Pêche	Unité communautaire de production de glace (financée par subvention ; TRI – 1 %)
2	Manombo II	Atsimo Andrefana	Pêche	Unité communautaire de production de glace (financée par subvention ; TRI – 3 %)
3	Beheloka Haut	Atsimo Andrefana	Pêche	Unité de production de glace – viable (TRI 3 % ; ROI sur 4 ans)
4	Andoharano	Atsimo Andrefana	Pêche	Unité de production de glace – viable (TRI ~10 % ; ROI sur 2 ans) ; site prioritaire recommandé
5	Sakariaka	Atsimo Andrefana	Pêche	Unité de production de glace avec refroidisseurs passifs -– viable (TRI positif ; ROI ~3 ans)
6	Talaky Bas	Androy	Pêche	Centre frigorifique communautaire avec production de glace (financé par subvention ; pas encore viable)
7	Anjamahavelo	Anosy	Agriculture	Aucune solution financièrement viable ; un centre frigorifique envisageable comme infrastructure de développement financée par subvention
8	Afondrakady	Androy	Agriculture	Réservoir collectif de refroidissement du lait à l'énergie solaire (projet pilote subventionné)
9	Tsihombe Centre	Androy	Agriculture	Chambres froides modulaires à pression positive(financées par subvention ; pas encore viables financièrement)
10	Ejeda Sud	Atsimo Andrefana	Agriculture	Centre collectif pas encore viable à l'échelle du site ; deux fokontany identifiés comme sites pilotes possibles (TRI positif)

Figure 13 : localisation des dix sites de préfaisabilité dans les régions Atsimo Andrefana, Androy et Anosy



RÉSULTATS DE PRÉFAISABILITÉ : SITES DE PÊCHE (1|3)

Site 1 – Lavanono (district de Beloha, Androy)

Lavanono est une communauté de pêcheurs d'environ 1 600 ménages, dont 841 (53 %) dépendent de la pêche. Les prises sont principalement composées de poissons et de langoustes à forte valeur commerciale. En l'absence d'un accès fiable à l'électricité et avec le marché le plus proche situé à environ 35 km, on estime que 170,3 tonnes des prises annuelles nécessitent un stockage frigorifique. L'unité communautaire de production de glace est la solution la mieux adaptée aux pratiques locales de conservation. Malgré des indicateurs financiers encore négatifs, elle est recommandée selon un modèle combinant une subvention des dépenses d'investissement (CAPEX) et le récupération des coûts d'exploitation (OPEX), avec une gestion confiée à une coopérative de pêcheurs et un fonds de renouvellement des équipements.

INDICATEUR	VALEUR
Ménages (pêche)	~1,600 (841; 53%)
Production annuelle	511.4 t (481 / 30.3 par saison)
Nécessitant un stockage frigorifique	170.3 t/an
Principales espèces	Poissons (85%); Langoustes (10%)
Accès à l'électricité	Pas d'accès fiable au réseau électrique
Marché le plus proche	~35 km
Solutions dimensionnées	Centre de distribution de 437 m³ (92 kWh/jour) ; chambres froides de 520 L ; unité de production de glace de 5,6 t/jour
Solution recommandée	Unité communautaire de production de glace – Subvention d'investissement (CAPEX) + Récupération des coûts d'exploitation (OPEX)

Figure 14 : Site de Lavanono



Site 2 – Manombo II (district de Toliara II, Atsimo Andrefana)

Manombo II compte 3 244 ménages, dont 88 % sont des ménages de pêcheurs. Les prises, très saisonnières, comprennent des poulpes, des poissons, des calmars et des crevettes. Le site ne dispose ni d'accès à l'électricité ni d'infrastructures de chaîne de froid ; son marché le plus éloigné se trouve à environ 50 km, mais reste accessible par route toute l'année. Parmi les scénarios étudiés, l'unité solaire de production de glace est la configuration la plus proche de l'équilibre économique. Elle est recommandée selon un modèle associant subvention CAPEX et récupération des coûts d'exploitation (OPEX), exploité par une structure communautaire et doté d'un fonds de renouvellement des équipements pour faire face à l'environnement marin corrosif.

INDICATEUR	VALEUR
Ménages (pêche)	3 244 (88 % de pêche)
Production annuelle	297 t (226 / 71 ; saisonnalité 3,22)
Nécessitant une conservation sous glace	98.8 t/an
Principales espèces	Poulpes (38 %) ; poissons (29 %) ; calmars (19 %)
Accès à l'électricité	Aucun
Marché le plus éloigné	~50 km (route accessible toute l'année)
Solutions dimensionnées	Centre de distribution de 228 m³ (50 kWh/jour) ; chambres froides de 72 L ; unité de production de glace de 3,6 t/jour
Solution recommandée	Unité communautaire de production de glace - subvention CAPEX + récupération des coûts d'exploitation (OPEX) (TRI -3 %)

Figure 15 : Site de Manombo II



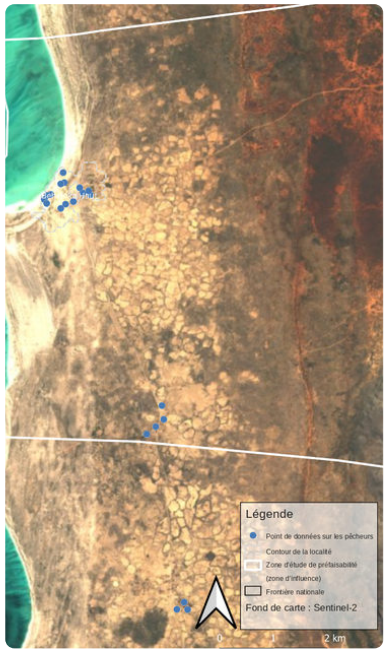
RÉSULTATS DE PRÉFAISABILITÉ : SITES DE PÊCHE (2 | 3)

Site 3 – Beheloka Haut (district de Betioky, Atsimo Andrefana)

Beheloka Haut figure parmi les sites étudiés dont l'activité dépend le plus de la pêche : 1 020 de ses 1 120 ménages (91 %) pratiquent cette activité, ciblant notamment le poulpe de récif, le poisson et le calmar. Le site n'est pas raccordé au réseau électrique et son marché le plus éloigné se trouve à environ 290 km ; la conservation est donc essentielle pour préserver la qualité des produits pendant le transport. L'unité de production de glace présente le meilleur indicateur financier du site et est recommandée selon un modèle associant subvention CAPEX et récupération des coûts d'exploitation OPEX, exploité par une coopérative ou une association de pêcheurs.

INDICATEUR	VALEUR
Ménages (pêche)	1,120 (1,020; 91%)
Production annuelle	294.6 t (221.3 / 73.3; saisonnalitê 3.01)
Nécessitant une conservation sous glace	98.1 t/an
Principales espèces	Poulpes de récif (~30%); Poissons (10%); Calmars(5%)
Accès à l'électricité	Aucun
Marché le plus éloigné	~290 km
Solutions dimensionnées	Centre de distribution de 120 m³ (27 kWh/jour) ; chambres froides de 200 L ; unite de production de glace de 840 kg/jour
Solution recommandée	Unité de production de glace – viable (TRI de 3 % ; ROI sur 4 ans)

Figure 16 : Site de Beheloka Haut



Site 4 – Andoharano (district d'Ampanihy, Atsimo Andrefana)

Andoharano est un site de plus petite taille, comptant 386 ménages (dont 56 % de ménages de pêcheurs), où les prises – principalement composées de poissons et de poulpes de récif – restent relativement stables tout au long de l'année. Sans accès au réseau électrique et avec son principal marché de destination situé à Ejeda, à environ 140 km, le site doit conserver sous glace environ 73,6 tonnes de prises par an. L'unité de production de glace présente le meilleur indicateur financier parmi les 10 sites ; Andoharano est donc recommandé comme site prioritaire pour un premier déploiement.

INDICATEUR	VALEUR
Ménages (pêche)	386 (56% pêche)
Production annuelle	221 t (169.9 / 51.3; saisonnalité 3.31)
Nécessitant une conservation sous glace	73.6 t/an
Principales espèces	Poisson (85%); Poulpes de récif (15%)
Accès à l'électricité	Aucun
Marché principal	~140 km (Ejeda); route accessible toute l'année
Solutions dimensionnées	Centre de distribution de 170 m³ (38 kWh/day); chambre froide de 156 L ; unite de production de glace de 2.2 t/jour
Solution recommandée	unite de production de glace-viable; site prioritaire(TRI ~10%; 2-year ROI)

Figure 17 : Site d'Andoharano



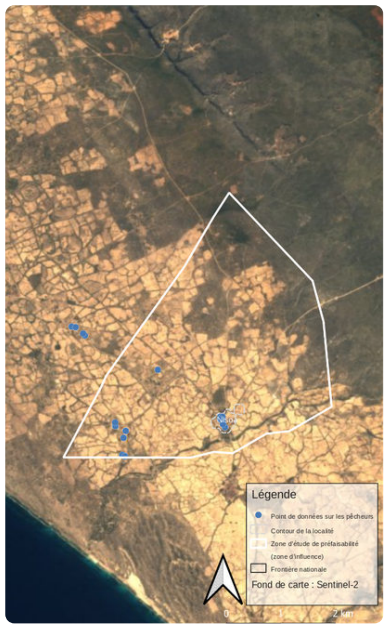
RÉSULTATS DE PRÉFAISABILITÉ : SITES DE PÊCHE (3 | 3)

Site 5 – Sakariaka (district d'Ampanihy, Atsimo Andrefana)

Sakariaka compte 1 356 ménages, dont 723 ménages de pêcheurs. Les prises sont principalement composées de poulpes et de calmars ; ce site présente la saisonnalité la plus marquée parmi les sites de pêche étudiés. Sans accès au réseau électrique et avec des marchés situés à une distance moyenne de 111,5 km, environ 50,2 tonnes de fruits de mer par an – soit 40,5 % de la production – nécessitent un stockage frigorifique, principalement pendant les mois de forte production. La solution recommandée associe une unité solaire de production de glace avec des refroidisseurs passifs, dans le cadre d'un modèle de subvention des investissements (CAPEX) et de récupération des coûts d'exploitation (OPEX) dans lequel les ventes de glace, la location des refroidisseurs et les services de conservation couvrent progressivement les coûts d'exploitation.

INDICATEUR	VALEUR
Ménages (pêche)	1,356 (723; ~53%)
Production annuelle	124 t (112 / 12; saisonnalité 9.3)
Nécessitant un stockage frigorifique	50.2 t/an (40.5% de production)
Principales espèces	Poulpes (48%); Calmars (38%); Poissons (14%)
Accès à l'électricité	Aucun
Distance aux marchés	~111.5 km en moyenne
Solutions dimensionnées	Centre de distribution de 40 m³ (9 kWh/day); chambres froides de 45 L ; unité de production de glace de 600 kg/jour
Solution recommandée	Unité de production de glace – viable (TRI positif; ROI sur 3 ans)

Figure 18 : Site de Sakariaka



Site 6 – Talaky Bas (district de Tsihombe, Androy)

Talaky Bas compte 547 ménages, dont 82 % sont des ménages de pêcheurs. Les prises sont principalement composées de poissons, ainsi que de langoustes et de crabes, et la production présente une forte saisonnalité. Le site n'est pas raccordé au réseau électrique et environ 114,3 tonnes de prises par an nécessitent un stockage frigorifique. Malgré des indicateurs financiers encore négatifs, le centre frigorifique solaire communautaire intégrant le stockage frigorifique et la production de glace constitue la solution la plus cohérente, grâce à la mutualisation des équipements et à la diversification des services. Il est recommandé selon un modèle CaaS.

INDICATEUR	VALEUR
Ménages (pêche)	547 (82% pêche)
Production annuelle	261.6 t (236.4 / 25.2; saisonnalité 9.3)
Nécessitant un stockage frigorifique	114.3 t/an (43.7% de production)
Principales espèces	Poissons (80%); Langoustes(15%); Crabes (8%)
Accès à l'électricité	Aucun
Marché le plus éloigné	~33 km
Solutions dimensionnées	Centre de distribution de 258 m³ (55 kWh/jour); chambres froides de 377 L; unite de production de glace de 1.5 t/jour
Solution recommandée	Centre communautaire avec production de glace - CaaS (pas encore viable)

Figure 19 : Site de Talaky Bas



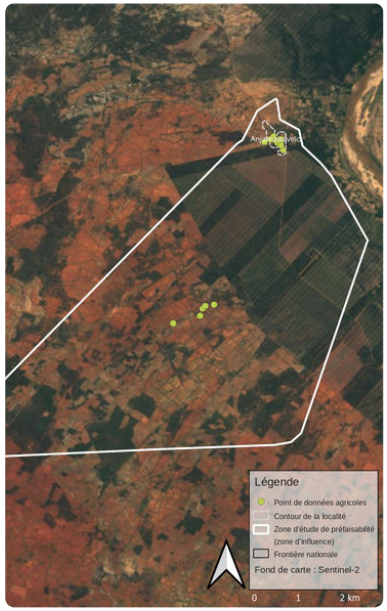
RÉSULTATS DE PRÉFAISABILITÉ : SITES AGRICOLES (1|2)

Site 7 – Anjamahavelo (district d'Amboasary Atsimo, Anosy)

Anjamahavelo est un site agricole comptant 1 038 ménages, presque tous engagés dans l'agriculture, dont 169 producteurs laitiers. Ils cultivent des tubercules et des légumineuses ainsi que des cultures maraîchères périssables, dont la saison de plein rendement s'étend de mars à juin. Le site n'est pas électrifié, mais abrite une station solaire RRT qui alimente un magasin alimentaire et un village intelligent, illustrant directement la logique d'utilisation productive de l'énergie hors réseau de l'étude de cas 2. Aux volumes actuels, aucune solution n'est financièrement viable sur une base commerciale. Si le projet est envisagé comme une infrastructure de développement rural financée par des subventions, un centre frigorifique serait la configuration la plus appropriée.

INDICATEUR	VALEUR
Ménages (agriculture / lait)	1,038 (1,035 agriculture; 169 lait))
Principaux volumes de produits périssables	Legumes feuilles 89,183 kg; tomates 84,422 kg; pastèque 65,619 kg; lait 9,464 L/an
Pertes agricoles estimées	~10% en habituellement (jusqu'à 40%); median 50,000 ariary
Accès à l'électricité	Non électrifié ; station solaire RRT sur le site
Solutions dimensionnées	Centre de distribution de 2,414 m³ (229 kWh/day); Chambres froides de 600 L
Approche recommandée	Aucune solution viable sur le plan financier ; un centre financé par des subventions servant d'infrastructure de développement

Figure 20 : site d'Anjamahavelo

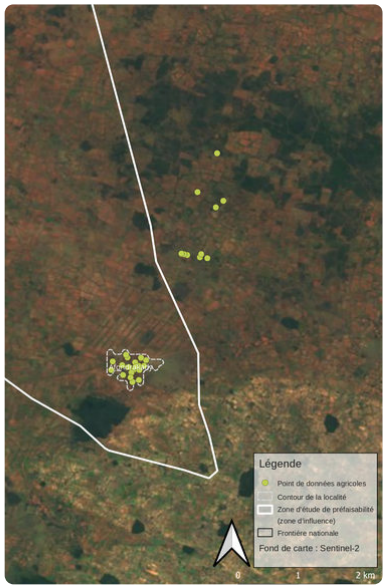


Site 8 – Afondrakady (district d'Ambovombe Androy, Androy)

La zone d'influence d'Afondrakady couvre 25 fokontany et compte 3 171 ménages, dont presque tous pratiquent l'agriculture. Parmi eux figurent 296 producteurs laitiers qui produisent du lait de vache et de chèvre tout au long de l'année. Le site ne dispose ni d'accès à l'électricité publique ni d'infrastructures modernes de stockage. Les pertes post-récolte sont principalement dues aux ravageurs et à de mauvaises conditions de stockage. Le réservoir collectif de refroidissement du lait à l'énergie solaire constitue la solution la plus cohérente sur les plans technique, sanitaire et socio-économique. Il est recommandé sous la forme d'un projet pilote financé par une subvention, avec des tarifs à paiement à l'usage adaptés à la capacité de paiement des agriculteurs.

INDICATEUR	VALEUR
Ménages (agriculture / lait)	3,171 (3,166 ; 296 lait
Principaux volumes de produits périssables	Tomates 67,752 kg; Pastèques 47,490 kg; Lait 42,506 L/an
Pertes agricoles estimées	~8% habituellement (jusqu'à 16%); 20,000-50,000 ariary
Accès à l'électricité	Non électrifié ; station solaire RRT sur le site
Solutions dimensionnées	Centre de distribution de 166 m³ (23 kWh/jour); Chambres froides de 14 L ; Reservoir à lait solaire de 1,164 L
Solution recommandée	Réservoir collectif de refroidissement du lait à l'énergie solaire - projet pilote financé par une subvention

Figure 21 : site d'Afondrakady



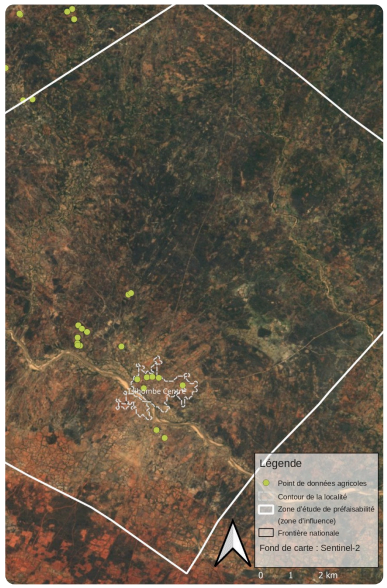
RÉSULTATS DE PRÉFAISABILITÉ : SITES AGRICOLES (2 | 2)

Site 9 – Tsihombe Centre (district de Tsihombe, Androy)

Tsihombe Centre est la plus vaste zone d'influence étudiée. Elle couvre 28 fokontany et compte 4 534 ménages, avec un volume annuel important de lait, proche de 192 000 litres, dont les trois quarts sont commercialisés. Le site est électrifié à 50 % par la JIRAMA, à des tarifs relativement bas, mais ne dispose d'aucune infrastructure moderne de stockage. Les chambres froides modulaires à pressions positives constituent la solution la plus appropriée grâce à leur flexibilité, à leur faible coût d'investissement et à leur meilleure adéquation avec les volumes de production actuels. Elles sont recommandées selon un modèle associant subvention CAPEX et récupération des coûts d'exploitation OPEX, avec des frais d'utilisation payables à l'usage.

INDICATEUR	VALEUR
Ménages (agriculture / lait)	4,534 (3,630 agriculture; 349 lait); 24,892 habitants
Principaux volumes de produits périssables	Lait 191,985 L; Pastèques 91,355 kg; Tomates 42,350 kg/an
Pertes agricoles estimées	10-20% habituellement (jusqu'à 75%); Moyenne 41,600 ariary
Accès à l'électricité	Électrifié à 50 % (JIRAMA ; 130–140 MGA/kWh)
Solutions dimensionnées	Centre de distribution de 300 m³ (40 kWh/jour); Chambres froides de 18 L
Solution recommandée	Chambres froides modulaires à pression positive - Subvention CAPEX + récupération des coûts d'exploitation (OPEX)

Figure 22 : site de Tsihombe Centre

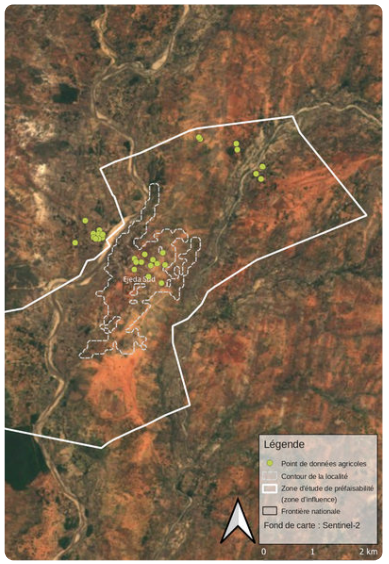


Site 10 – Ejeda Sud (district d'Ampanihy, Atsimo Andrefana)

Ejeda Sud compte 3 777 ménages et se distingue par des infrastructures locales relativement développées : un taux d'électrification de 50 % assuré par un opérateur privé, une couverture complète en eau potable, ainsi qu'un entrepôt frigorifique et un marché de produits frais déjà présents au centre du site. Un centre frigorifique collectif polyvalent, regroupant les volumes de production autour du marché local actif, constitue la solution à long terme la plus cohérente, mais n'est pas encore viable à l'échelle de l'ensemble du site. Une mise en œuvre progressive est recommandée, en donnant la priorité aux fokontany de Bekinana et d'Antsevaseva Besavoa comme sites pilotes.

INDICATEUR	VALEUR
Ménages (agriculture / lait)	3,777 (2,675 agriculture; 411 lait); 11,314 habitants
Principaux volumes de produits périssables	Lait 174,839 L; Pastèques 115,917 kg; Tomates 22,292 kg/an
Pertes agricoles estimées	~12% habituellementl (jusqu'à 20%); median 150,000 ariary
Accès à l'électricité	Électrifié à 50 % (opérateur privé ; 1 900–3 000 MGA/kWh)
Solutions dimensionnées	Centre de distribution de 1,708 m³ (90 kWh/jour); Chambres froides de 630 L
Approche recommandée	Centres collectifs mis en place progressivement ; projets pilotes à Bekinana et Antsevaseva Besavoa

Figure 23 : Site d'Ejeda Sud



CHAPITRE QUATRE

QUELLES SONT LES PROCHAINES ÉTAPES ?



CONCLUSIONS

- Le projet pilote AgCAP a permis de réaliser la première analyse, à l'échelle des localités, du potentiel de refroidissement dans les secteurs de l'agriculture et de la pêche à Madagascar. Il traduit l'opportunité identifiée dans le Plan d'action pour l'énergie (PEI) (230 millions de dollars de pertes annuelles évitables avec un taux de pénétration de 20 %) en sites concrets et identifiables. Sur les plus de 14 500 localités caractérisées, environ 2 900 présentent un fort potentiel de refroidissement post-récolte.
- Cette analyse confirme la nécessité d'une approche axée sur les liens entre l'énergie et l'agriculture. Actuellement, seuls environ 15 % des localités à forte activité agricole sont électrifiées, ce qui indique un potentiel latent considérable de refroidissement hors réseau, tandis qu'environ une localité sur dix présente une activité de pêche importante.
- L'analyse confirme le potentiel des investissements dans le refroidissement au niveau local, à proximité des zones de production et aux débarcadères, ciblant un maillon essentiel mais encore peu développé des chaînes du froid à Madagascar. L'étude de préfaisabilité renforce ce constat, en identifiant des volumes clairs de denrées périssables sur l'ensemble des 10 sites évalués.
- Cependant, les grands centres de réfrigération communautaires et les chambres froides individuelles, présentent une viabilité financière limitée sur la plupart des sites aux volumes actuels, en raison de la saisonnalité de la production, de l'éloignement des marchés, des contraintes énergétiques et de la capacité financière limitée des acteurs locaux. Les solutions les plus adaptées sont sur mesure, modulaires et partagées par la communauté.
- L'unité de production de glace dans les petits sites de pêche constitue aujourd'hui l'une des solutions les plus viables. Trois des six sites de pêche évalués présentent des rendements financiers positifs, ce qui confirme les conclusions du PEI selon lesquelles les retours sur investissement sont les plus rapides dans le domaine du refroidissement du poisson.
- Ces résultats constituent une première priorisation pour orienter les investissements, plutôt que des décisions d'investissement définitives. Le déploiement au niveau des sites doit être confirmé par des études de terrain et de préfaisabilité.

Le refroidissement, en tant qu'utilisation productive de l'énergie, peut renforcer la justification économique de l'électrification rurale ; en retour, l'électrification rend possible le développement du refroidissement.

Les équipements ne suffisent pas à eux seuls : la viabilité dépend de l'association des infrastructures de refroidissement à des formations, à la structuration des marchés et à des modèles économiques adaptés.

La production glace à l'énergie solaire destinée à la pêche artisanale constitue le point d'entrée le plus rapide et le plus viable pour les investissements dans la chaîne de froid dans le sud de Madagascar.

Le stockage frigorifique communautaire à proximité des sites de récolte et des débarcadères présente le potentiel le plus élevé de réduction des pertes et d'amélioration des moyens de subsistance en milieu rural.

RECOMMANDATIONS

- **Intégrer les résultats d'AgCAP et les données de cette analyse dans les plateformes nationales de données existantes.** L'ensemble de données au niveau des localités et les indices de potentiel de refroidissement devraient être publiés sur la plateforme de visualisation du PEI de Madagascar, et les couches pertinentes peuvent être partagées sur les portails Stat SANOI et INSTAT. Les prochaines initiatives nationales en matière de données devraient permettre d'améliorer les futures itérations du modèle.

- **Renforcer et étendre l'approche axée sur le lien entre agriculture, pêche, industrie et énergie.** Institutionnaliser la planification conjointe entre les secteurs de l'agriculture, de la pêche et de l'énergie grâce à un mécanisme de coordination permanent entre les ministères concernés et les partenaires de développement. De cette manière, les besoins de l'agriculture et de la pêche, y compris en matière de refroidissement, seront systématiquement pris en compte dans la planification de l'électrification, et la disponibilité énergétique sera intégrée dans les programmes de développement agricole. Les travaux futurs devraient étendre l'analyse à d'autres utilisations productives de l'énergie.

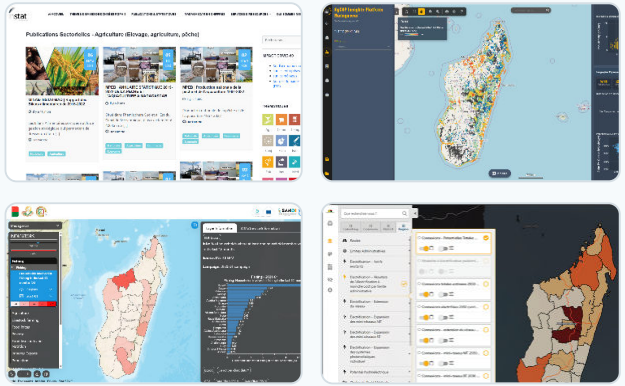
- **Mettre en œuvre des modèles économiques durables et renforcer leur viabilité.** Combiner un investissement initial subventionné et un recouvrement des coûts par des tarifs adaptés à la capacité de paiement des utilisateurs. Sélectionner les opérateurs selon leurs capacités techniques et commerciales : des coopératives ou des organisations de producteurs structurées là où la gouvernance est solide, sinon des opérateurs privés ou des entrepreneurs ruraux. Soutenir la structuration des organisations de producteurs et de pêcheurs, y compris les groupements de femmes qui dominent les activités post-capture, par la formation à la manutention, à l'hygiène et à la gestion, ainsi que l'amélioration de la logistique et de l'accès aux marchés. Maintenir un soutien public ciblé pour les sites à fort impact socio-économique mais à rentabilité limitée.

- **Adopter une approche progressive adaptée au contexte de chaque site.** Commencer par des solutions simples adaptées aux réalités locales, telles que la production de glace à l'énergie solaire et la conservation à court terme, là où le potentiel de refroidissement du poisson est élevé mais où l'approvisionnement en électricité fiable fait défaut, puis évoluer vers des chambres froides modulaires ou des centres de réfrigération communautaires uniquement lorsque les volumes, l'organisation de la chaîne de valeur et les liens avec les marchés sont suffisamment développés.

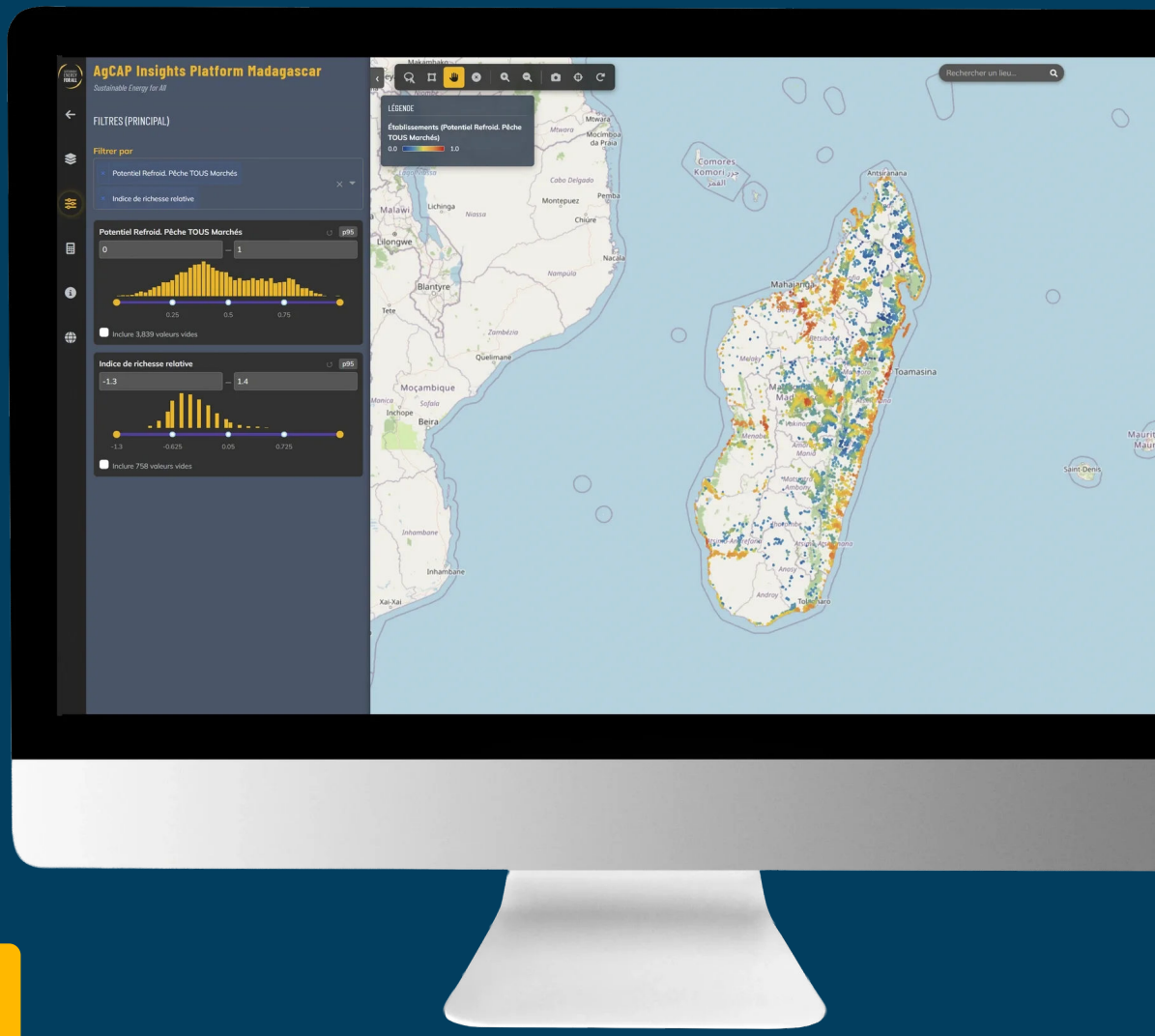
VALORISER LES DONNÉES :

- Basé sur des résultats d'AgCAP, une série de rencontres de mise en relation est envisagée afin de définir des opportunités concrètes de projets. Ces rencontres réuniront dans un premier temps les parties prenantes du secteur public, les partenaires au développement, les bailleurs de fonds et les acteurs du secteur privé afin de transformer le potentiel de refroidissement cartographié en un portefeuille de projets susceptible d'orienter les investissements.

Figure 24 : plateformes nationales de données potentielles pour la publication des résultats d'AgCAP (INSTAT, plateforme AgCAP Insights, Stat SANOI, IEP)



PLATEFORME AGCAP INSIGHTS



EXPLOREZ LES RÉSULTATS PAR VOUS-MÊME

www.agcap-insights.org/mdg/fr

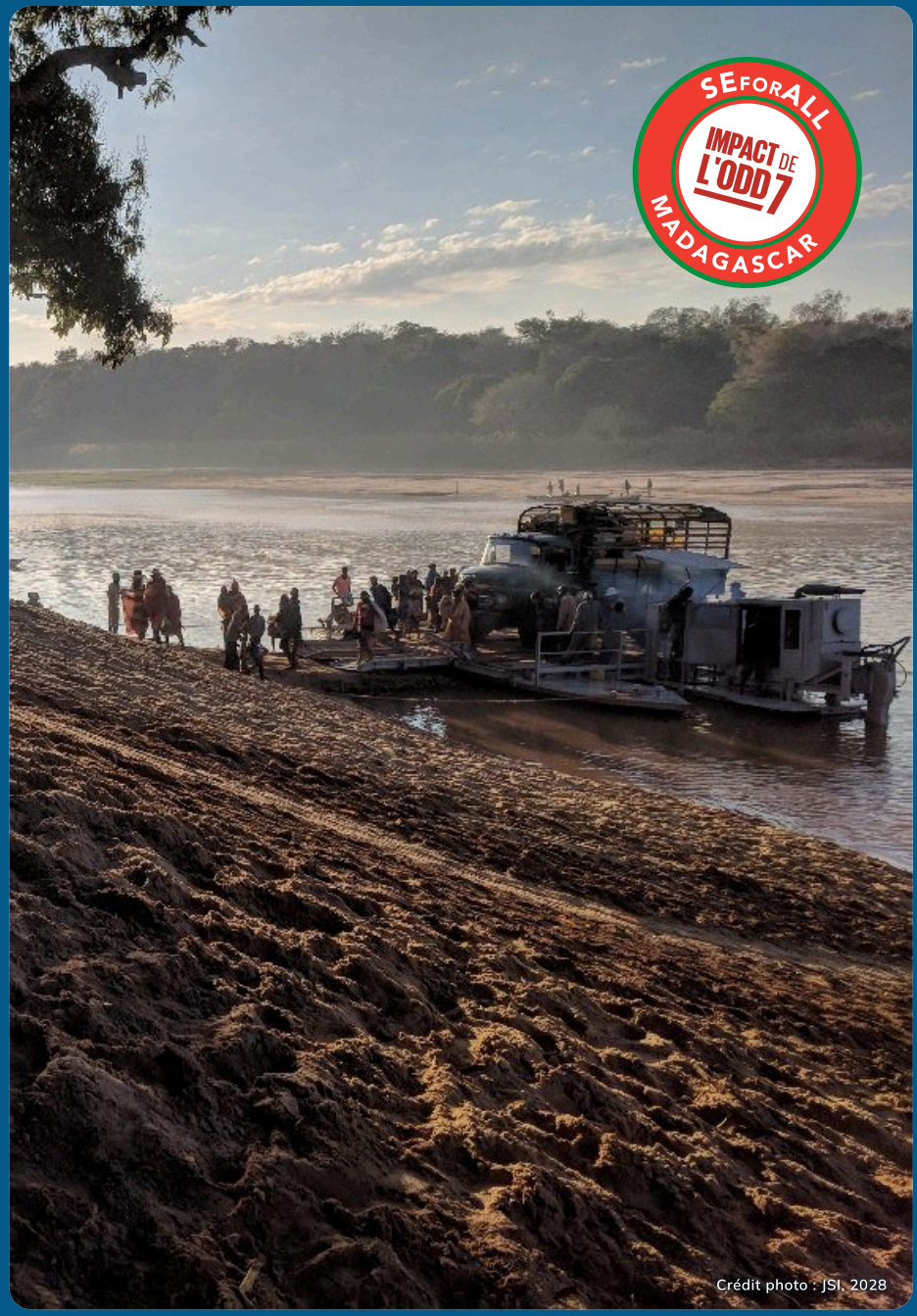
POUR TOUTE QUESTION :

uiep@seforall.org

À propos de SEforALL

Énergie durable pour tous (SEforALL) a un mandat mondial visant à accélérer les progrès en matière de transition énergétique dans les pays émergents et en développement. Hébergée par l'UNOPS, l'initiative travaille à la croisée des domaines de l'énergie, du climat et du développement, en partenariat avec des gouvernements et des organisations du monde entier afin de doubler l'efficacité énergétique, de développer considérablement les énergies renouvelables, de lutter contre le changement climatique et de stimuler la croissance économique à l'échelle mondiale.

SEforALL.org



Crédit photo : JSI, 2028