



## Forum de la perliculture

« *Synopsis sur les écloséries d'huîtres perlières* »

**Vendredi 26 octobre 2018**

Amphi IJSPF-Pirae

**8h15** - Accueil des participants

\*\*\*\*\*

**8h45** – Mots d'introduction et Présentation de la thématique du Forum

*Cédric PONSONNET, Directeur des Ressources marines et minières (DRMM)*

### **Thème 1 : ECLOSERIE : outil de recherche**

**9h00** – Point sur les programmes de R & D pour l'amélioration de la qualité des Perles de culture de Tahiti

*Dr. Cédrik LO (DRMM)*

**9h15** – Sélection génétique et huître perlière d'écloserie :  
des résultats prometteurs pour l'amélioration de la qualité de production

*Dr. Chin-Long KY (Ifremer)*

**9h40** - Zootechnie larvaire de l'huître perlière et apport du modèle huître creuse

*M. Manaarii SHAM KOUA (Ifremer)*

**10h00** – Sélection génétique de *P. maxima*

*Dr. David JONES (Ifremer)*

**10h25** – Vers la sélection génomique de *P. margaritifera*

*Dr. Jérémy LE LUYER (Ifremer)*

**10h45** – Pause

**11h15** – Quelques clés pour l'amélioration génétique de l'huître perlière  
à partir de l'expérience acquise en France

*Dr. Pierrick HAFFRAY (SYSAAF)*

\*\*\*\*\*

**12h00** - Pause déjeuner libre



## **Forum de la perliculture**

### **Vendredi 26 octobre 2018**

#### **Thème2 : ECLOSERIE : Outil de production & Commercialisation**

**13h00** – L’approvisionnement en huître perlière de la filière perlicole d’hier à aujourd’hui et de demain

*Mereani BELLAIS (DRMM)*

**13h20** - Témoignages de responsables d’écloserie d’huîtres perlières en P.F.

*Intervention et échange avec des professionnels en écloserie*

Echanges et discussions

\* \* \* \* \*

**15h00**

Clôture du Forum

# *Forum de la perliculture*

*26 octobre 2018*



*Point sur les programmes de recherche pour l'amélioration de la  
qualité des perles de culture de Tahiti*

**Dr. Cédrik Moana LO**

*DRMM*

Cellule Innovation et Valorisation

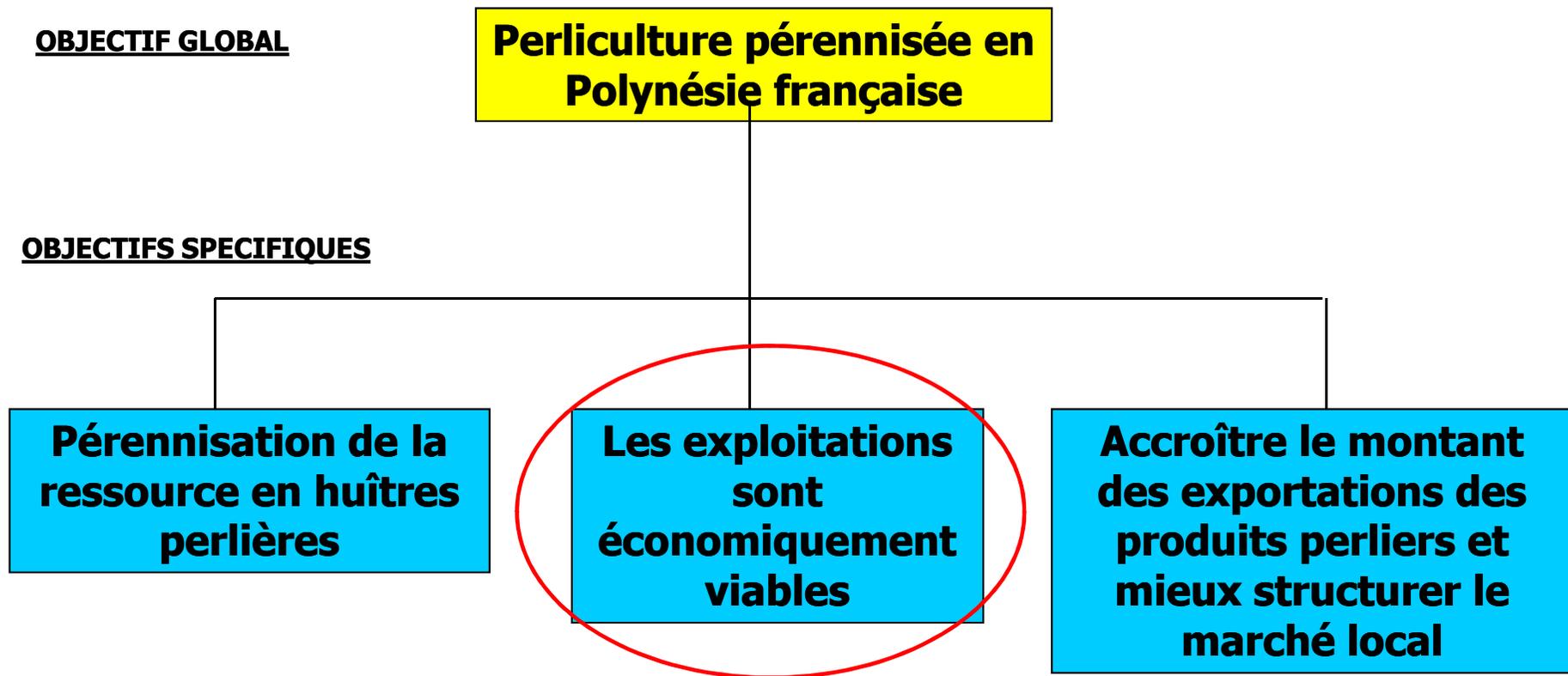


*Forum de la perliculture – 26 octobre 2018*



# Les perspectives stratégiques

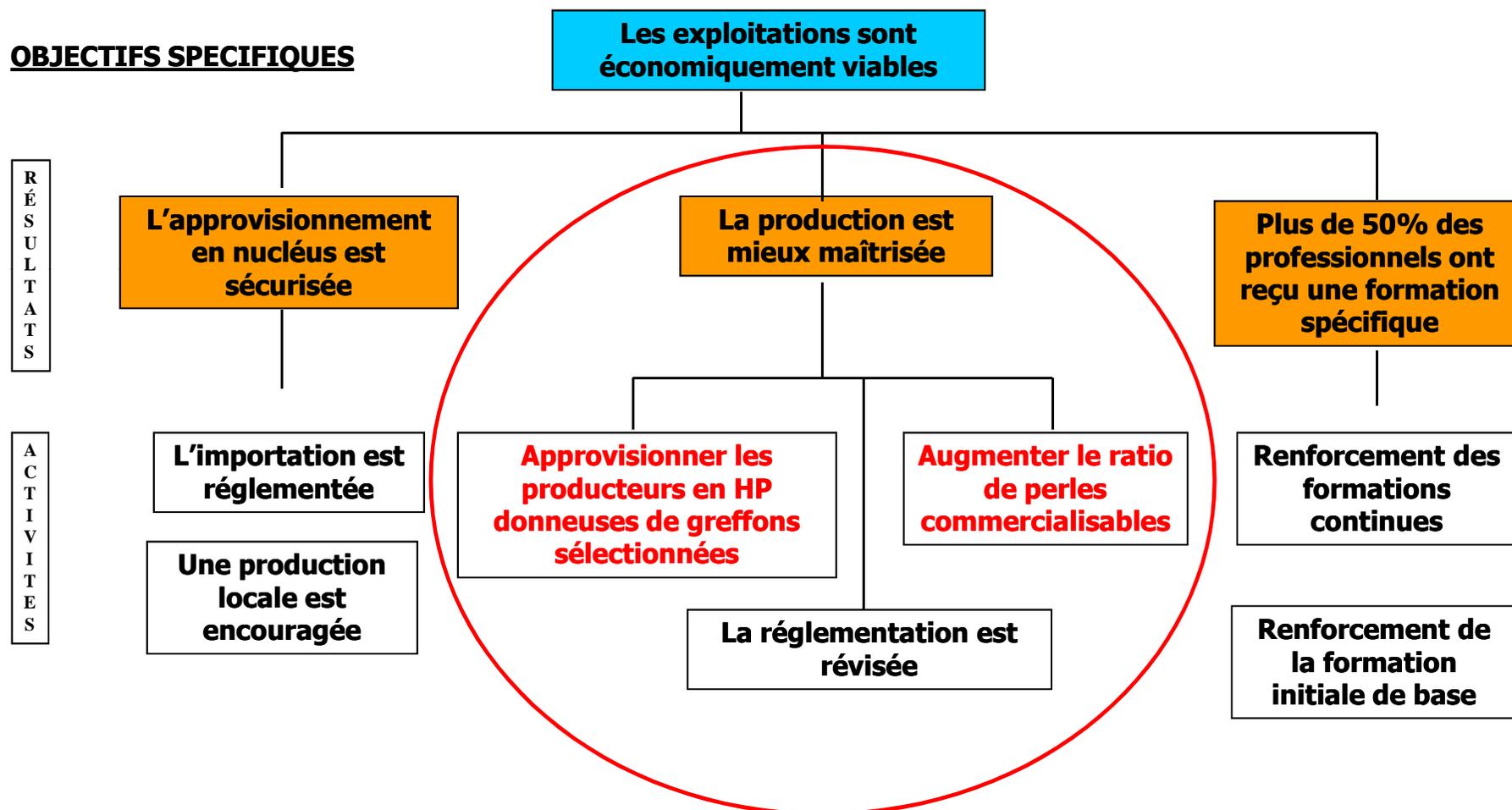
## PLAN DE DEVELOPPEMENT DE LA PERLICULTURE EN POLYNESIE FRANCAISE HORIZON 2023



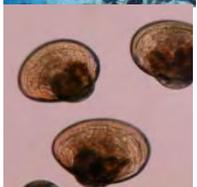
# Les perspectives stratégiques

PLAN DE DEVELOPPEMENT DE LA PERLICULTURE EN POLYNESIE FRANCAISE  
HORIZON 2023

## OBJECTIFS SPECIFIQUES



# Les objectifs et résultats attendus



- **Augmenter le ratio de perles commercialisables par :**
  - une optimisation des résultats de greffe (**sélection des HP, nucléus reconstitué, pharmacopée, greffe cellulaires...**)
  - une amélioration des pratiques zootechniques (outils d'analyse précoce de la qualité, affinage, tech. greffe...)
- **Approvisionner les producteurs en HP sélectionnées par :**
  - **constitution des stocks HP sélectionnées (nacrothèque);**
  - **maîtrise des techniques de transfert de naissains;**
  - **garantir la production et distribution d'HP donneuses de greffons sélectionnées génétiquement**
- **La réglementation est révisée**  
***Loi de Pays n°2017-16 du 18 juillet 2017***
  - **contrôle après production**
  - **stock d'HP greffées déclaré**
  - **sanctions renforcées**

# Evolution de la R & D en perliculture

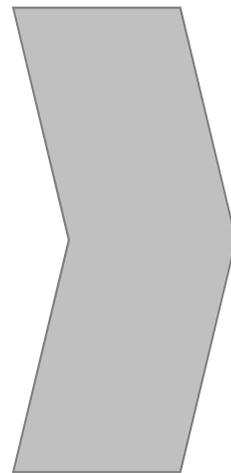
*Vers une perliculture mieux maîtrisées et durable*

## Logique du cheminement scientifique



### Phase : acquisition

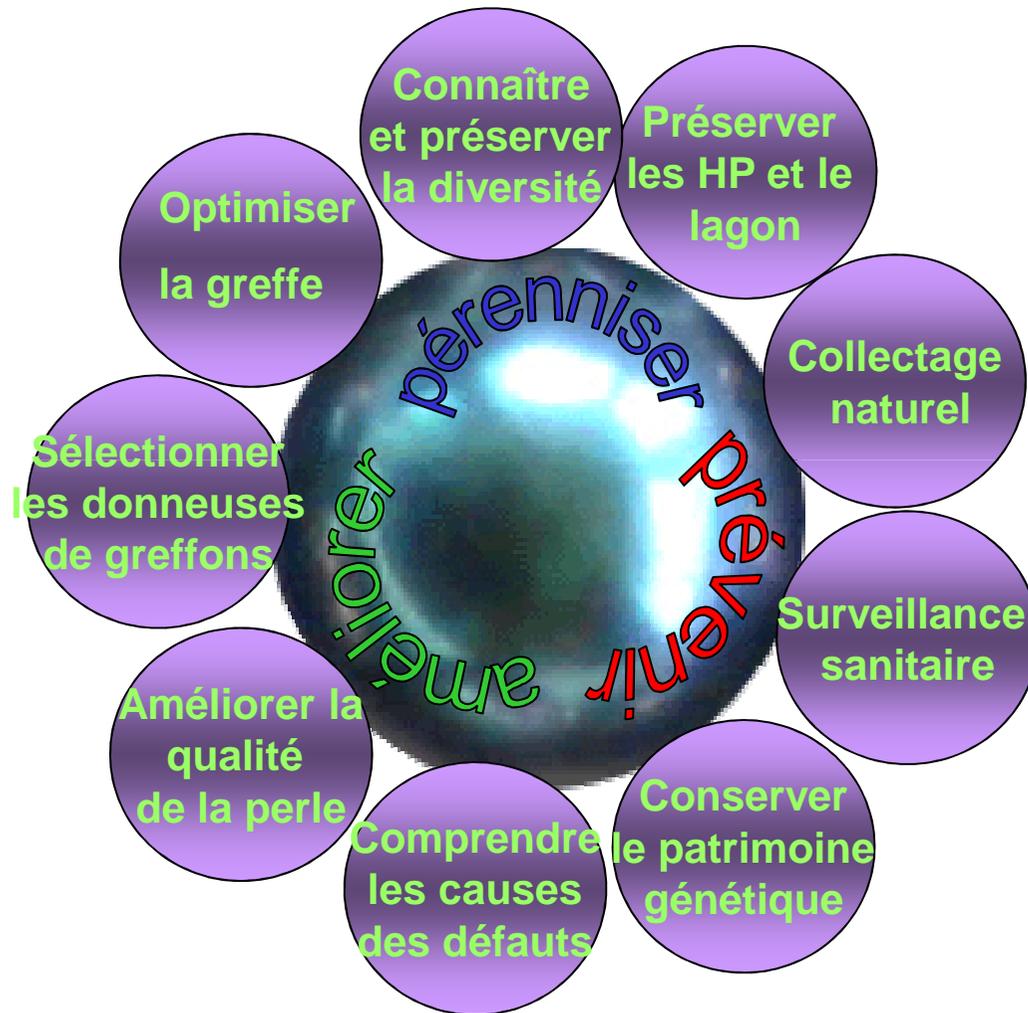
- Biologie
- Physiologie
- Ecologie
- Environnement & santé
- Biodiversité
- Pathologie



### Phase : application, transfert et préservation

- Sélection génétique (nacrothèque, écloseseries, centre de réception et grossissement, ...)**
- Optimisation zootechnique (conditionnement HP avant et après greffe, greffe vs surgreffe, technique de greffe, nouveaux produits écoefficientes, pharmacopée des HP...)
- Gouvernance (gestion intégrée, réglementation...)
- Capacité écosystème (gestion ressource, gestion déchets, zonage perlicole, suivis qualité du milieu...)
- Communication & formations

# Structuration de la recherche



## Partenaires en P.F. :

Ifremer - CIP  
EPHE-CNRS (Criobe)  
IRD  
UPF

## Programmes collaboratifs :

1992-1999

**PGRN** (8 partenaires)

2007-2008

**PERDUR** (5 partenaires)

2007-2010

**Inter actions lagon – H.P**  
(15 partenaires)

2008-2012

**GDR ADEQUA** (10 partenaires)

2010-2011

**Regenperl** (5 partenaires)

2011-2012

**Biodiperl** (6 partenaires)

2012-2016

**Polyperl** (10 partenaires)

2016-2019

**CV** coopération Ifremer Privés  
DRMM

2017-2021

**Management of Atolls** (9  
partenaires)

**Gestion des déchets  
perlicoles**

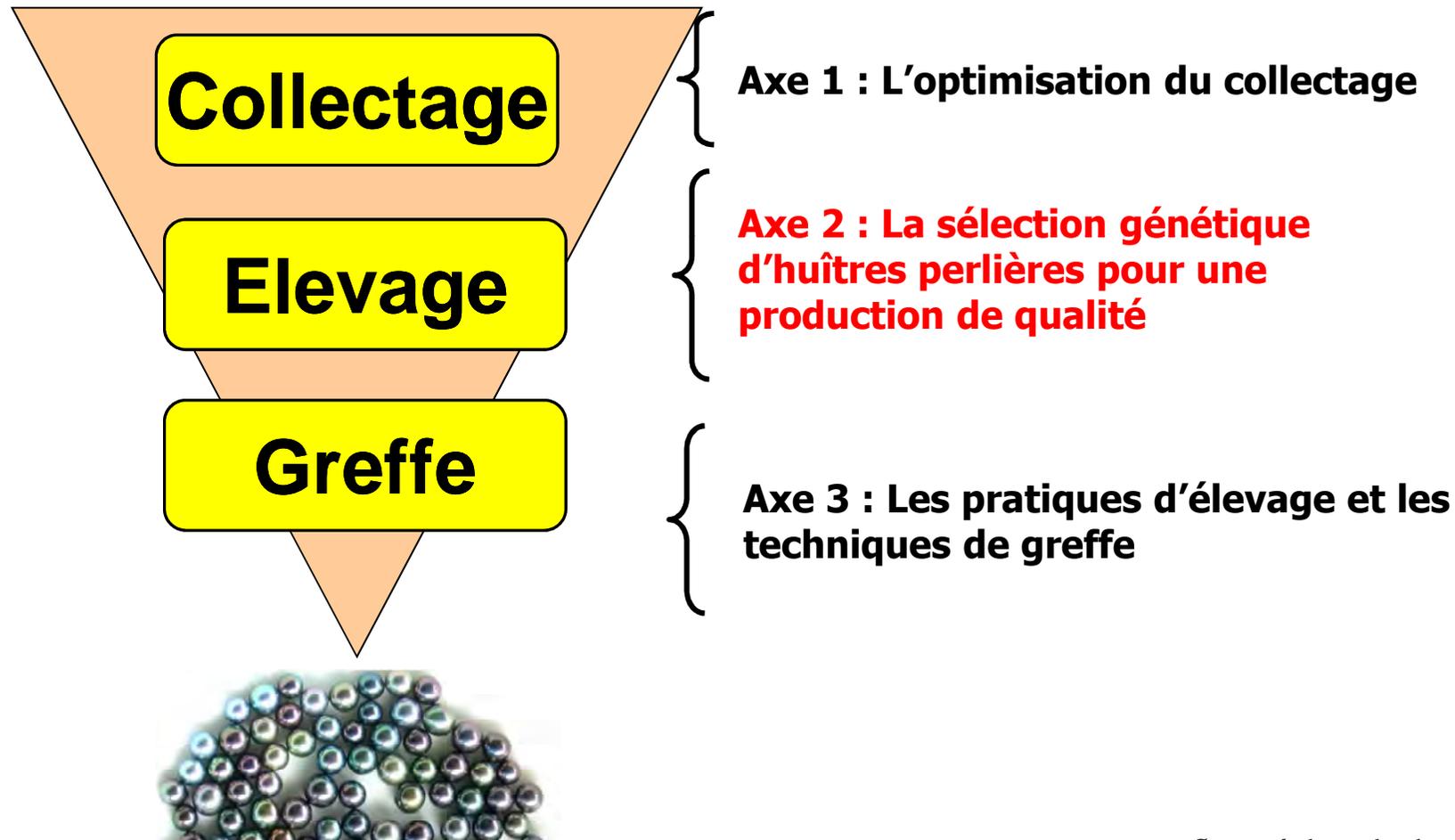
## Financements :

Etat (CD II, CdP, ANR, MOM) –  
P.F. – Europe (F.E.D) - Privés

*Forum de la perliculture – 26 octobre 2018*

# Organisation de la recherche

## Les thématiques prioritaires de recherche retenus...



# La sélection génétique pourquoi?

A l'instar de ce qui se pratique en Australie et en Asie, la perliculture en Polynésie doit se moderniser et maintenir son avance en utilisant dans la **production des huîtres perlières améliorées**. Les avantages sont nombreux et cette pratique apporterait des solutions à une majorité de problèmes que rencontre le producteur aujourd'hui.

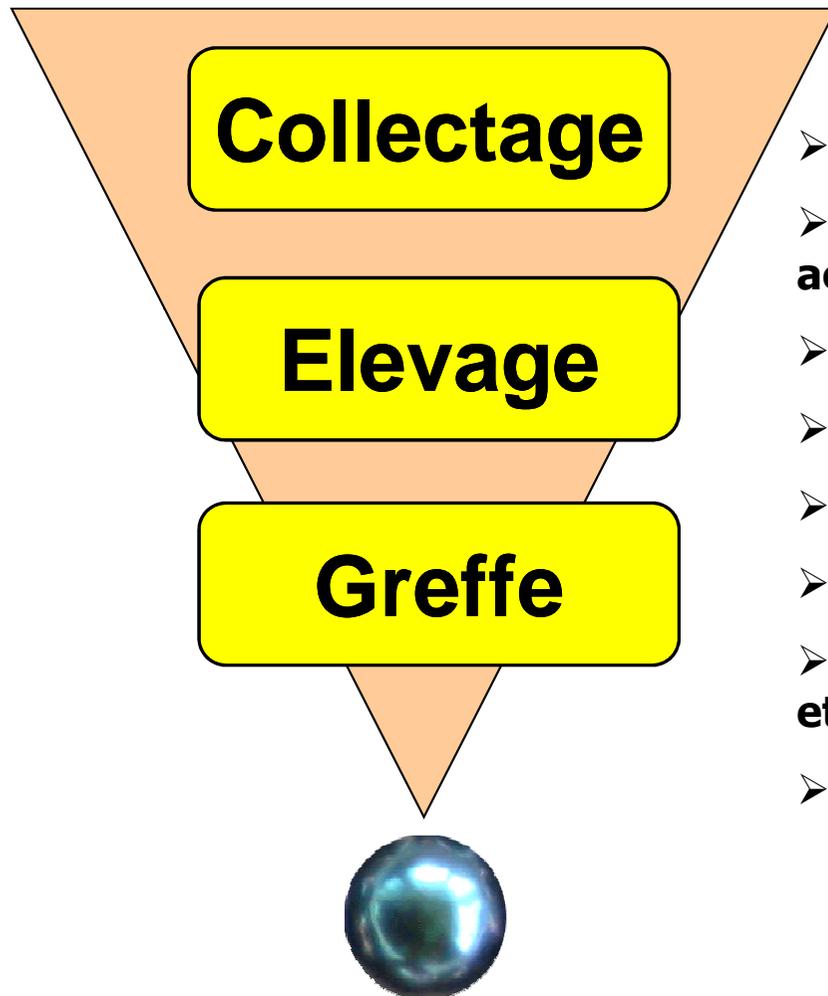
Les avantages au bénéfice de la filière seraient :

- une **qualité de production** de plus en plus importante dans les récoltes, au fil des cycles successifs de la sélection génétique
- **des huîtres perlières mieux adaptées au milieu** de chaque lagon de culture face aux modifications de l'environnement (mortalité observée en particulier sur les jeunes nacres et naissains sur certain atoll comme Takaroa) ;
- des **pratiques de production qui évolueront** en rapport avec des gains accrus générés par la qualité des produits : moins de collecteurs à immerger avec un élevage en conformité avec la surface d'exploitation concédée ;
- une **charge des lagons en diminution** pour un lagon en bonne santé, et une meilleure image environnementale de l'activité perlicole ;

Pour obtenir au final, « **Une belle perle dans un beau lagon** »

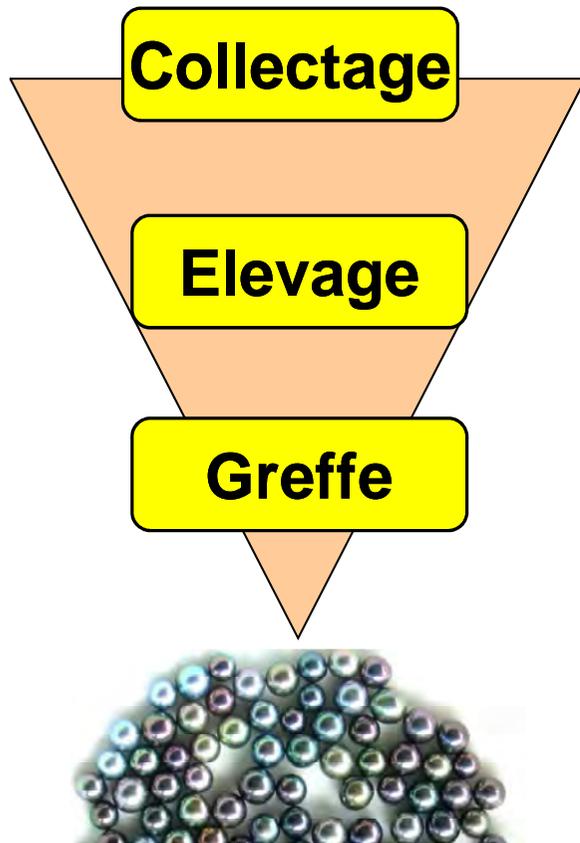
# Organisation de la recherche

## Des programmes de recherche associés et complémentaires...



- **GDR ADEQUA (axes 2 et 3)**
- **Professionalisation et pérennisation : « Interactions Lagon – Huîtres perlières » (axe 1)**
- **RegenPerl (axes 1 et 2)**
- **BiodiPerl (axes 1 et 2)**
- **PolyPerl (axes 1, 2 et 3)**
- **MANagement of Atolls (axe 1)**
- **coopération tripartite pour la R & D (axes 1,2 et 3)**
- **Gestion des déchets (axe 1)**

*A partir de 2017...*



- **Outils de prévision** : Supports aux outils de gestion de l'espace et de la ressource en huîtres perlières (OTI)
- **Outils de sélection (écloserie)** : Amélioration génétique de l'huître perlière *Pinctada margaritifera* (*AmeliGEN*)
- **Outils d'amélioration de la qualité** : Origine des défauts des perles (CAMP), enrobage et qualité du nucleus
- **Outils de certification** : Mesure automatique de l'épaisseur de la nacre par rayons X (MAIAO)

Outils financés par le Contrat de projet Etat-Pays 2015-2020 et soutenus par des programmes collaboratifs financés par le Pays, des Privés et l'Etat pour leur fonctionnement sur le modèle Biologique « huître perlière »

# AmeliGEN (Amélioration génétique de l'huître perlière *Pinctada margaritifera*)

**Objectifs :** Ce programme a pour objet l'acquisition de matériel technique visant à soutenir la perliculture et renforcer son activité économique au travers de l'amélioration génétique de l'huître perlière pour une production de perles de culture de Tahiti de haute qualité.

**Partenaires :** GIE perliculteurs, l'Ifremer, le CRIOBE (CNRS, EPHE) et l'INRA.

## Coûts des équipements 2016-2017 : 18 MF TTC

Avec les outils à acquérir (microscopes, loupes binoculaires, sondes multiparamètres et PC adapté), les objectifs majeurs d'AmeliGEN consistent à :

- 1- établir les connaissances zootechniques indispensables à l'implantation d'**écloseries** et de **centres de réception** et de grossissement du naissain sélectionnés ;
- 2- établir une **cartographie** de la qualité des perles produites en Polynésie française ;
- 3- développer les **outils moléculaires** pour la sélection des huîtres perlières ;
- 4- **transférer** les résultats de la recherche aux perliculteurs

## Plan financement (FBO AP 73.2016 CdP II)

Total HT	15 829 204 XPF (133 487€)
Etat (50% du HT)	7 964 602 XPF (66 743€)
Pays (50% + TVA)	7 964 602 XPF (66 743 €)
<b>TOTAL TTC</b>	<b>18 000 000 XPF</b>

## Budget fonctionnement

Total : 84 Mxpf soit 21 Mxpf/an de 2016 à 2020

taches	actions	sujet	Equipement	Quantité	Prix unitaire (euros)	Prix unitaire (xpf)	Coût total investissement (xpf)
WP0 Coordination		coordination					
WP1 Sélection génétique	1_1	Ressources	Microscope	1	6400	763 723	763 723
	1_2	Reproductions	Binoculaire	1	2300	274 463	274 463
	1_3	Ecloserie				0	0
WP2 Génétique moléculaire	2_1	SNP	Robot d'extraction ADN -ARN type Maxell	1	25 000	2 983 294	2 983 294
	2_2	Genome				0	0
	2_3	Expression				0	0
WP3 Adaptation génétique	3_1	Cartographie	Sondes multiparamétriques	6	19025	2 270 286	13 621 718
	3_2	Analyses stat	PC portable	1	1000	119 332	119 332
	3_3	Plasticité					
				<b>TOTAL</b>	53725	6 411 098	<b>17 762 530</b> <b>148 850 €</b>



# Evolution de la sélection génétique en perliculture

*De la recherche génétique vers la sélection commerciale*

## Logique du cheminement scientifique

2005

2008

2018

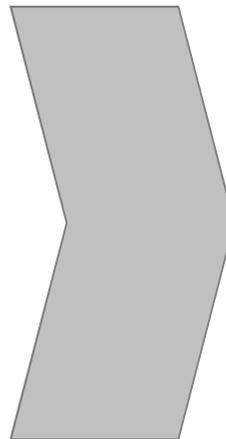
20...



**Innovation & Valorisation**

### Phase : Recherche génétique

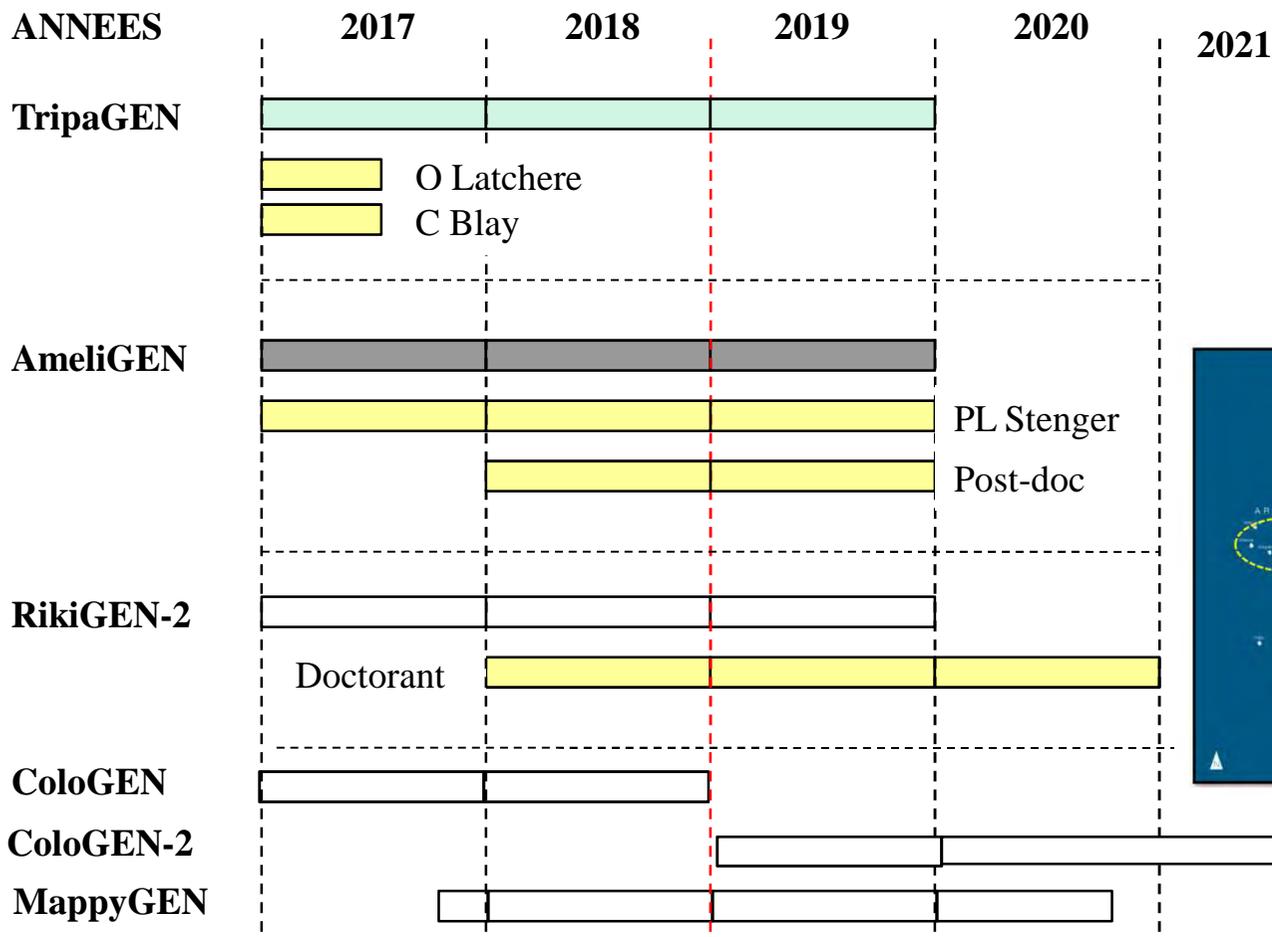
- Validation de la transmissibilité
- Identification des caractères
- Définition méthode de mesure
- Etude de variabilité phénotypique
- Etude de leur déterminisme (héritabilité)
- Estimation des gains potentiels



### Phase : validation, application, transfert commercial

- Définition des objectifs
- Définir un programme de sélection
- Caractères à sélectionner et poids
- Choix de l'intervalle inter génération, nb de parents et de familles par génération, pression sélection par caractère
- Méthode de sélection (choix outils génomiques adaptés...)
- Choix population départ
- Choix des effectifs à mesurer
- Adaptation des infrastructures
- Formation du personnel

# Les conventions de recherche en sélection génétique

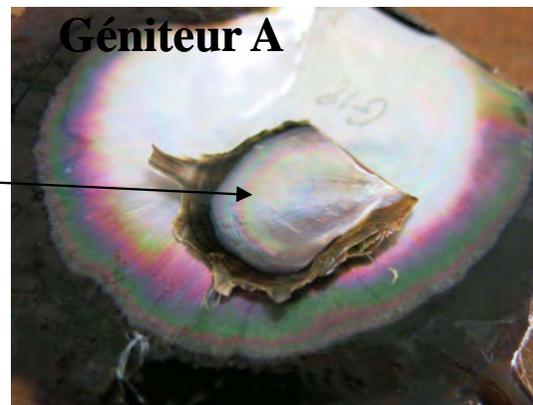


# Les actions prévues en matière de sélection

- Amélioration de la qualité des perles par la sélection génétique d'HP donneuses de greffons ;

➔ Programmes de R & D : production famille G1 sélectionnées, greffes, nacrothèque, écloséries...

➔ Participation financière des perliculteurs du GIE Poe no Raromatai (CV MappyGEN) pour la reproduction d'HP sélectionnées et la réception des larves issues de l'écloserie d'Ifremer aux ISLV



Naissain A1 issu d'écloserie

Sélection de géniteurs à fort potentiel (biominéralisation et couleurs) pour la reproduction en écloserie et la production de famille G1 donneuse de greffons

# Evolution de la sélection génétique en perliculture

*De la recherche génétique vers la sélection commerciale*

## Logique du cheminement scientifique



### Phase 1 : Recherche génétique

- Validation de la transmissibilité
- Identification des caractères
- Définition méthode de mesure
- Etude de variabilité phénotypique
- Etude de leur déterminisme (héritabilité)
- Estimation des gains potentiels

### Phase 2 : validation, application, transfert commercial

- Définition des objectifs
- Définir un programme de sélection
- Caractères à sélectionner et poids
- Choix de l'intervalle inter génération, nb de parents et de familles par génération, pression sélection par caractère
- Méthode de sélection (choix outils génomiques adaptés...)
- Choix population départ
- Choix des effectifs à mesurer
- Adaptation des infrastructures
- Formation du personnel

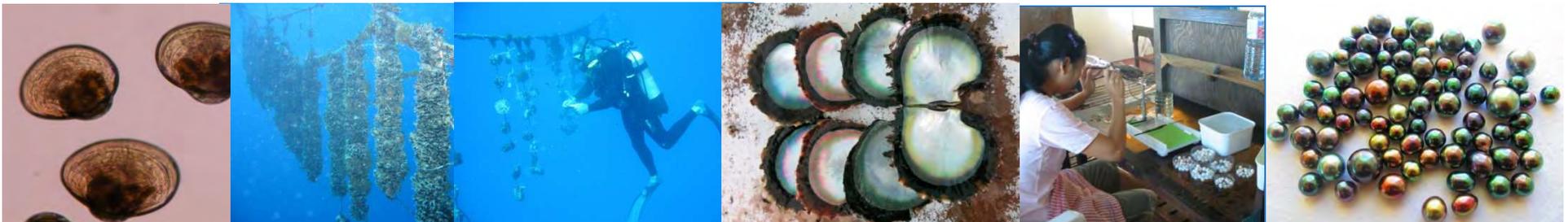
## Objectifs phase 2

*De la recherche génétique vers la sélection commerciale*

**Une nouvelle étape s'annonce qui nécessitera des choix :**

- **de stratégies,**
- **d'objectifs,**
- **de programmes,**
- **de méthodes ,**

**pour permettre une exploitation commerciale optimum de la sélection génétique.**



# *Forum de la perliculture*

*26 octobre 2018*



DIRECTION DES  
RESSOURCES MARINES  
PU FA'AHOTU MOANA



# *Maururu*



# *Forum de la perliculture*

## *26 octobre 2018*

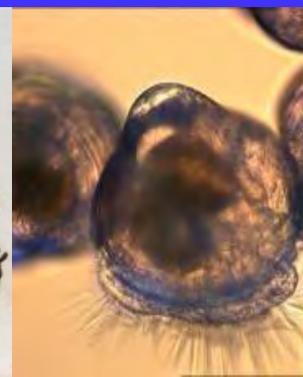


### *L'approvisionnement en huîtres perlières de la filière perlicole d'aujourd'hui et de demain*

Mereani BELLAIS

*DRMM*

Cellule Innovation et Valorisation





# L'approvisionnement en huîtres perlières de la filière perlicole en Polynésie française

## I – Le marché de la demande et de l'offre des huîtres perlières (HP)

A – Situation des besoins en HP de la filière perlicole

B – Les principaux fournisseurs en HP : les atolls collecteurs qui collectent et qui émettent

## II- Les écloséries d'huîtres perlières en Polynésie française

A- Les écloséries expérimentales d'huîtres perlières

B- Les écloséries privées d'huîtres perlières de production

## III – Réglementation

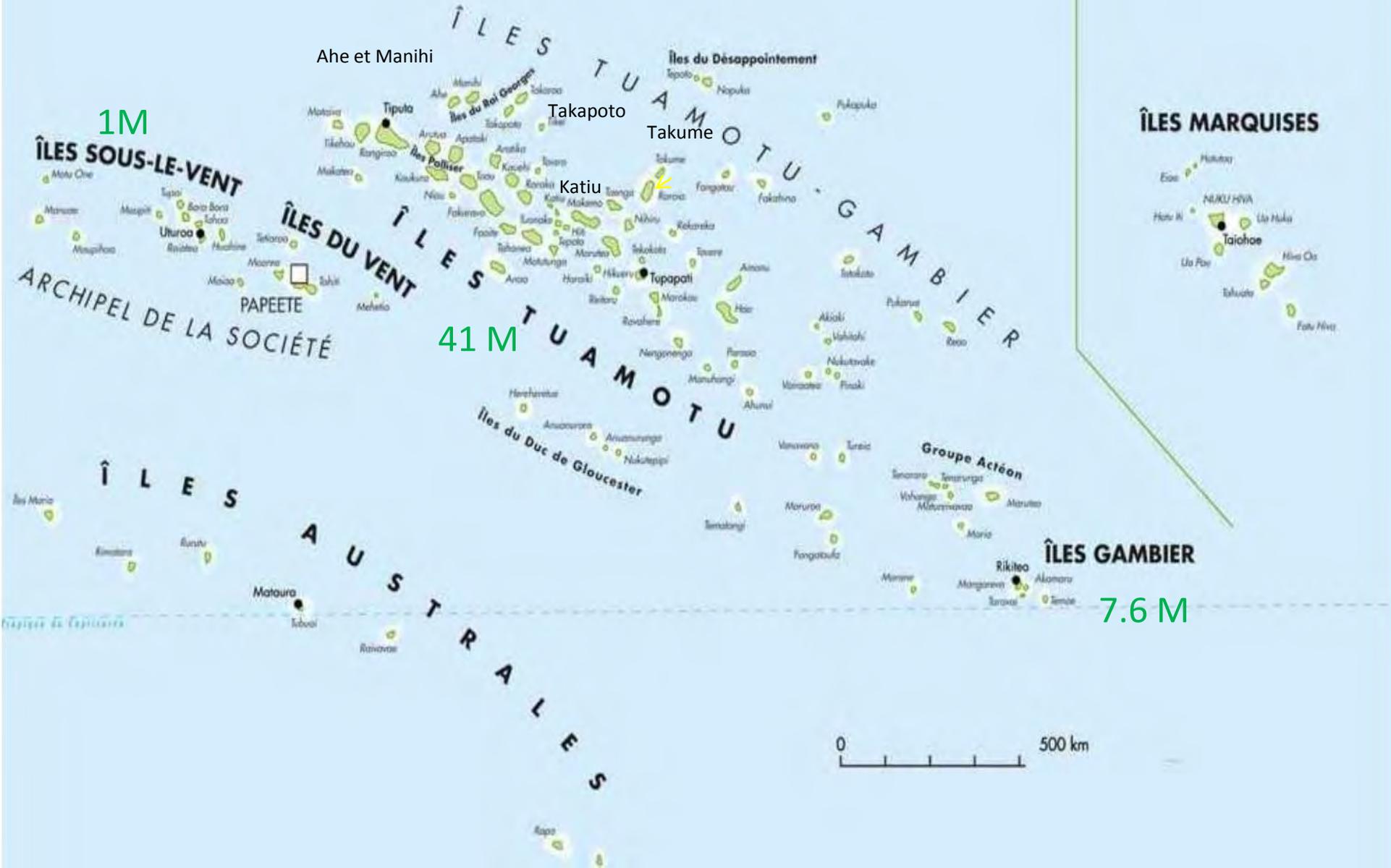
A- Les autorisations délivrées aux producteurs d'huîtres perlières

B- Les autorisations délivrées aux producteurs d'huîtres perlières en éclosérie

## IV – L'approvisionnement en HP de la filière de demain ?

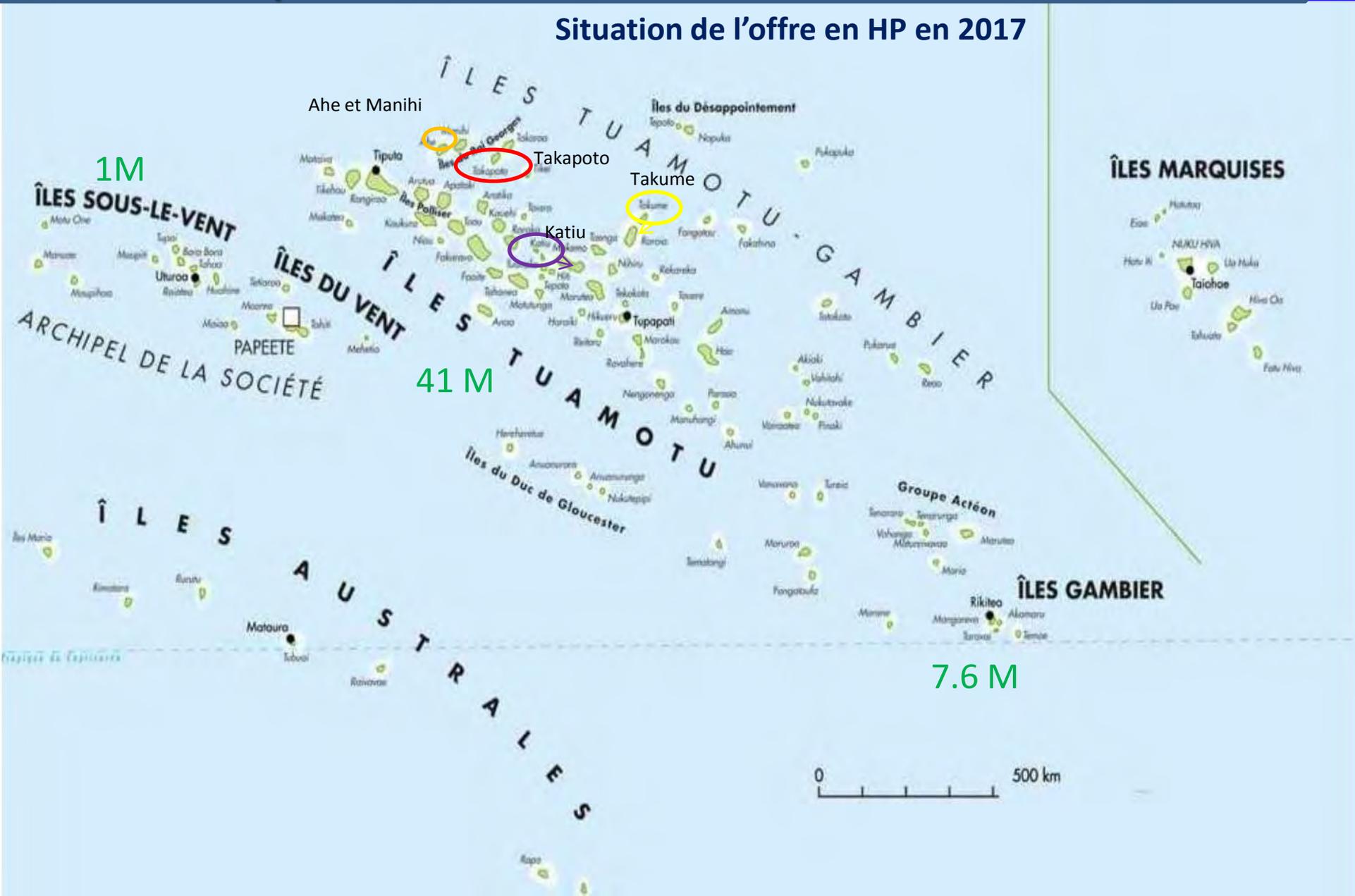
# I - A- Situation des besoins en HP de la filière perlicole

## Situation de la demande en HP destinées à la greffe depuis 2015



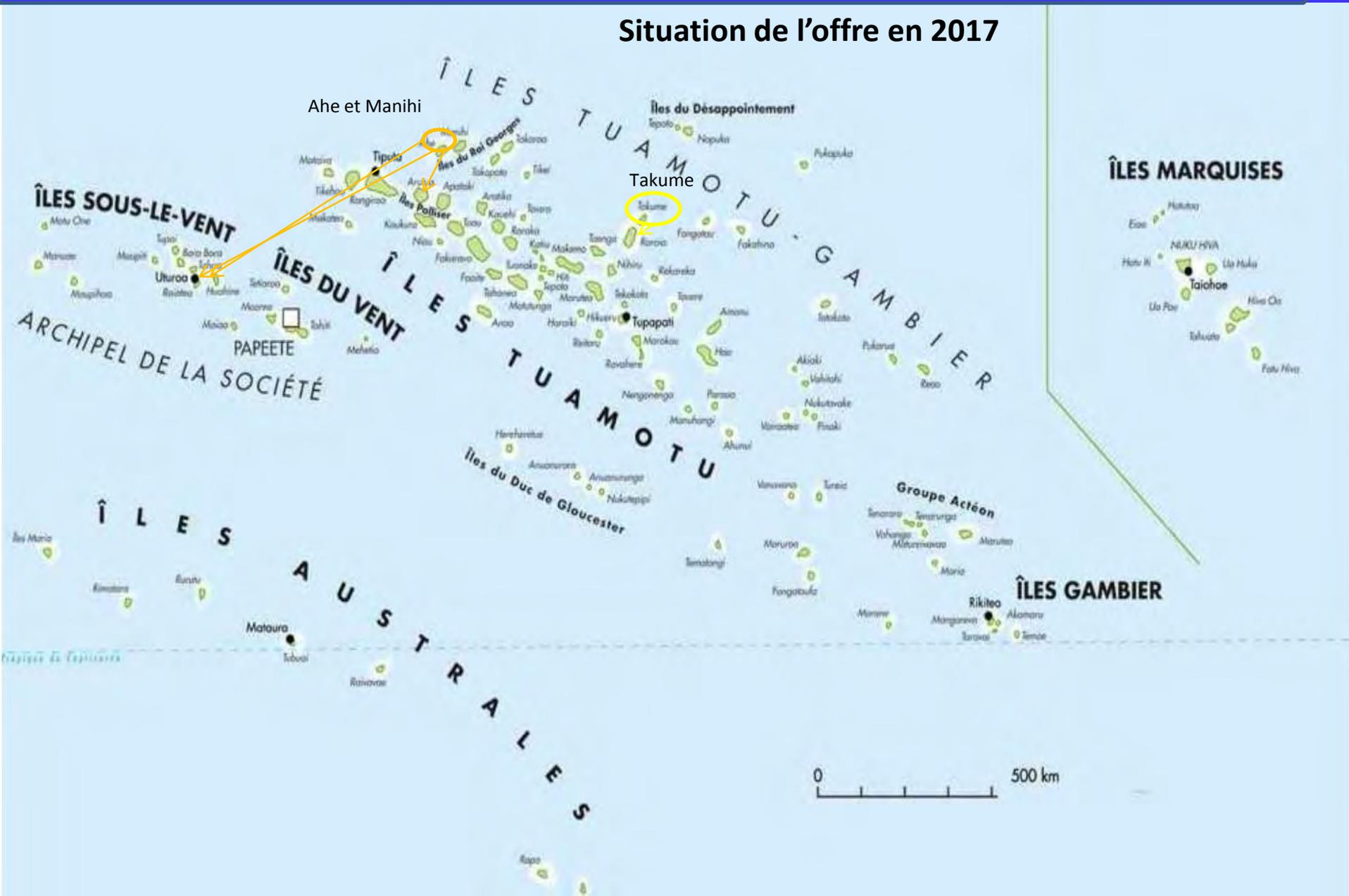
# I - B Les principaux fournisseurs en HP : les atolls collecteurs qui collectent et qui émettent

Situation de l'offre en HP en 2017



# I - B Les principaux fournisseurs en HP : les atolls collecteurs qui collectent et qui émettent

Situation de l'offre en 2017



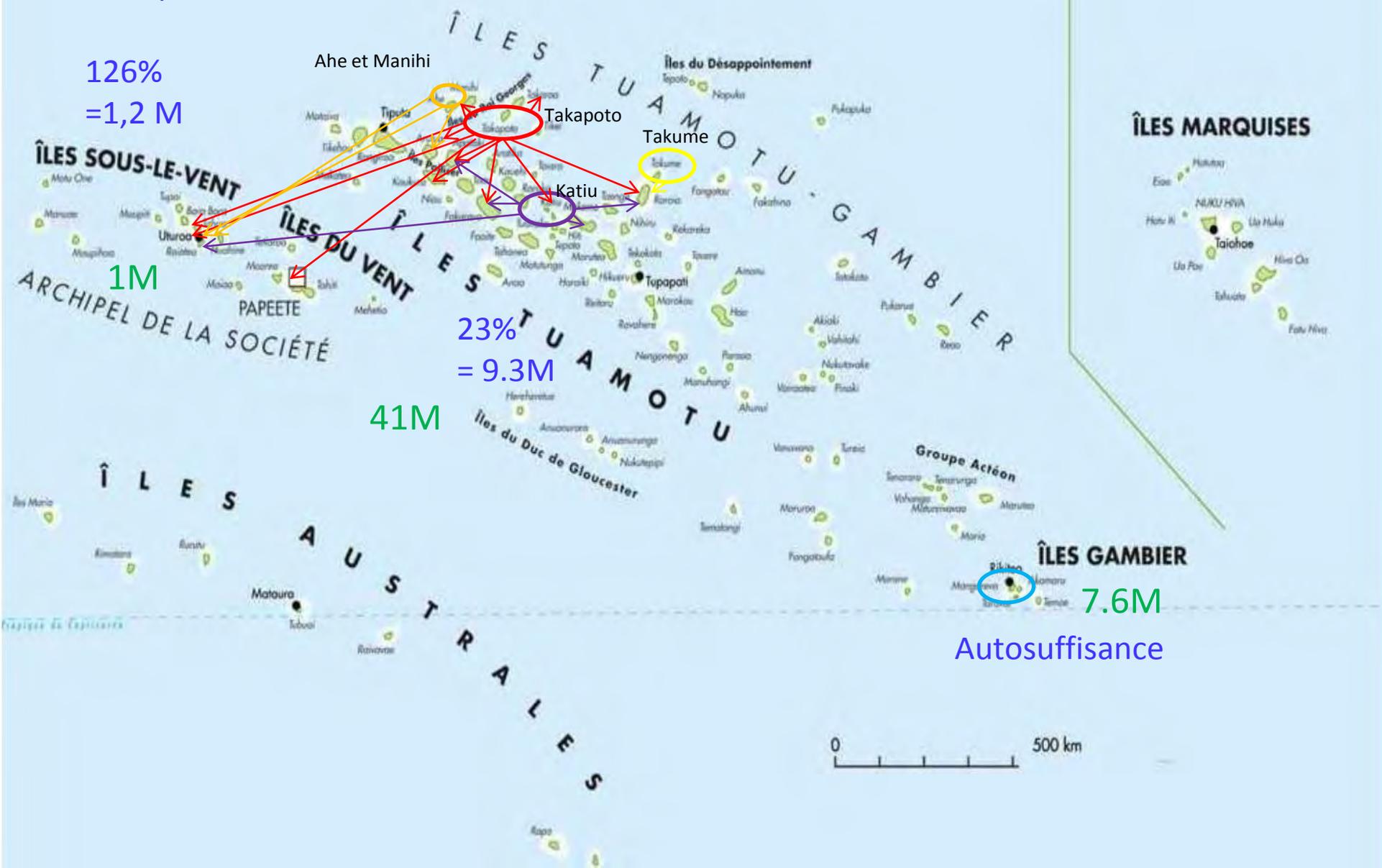
# I - B Les principaux fournisseurs en HP : les atolls collecteurs qui collectent et qui émettent

Situation de l'offre en 2017

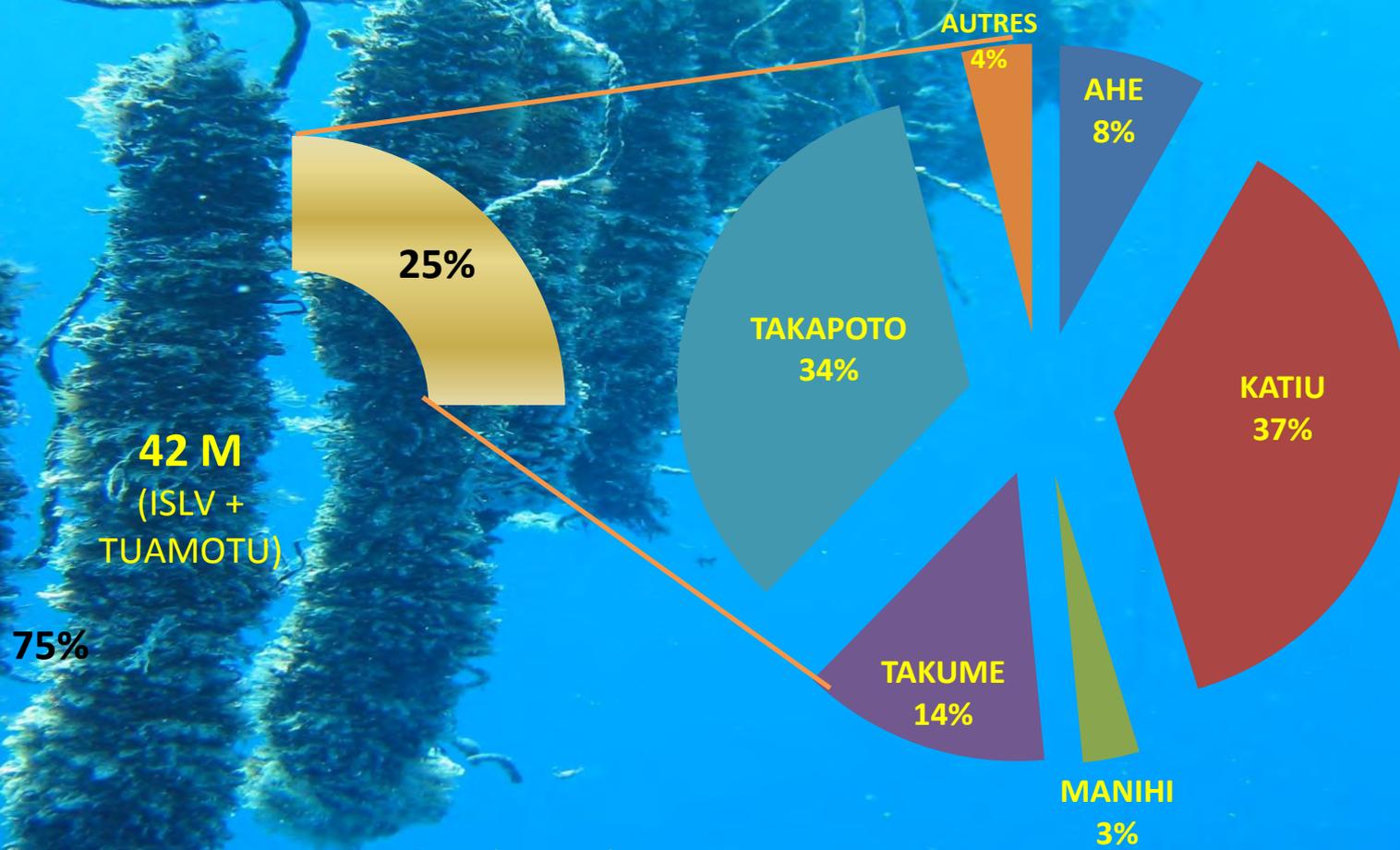


# I - B Les principaux fournisseurs en HP : les atolls collecteurs qui collectent et qui émettent

Taux de réponse des atolls collecteurs émetteurs aux besoins en HP



# Les atolls collecteurs émetteurs sont peu nombreux



Le marché restant de l'offre (75%)?

# Les atolls collecteurs émetteurs méritent notre respect

**Ils ont permis à la filière perlicole de se développer, l'un des piliers du secteur productif, deuxième ressource du Pays**

**1- Exploitions les de manière pérenne**

**2- Respectons la capacité de charge des lagons des atolls collecteurs**

**3- Mettons en oeuvre ensemble un plan de gestion des déchets perlicoles pour préserver nos lagons et nos cheptels**

**Lorsque les atolls collecteurs arrêteront d'émettre, beaucoup de professionnels de la perle disparaîtrons**

# L'approvisionnement en huîtres perlières De la filière perlicole en Polynésie française

I – Le marché de la demande et de l'offre des huîtres perlières

A – Situation des besoins en HP de la filière perlicole

B – Les atolls collecteurs qui collectent et émettent

## II- Les écloseries d'huîtres perlières en Polynésie française

A- Les écloseries expérimentales d'huîtres perlières

B- Les écloseries d'huîtres perlières de production privées

III – Réglementation

A- Les autorisations délivrées aux producteurs d'huîtres perlières

B- Les autorisations délivrées aux producteurs d'huîtres perlières en écloserie

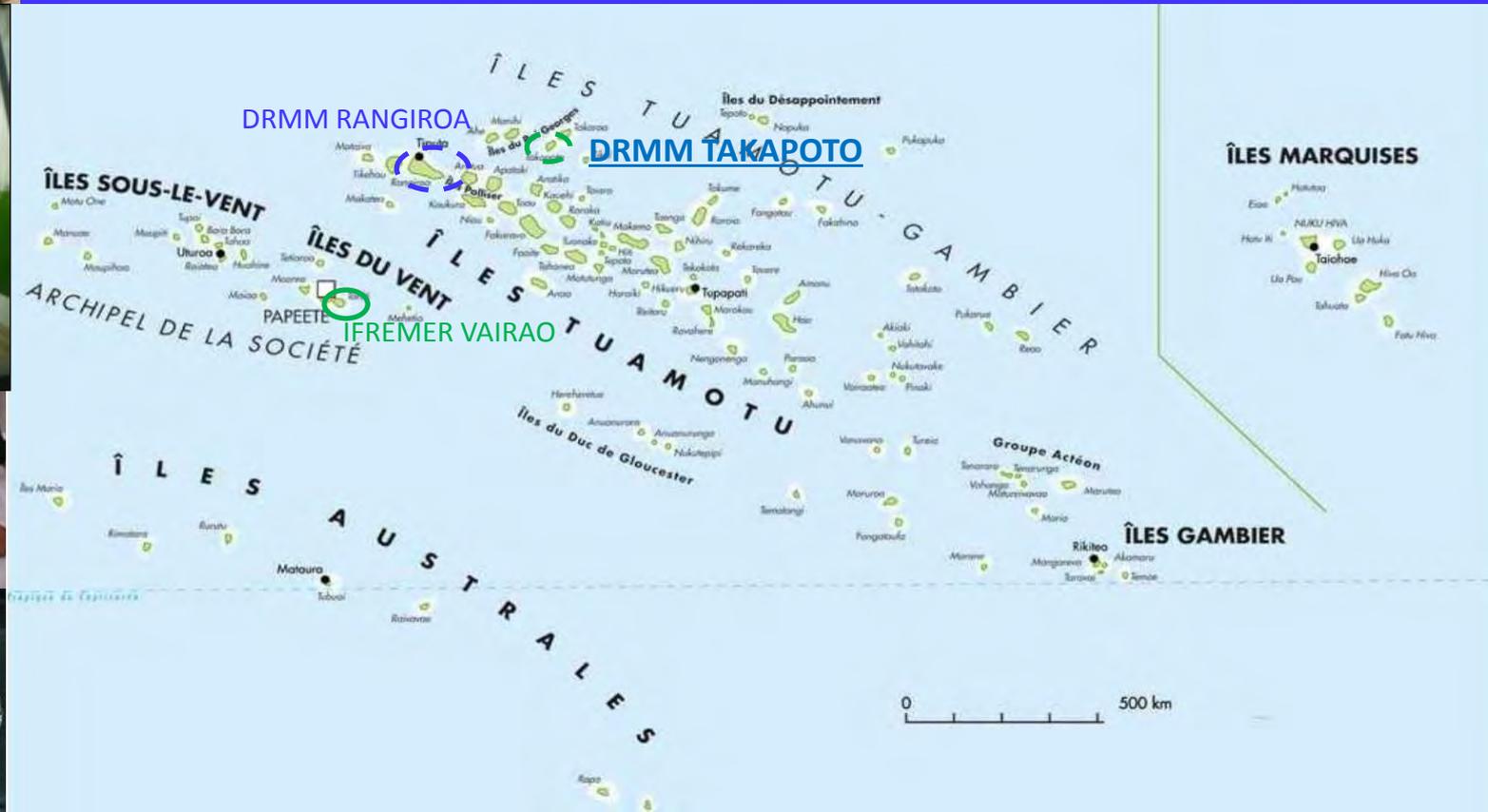
IV – L'approvisionnement de la filière de demain ?



## II- La Situation des écloseries d'huîtres perlières en Polynésie française

### A- Les écloseries expérimentales d'huîtres perlières

OBJECTIFS : explorer les voies d'optimisation des procédures pour rentabiliser et pérenniser l'activité des entreprises perlicoles



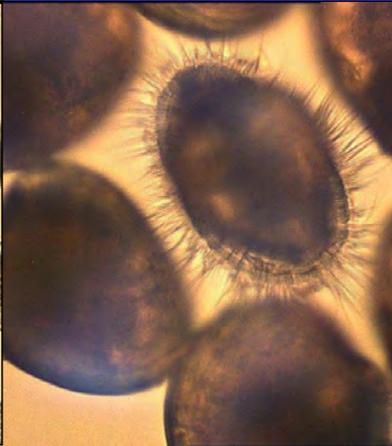
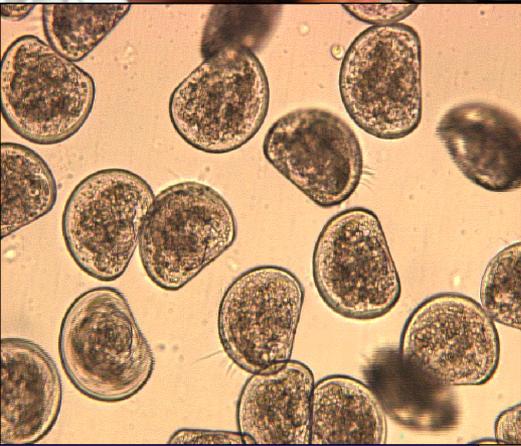
# A - Les écloséries expérimentales du Pays sont implantées dans les Tuamotu

## 1- Installation en cours d'une petite unité éclosérie R&D à l'antenne de la DRMM de TAKAPOTO

Bâtiments techniques mis en place à la fin des années 70  
Travaux de réhabilitation des locaux et **d'équipements** en cours  
(parcelle 2200 M2, bâtiments < 150 M2, concessions = 10 Ha )  
Capacité de production < 100 000 unités

### Objectifs

Appuyer la mise en **œuvre** des programmes R&D sur la reproduction de **l'huîtres** perlières (pharmacopée, fixation, télécaptage, algues de fourrage...) – **Sécuriser et rentabiliser les exploitations de production**



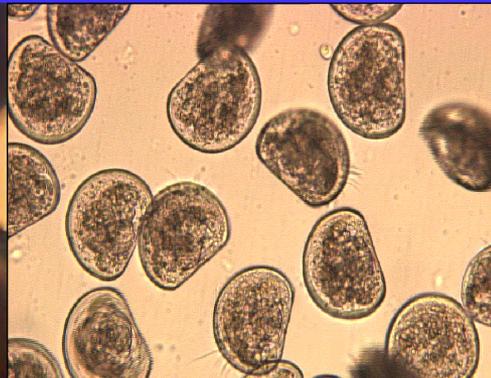
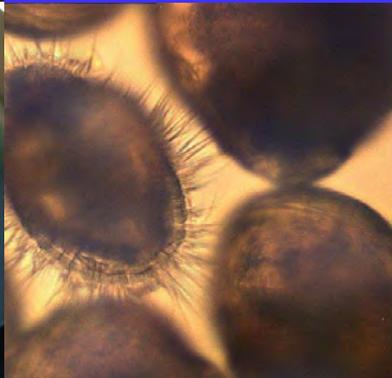
# 1- Installation en cours d'une petite unité éclosion R&D à l'antenne de la DRMM de TAKAPOTO

## Objectifs de l'antenne de Takapoto :

- Contribuer à l'étude de matériaux perlicoles plus respectueux de l'environnement – Diminuer la dépendance au plastique – (UNIV Polynésie française)

- Contribuer au suivi physiologique (suivi de pontes, croissance) (valvométrie) des populations d'huîtres perlières des deux atolls de cette commune, Takaroa et Takapoto – Etude pour surveiller la qualité des milieux (UNIV Bordeaux – « Molluscan eye »)

- Contribuer au suivi des paramètres environnementaux des lagons de ces deux atolls, Takapoto et Takaroa - Surveillance de la qualité des eaux des lagons et santé des cheptels ( IFREMER – CRIOBE- UPF)



# I- A - Les écloseries de recherche et de développement du Pays sont implantées dans les Tuamotu



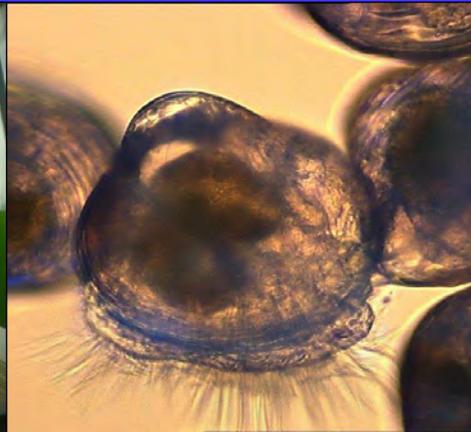


## 2- Vers **une privatisation** de l'écloserie pilote d'HP de l'antenne de la DRMM de RANGIROA

**OBJECTIF** : mettre à disposition du secteur privé l'**outil** de production existant pour approvisionner en huîtres perlières sélectionnées les atolls alentours

L'**écloserie** pilote d'**huîtres** perlières de la DRMM de l'**antenne** de RANGIROA (1.8 ha de surface terrestre , >1000 M2 de bâtiments, 20 ha de concessions maritimes)

- Inactive depuis 2016 pourrait évoluer comme **Centre de multiplication et de distribution** de la zone Tuamotu avec une **implication du privé**
- Constitution de stock **d'HP** sélectionnées et **d'une** nacrothèque à Rangiroa



# L'approvisionnement en huîtres perlières De la filière perlicole en Polynésie française

I – Le marché de la demande et de l'offre des huîtres perlières

A – Situation des besoins en HP de la filière perlicole

B – Les atolls collecteurs qui collectent et émettent

## II- Les écloseries d'huîtres perlières en Polynésie française

A- Les écloseries expérimentales d'huîtres perlières

→ B- Les écloseries d'huîtres perlières de production privées

III – Réglementation

A- Les autorisations délivrées aux producteurs d'huîtres perlières

B- Les autorisations délivrées aux producteurs d'huîtres perlières en écloserie

IV – L'approvisionnement de la filière de demain ?

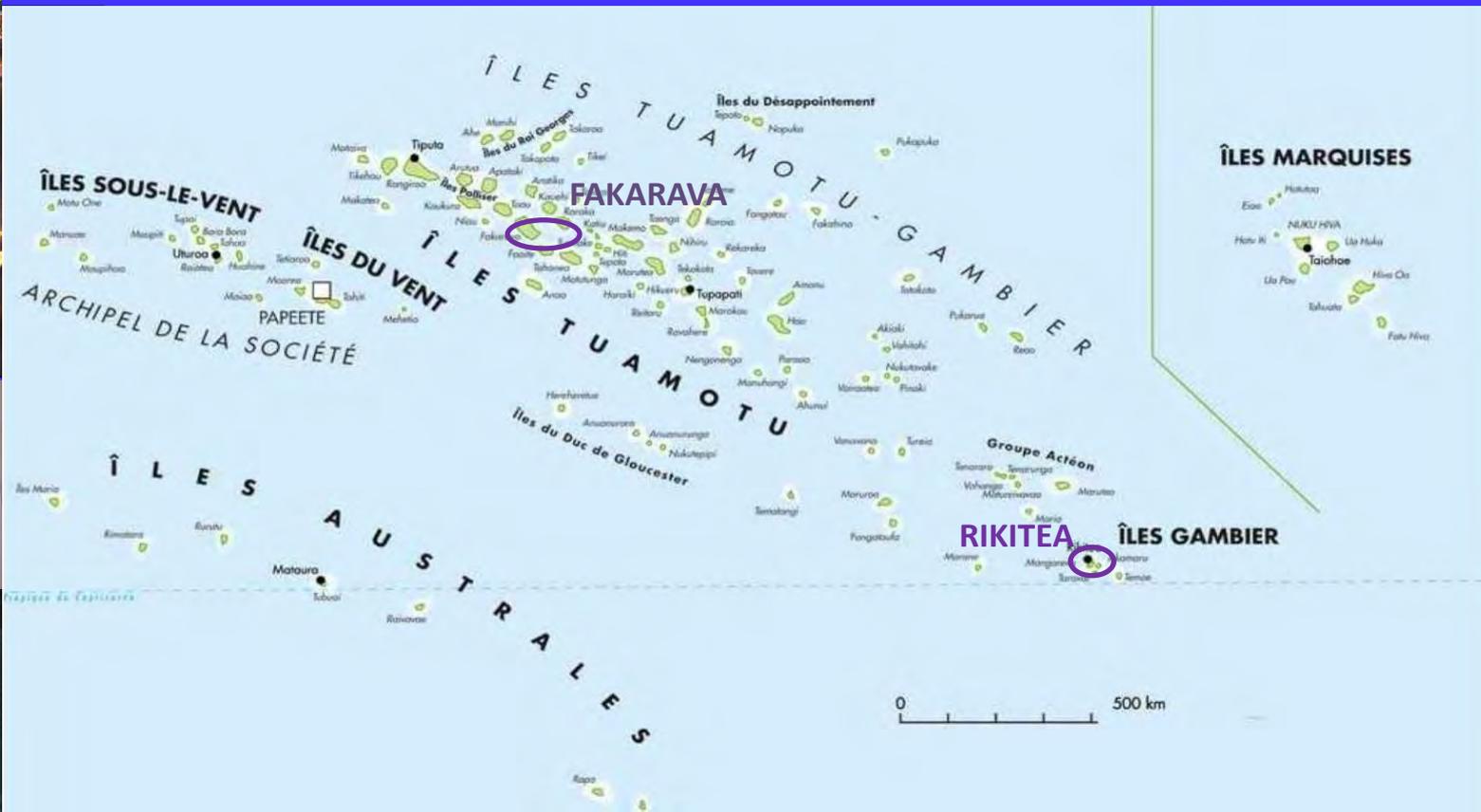
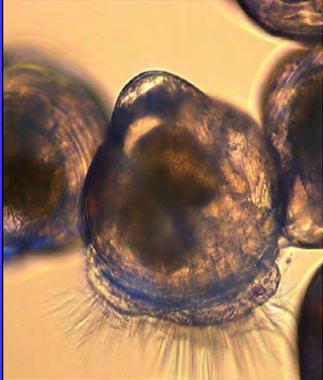


# La Situation des écloseries d'HP en Polynésie française

## II- Les écloseries d'huîtres perlières privées

### OBJECTIFS :

Disposer et/ou vendre des huîtres perlières sélectionnées  
Garantir l'accès à cette nouvelle ressource



# L'approvisionnement en huîtres perlières De la filière perlicole en Polynésie française

I – Le marché de la demande et de l'offre des huîtres perlières

A – Situation des besoins en HP de la filière perlicole

B – Les atolls collecteurs qui collectent et émettent

## II- Les écloseries d'huîtres perlières en Polynésie française

A- Les écloseries expérimentales d'huîtres perlières

B- Les écloseries d'huîtres perlières de production privées

## III – Réglementation

A- Les autorisations délivrées aux producteurs d'huîtres perlières

B- Les autorisations délivrées aux producteurs d'huîtres perlières en écloserie

IV – L'approvisionnement de la filière de demain ?





# La Situation du métier de collecteurs d'HP en Polynésie française



## III - La réglementation

Question?

A- Quelles sont les autorisations délivrées par le Pays pour **collecter des huîtres perlières et les distribuer?**



Loi de Pays N°2017-16 du 18 juillet 2017 réglemente les activités professionnelles liées à la production et la commercialisation des produits perliers et nacriers en Polynésie française



1- **Carte de producteur d'huîtres perlières** Ressources Marines et minières (DRMM) Site internet : <http://www.ressources-marines.gov.pf/>

**L'objectif de la** la carte de producteur **d'huîtres** perlières est de réglementer **l'exercice** du métier de collecteurs **d'huîtres** perlières.

Elle réglemente le nombre de lignes de collectage (quotas) et la distribution des produits vers les atolls de destination.



Durée **d'instruction**: 1 mois



# La Situation des écloseries d'HP en Polynésie française

## III - La réglementation

Question?

B- Quelles sont les autorisations délivrées par le Pays **pour installer et exploiter une écloserie d'huîtres perlières en Polynésie française?**



**05 autorisations sont délivrées par le Pays**



# La Situation des écloseries d'HP en Polynésie française

## III - La réglementation

Question?

B- Quelles sont les autorisations délivrées par le Pays **pour installer et exploiter une écloserie d'huîtres perlières en Polynésie française?**

**1- Installation classée pour l'environnement (ICPE)** – Direction de l'environnement (DIREN). Site internet: <https://www.service-public.pf/diren/>

Le code de **l'environnement** polynésien a mis en place **l'ICPE** pour protéger les populations, **l'environnement** et les opérateurs des activités développées par les écloseries et pouvant présenter des dangers ou inconvénients

ICPE écloserie garanti que **l'écloserieur** a pris toutes les dispositions nécessaires pour minimiser les risques encourus (pollution chimique, biologique, **d'incendie**, nuisance sonore, mauvaises odeurs, etc.)

Durée **d'instruction** dossier : 6 mois



# La Situation des écloseries d'HP en Polynésie française

## III - La réglementation

Question?

Quelles sont les autorisations délivrées par le Pays pour installer et exploiter une écloserie **d'huîtres** perlières en Polynésie française?

**2- Autorisation d'occupation temporaire** ( AOT ) du domaine public maritime - Direction des Ressources Marines et minières (DRMM)

Site internet : <http://www.ressources-marines.gov.pf/>

Loi de Pays N°2017-16 du 18 juillet 2017 réglemente les activités professionnelles liées à la production et la commercialisation des produits perliers et nacriers en Polynésie française

**L'objectif** de l'**AOT** est de délivrer une autorisation à occuper temporairement un emplacement du domaine public maritime pour **l'exercice** des activités de producteur **d'huîtres** perlières.

**Ecloserie:** La prise d'eau de mer et les structures ou filières en mer doivent faire l'objet d'une demande AOT

Durée **d'instruction:** 1 mois





# La Situation des écloseries d'HP en Polynésie française



## III - La réglementation

Question?

Quelles sont les autorisations délivrées par le Pays pour installer et exploiter une écloserie **d'huîtres** perlières en Polynésie française?



### 3- Carte Producteur d'huîtres perlières en écloserie (PHP écloserie) - (DRMM)

Site internet : <http://www.ressources-marines.gov.pf/>



Loi de Pays N°2017-16 du 18 juillet 2017 réglemente les activités professionnelles liées à la production et la commercialisation des produits perliers et nacriers en Polynésie française.

**Objectif:** elle réglemente la production (quotas) et la distribution des produits in situ et/ou vers les autres îles.



Durée **d'instruction:** 3 à 4 mois

# La Situation des écloséries d'HP en Polynésie française

## III - La réglementation

Question?

Quelles sont les autorisations délivrées par le Pays pour installer et exploiter une éclosérie **d'huîtres** perlières en Polynésie française?

### 4- Agrément sanitaire - Direction de la Biosécurité (DBS)

Site internet: <https://www.service-public.pf/biosecurite/>

**Objectif:** Cet agrément assure la qualité sanitaire des produits par le contrôle des établissements et installations de production dans le but de prévenir la diffusion de pathogènes et de maladies à déclaration obligatoires.



# La Situation des écloseries d'HP en Polynésie française

## III - La réglementation

Question?

Quelles sont les autorisations délivrées par le Pays pour installer et exploiter une écloserie **d'huîtres** perlières en Polynésie française?

**5- Autorisation de travaux immobiliers (PC)** - Service de l'urbanisme

Site internet : <http://www.urbanisme.gov.pf/>

**L'objectif** du PC est **d'autoriser** la réalisation de travaux immobiliers qui respectent les textes réglementaires en vigueur appliqués dans le code du travail, de **l'hygiène** et de **l'aménagement**.

Durée **d'instruction** : 3-4 mois



# L'approvisionnement en huîtres perlières De la filière perlicole en Polynésie française

I – Le marché de la demande et de l'offre des huîtres perlières

A – Situation des besoins en HP de la filière perlicole

B – Les atolls collecteurs qui collectent et émettent

## II- Les écloseries d'huîtres perlières en Polynésie française

A- Les écloseries expérimentales d'huîtres perlières

B- Les écloseries d'huîtres perlières de production privées

III – Réglementation

A- Les autorisations délivrées aux producteurs d'huîtres perlières

B- Les autorisations délivrées aux producteurs d'huîtres perlières en écloserie

➔ IV – L'approvisionnement de la filière de demain ?



# Approvisionnement en HP de demain?

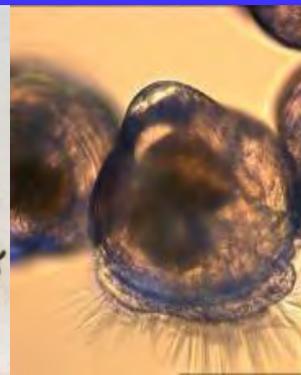
COLLECTAGE NATUREL?	ECLOSERIE?
Apports financiers sont limités (Lignes de collectage, bateau..)	Infrastructures terrestres et marines Equipements de laboratoire, de pompage, d'élevage, bateau etc.
Cheptels de nacres sauvages en bonne santé	Géniteurs sélectionnés sont conditionnés Aliments frais à produire Elevage larvaire etc.
Prix de vente est plus attractif – coûts de production plus faibles	Le prix de vente du naissain sélectionné est plus élevé – coûts de production plus élevés
<b>La capacité à approvisionner le marché varie d'une année à l'autre du fait du caractère aléatoire du recrutement du naissain en milieu naturel</b>	<b>La capacité à approvisionner est planifiée car la production est contrôlée.</b>
Produits ne sont pas sélectionnés	Produits sont sélectionnés
Lagon collecteur en bonne santé	Lagon en bonne santé

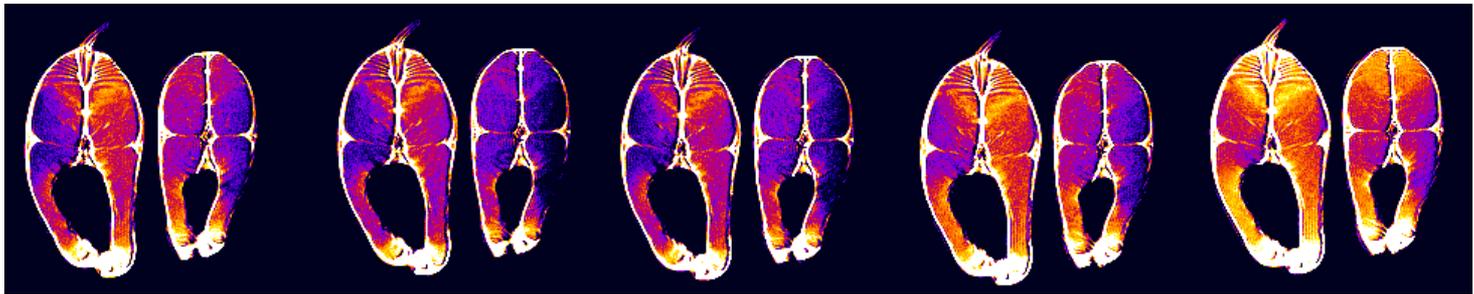
# *Forum de la perliculture*

## *26 octobre 2018*



# *Mauruuru roa*





# Quelques clés pour le développement de l'amélioration génétique de l'huître perlière à partir de l'expérience acquise en France

**Pierrick HAFFRAY**

SYSAAF, Section Aquacole, Station SCRIBE, Campus de Beaulieu, 35 042 RENNES

Tel : 02 23 48 53 78 ; Fax : 02 23 48 56 60 ; Mel : [haffray@rennes.inra.fr](mailto:haffray@rennes.inra.fr)



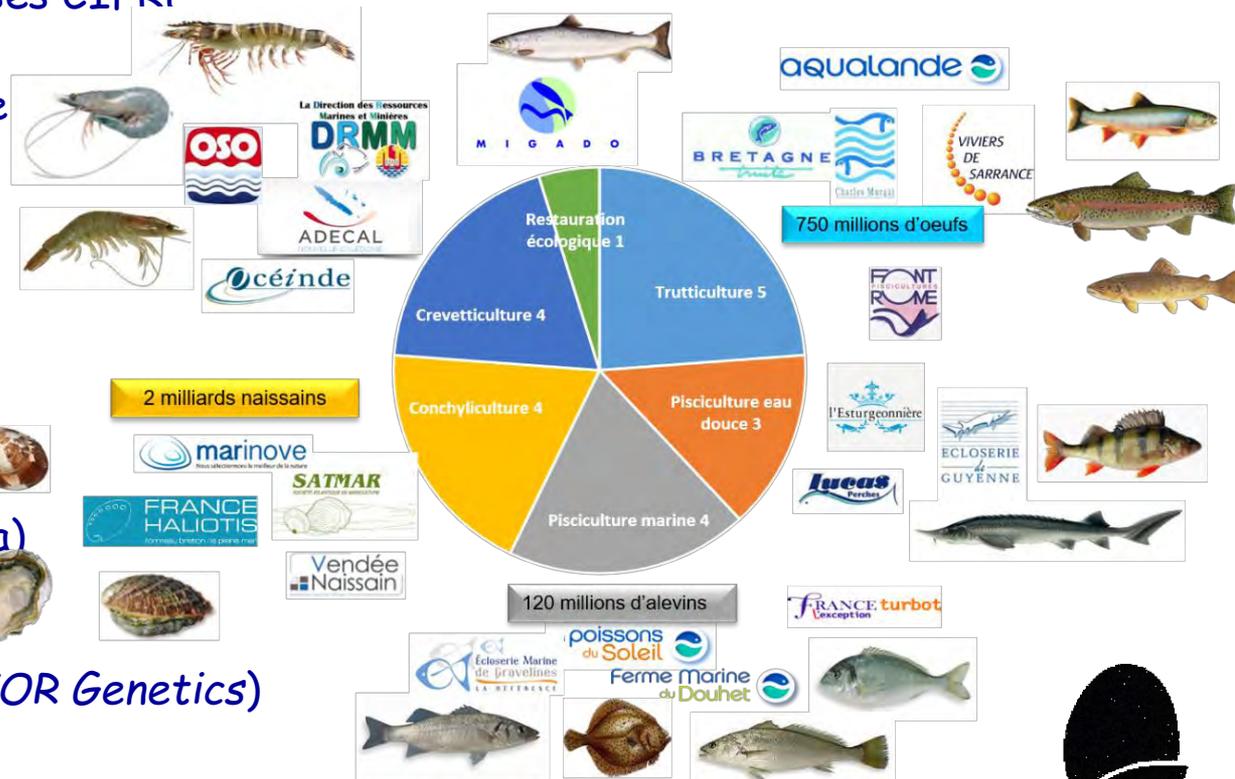
# Le SYSAAF ?

- **Syndicat professionnel ayant fonction d'Institut Technique (Loi d'orientation agricole n°2006-11)**

- 41 entreprises dont 20 aquacoles sélectionnant 22 lignées de 16 espèces + 21 sélectionnant 10 espèces avicoles
- Accords cadres avec INRA, IFREMER et ANSES
- 14 généticiens, 4 thèses CIFRF
- Conseil en sélection
- Indexations génétique
- Veille et R&D
- Audit et formation

- **Mise en commun**

- Savoir-faire
- Bases de données
- Serveurs et logiciels
- Cryobanque (CryoAqua)
- Plateforme de challenges pathologiques (*FORTIOR Genetics*)



# L'amélioration génétique des espèces aquacoles ?

- La référence technique mondiale est la sélection en familles initialement séparées

- Investissement très lourd
- Imprécision relative (confusion entre effets bassins et familles)
- > + 10 % gain poids / génération

## Un investissement d'entreprises

- Connaissance des marchés
- 3-5 % du chiffre d'affaire des filières

## Processus

- Cumulatif et lent et avec 1 à 2 générations de retard
- Risqué (accidents, maladie, concurrence...)



### Reproduction

- 200-3200 familles / génération



### Elevage familial

- Marquage individuel de 50 à 1000 sujets / famille à 20-30 g (transpondeur)



### Evaluation génétique

- Indexation individuelle (BLUP)
- Proposition des 200-400 meilleurs reproducteurs



### Elevage et phénotypage

- Abattage de 20-30 sujets / famille
- Découpe et mesure des caractères de qualité
- Test de survie après infection

# Les quatres types de sélection appliquées par les entreprises françaises

# Type I : la sélection massale

**Sélection massale  
intra-groupe**

Sélection 150 ♀ et 150 ♂

+100 % poids en 5  
générations

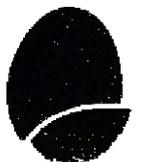
**Sélection massale  
PROSPER croissance**  
600 candidats  
= 3 %)

20 000 candidats

800 familles (80 ♀ x 100 ♂)

1993

Syndicat des Sélectionneurs Avicoles et Aquacoles Français



SYSAAF

# Type I : la sélection massale

## Sélection massale intra-groupe

Sélection 150 ♀ et 150 ♂

+100 % poids en 5  
générations

Sélection massale  
**PROSPER** croissance  
600 candidats  
= 3 %)

20 000 candidats

800 familles (80♀ x 100♂)

1993

Syndicat des Sélectionneurs Avicoles et Aquacoles Français

- Très efficace, simple et peu coûteuse
- Pas de pédigrée → Risque de consanguinité ?
- Limitée à des caractères mesurables sur candidats vivants
- Monocaractère et impossibilité de gérer d'éventuelles corrélations génétiques négatives
- Difficulté à estimer le progrès génétique potentiel ou réalisé



SYSAAF

# Mise au point de prédicteurs des rendements de découpe par 2D (Haffray et al., 2013)

% éviscération 79%



% éviscération 87.8%

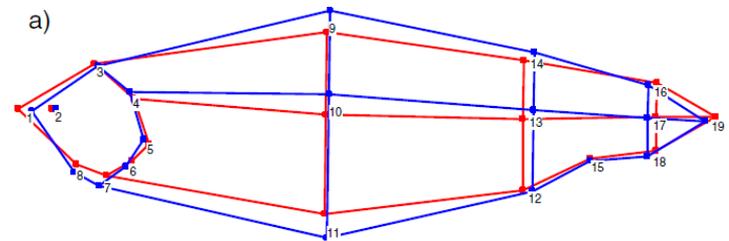


% éviscération 92,4 %

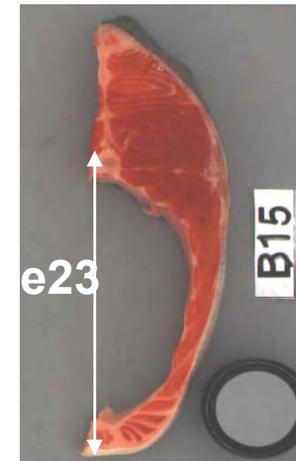
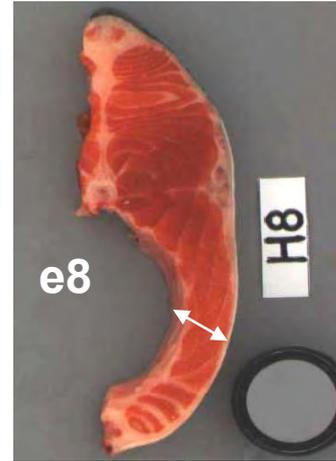


- Mesure simple, rapide et peu couteuse
- Héritabilité élevé

% éviscération (> rouge) ;  $h^2 = 0,49 \pm 0,06$

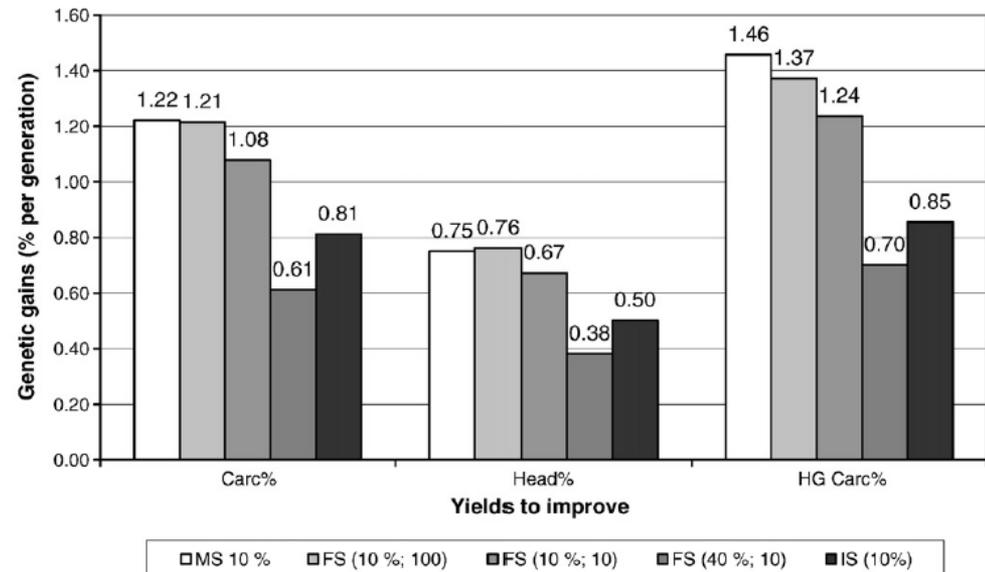


# Mise au point d'un prédicteur du rendement à l'éviscération par ultrasons (Haffray et al., 2013)



	% éviscération	e8/e23
% éviscération	0,49 ± 0,06	0,85 ± 0,05
e8/e23		0,24 ± 0,04

La sélection massive sur e8/e23 est 30 % plus efficace que le sélection sur apparenté...



# Type II : la sélection massale assistée par empreintes génétiques

**Sélection massale intra-groupe**

**Sélection massale assistée par empreintes génétiques**

Sélection 150 ♀ et 150 ♂

Choix 150 ♀ et 150 ♂

Gestion consanguinité  
+ 0,5 % éviscération

n = 600

Assignation  
de parenté

**Sélection massale PROSPER croissance**  
600 candidats  
= 3 %

**Sélection massale PROSPER bi-caractère** 600 candidats  
(3 % croissance  
+ 33 % morphologie = 1 %)

20 000 candidats

60 000 candidats

800 familles (80♀ x 100♂)

800 familles (80♀ x 100♂)

1993

1996

Syndicat des Sélectionneurs Avicoles et Aquacoles Français



SYSAAF

# Type II : la sélection massive multicaractère assistée par empreintes génétiques

## Sélection massive intra-groupe

## Sélection massive assistée par empreintes génétiques

Sélection 150 ♀ et 150 ♂

Choix 150 ♀ et 150 ♂

Gestion consanguinité  
+ 0,5 % éviscération

Assignation  
de parenté

n = 600

Sélection massive  
PROSPER croissance  
600 candidats  
= 3 %

Sélection massive PROSPER  
bi-caractère 600 candidats  
(3 % croissance  
+ 33 % morphologie = 1 %)

20 000 candidats

60 000 candidats

800 familles (80♀ x 100♂)

800 familles (80♀ x 100♂)

1993

1996

- Limitée à des caractères mesurables sur candidats vivants
- Impossibilité de gérer d'éventuelles corrélations génétiques négatives
- Difficulté à estimer le progrès génétique potentiel ou réalisé



# Type III : la sélection massale et généalogique combinée assistée par empreintes génétiques

**Sélection massale intra-groupe**

**Sélection massale assistée par empreintes génétiques**

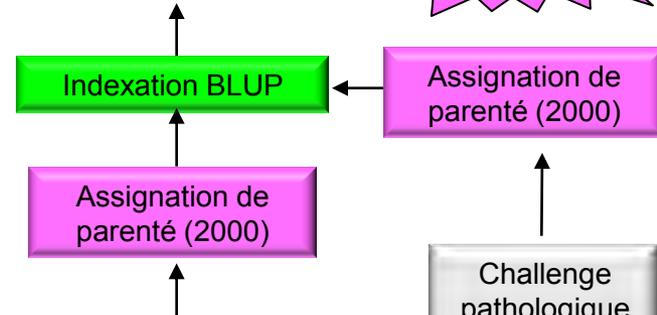
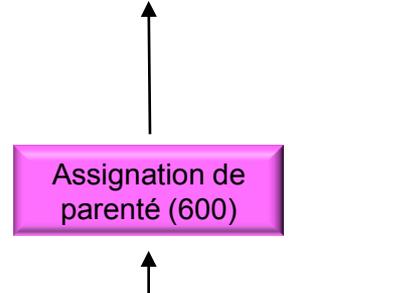
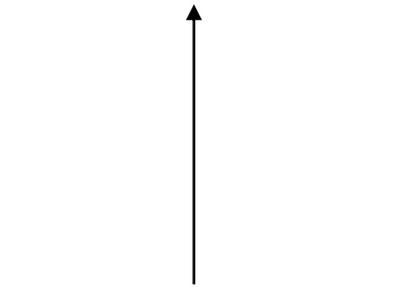
**Sélection massale et généalogique combinée**

Sélection 150 ♀ et 150 ♂

Choix 150 ♀ et 150 ♂

Sélection 150 ♀ et 150 ♂

+1% éviscération



**Sélection massale PROSPER croissance**  
600 candidats  
= 3 %)

**Sélection massale PROSPER bi-caractère** 600 candidats  
(3 % croissance + 33 % morphologie = 1 %)

**Sélection massale PROSPER bi-caractère** 2000 candidats  
(4 % croissance + 40 % morphologie = 3,3%)

Challenge pathologique ou découpe 2000 apparentés

20 000 candidats

60 000 candidats

60 000 candidats

800 familles (80♀ x 100♂)

800 familles (80♀ x 100♂)

800 familles (80♀ x 100♂)

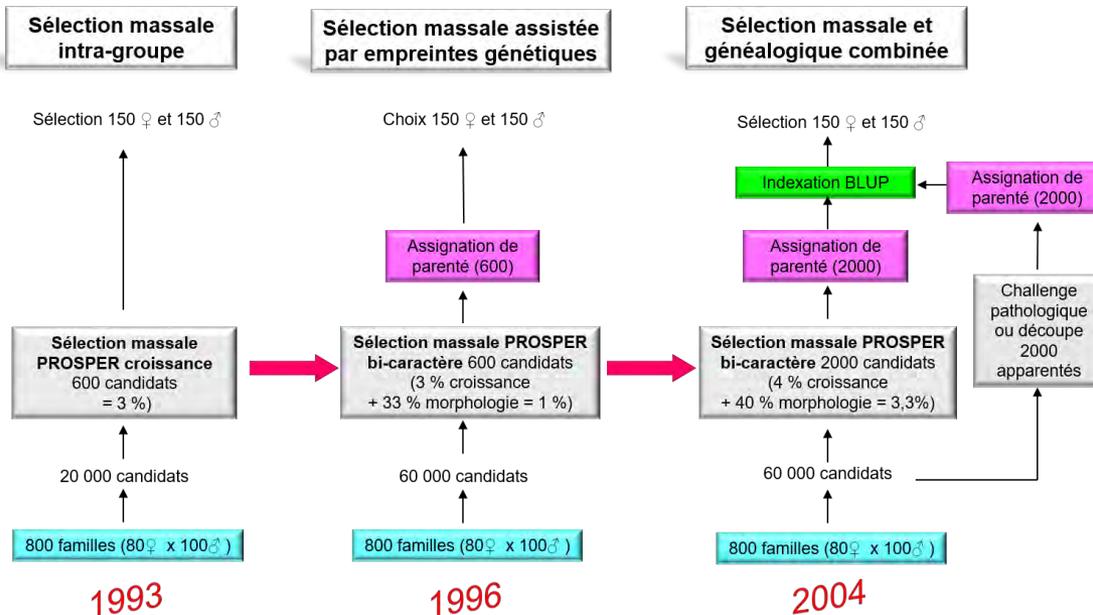
1993

1996

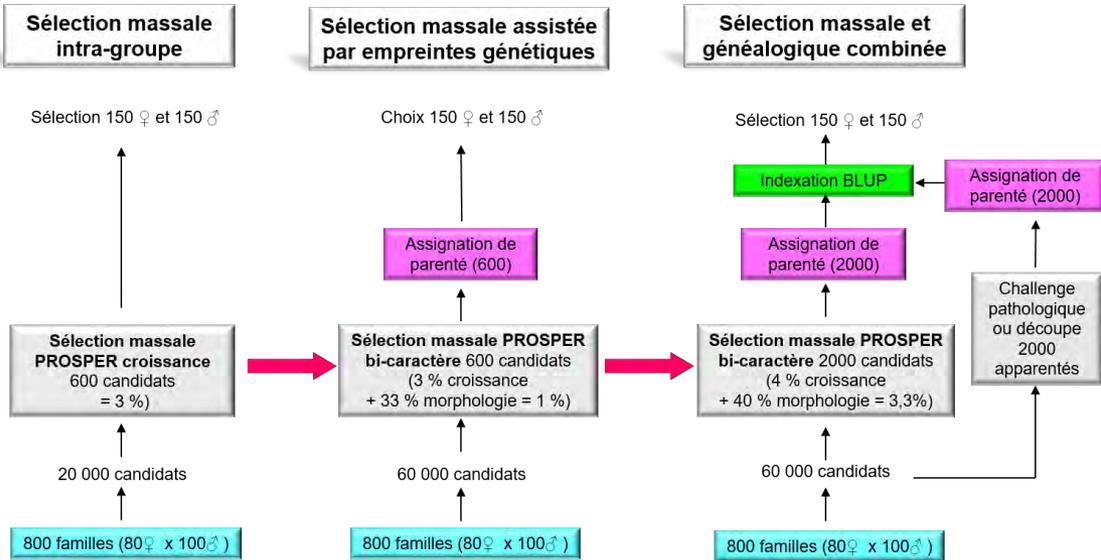
2004



# Type IV : la sélection massale et génomique combinées



# Type IV : la sélection massale et génomique combinées

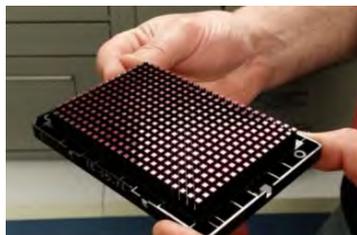
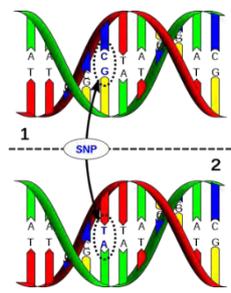


1993

1996

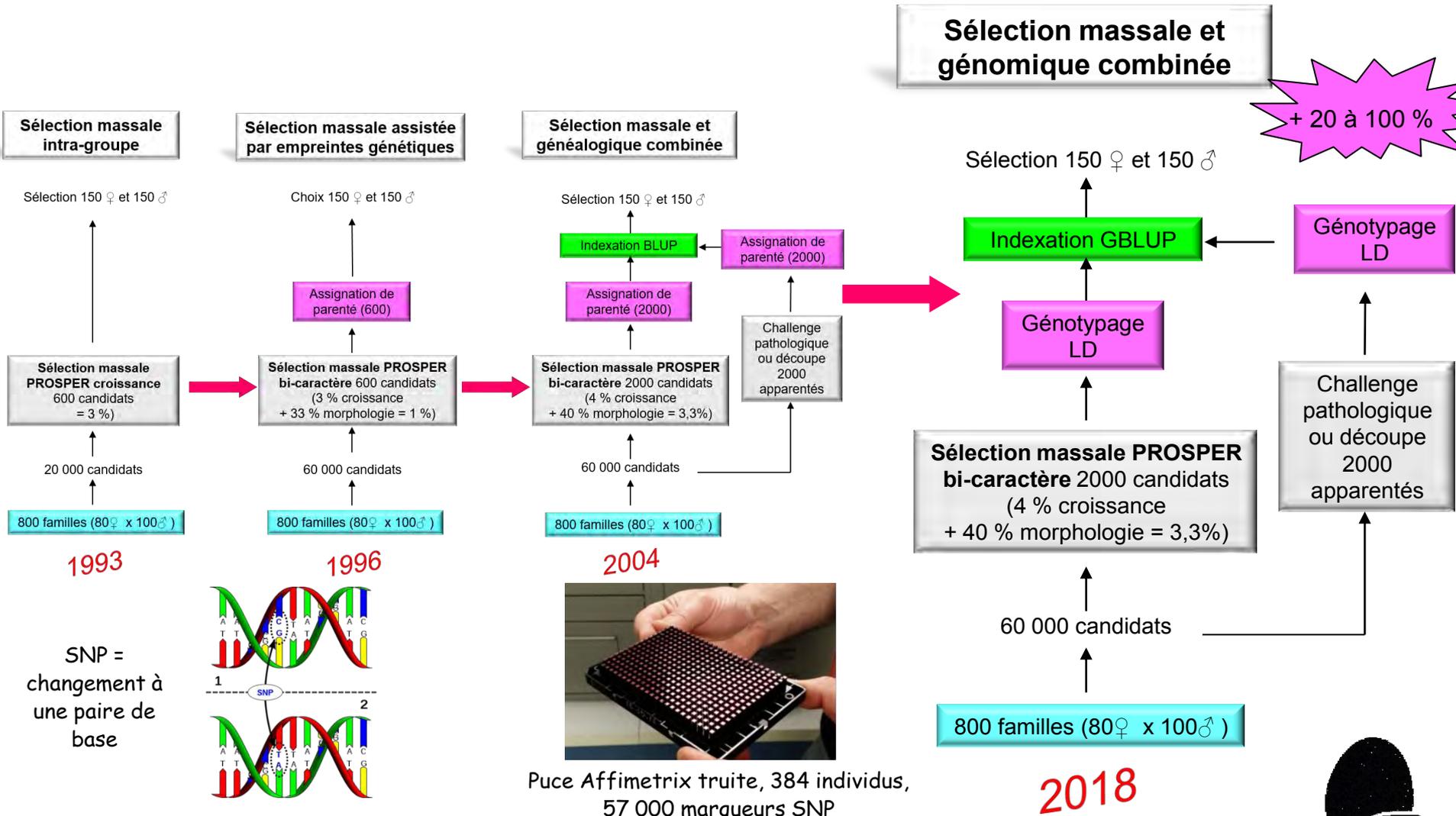
2004

SNP =  
changement à  
une paire de  
base



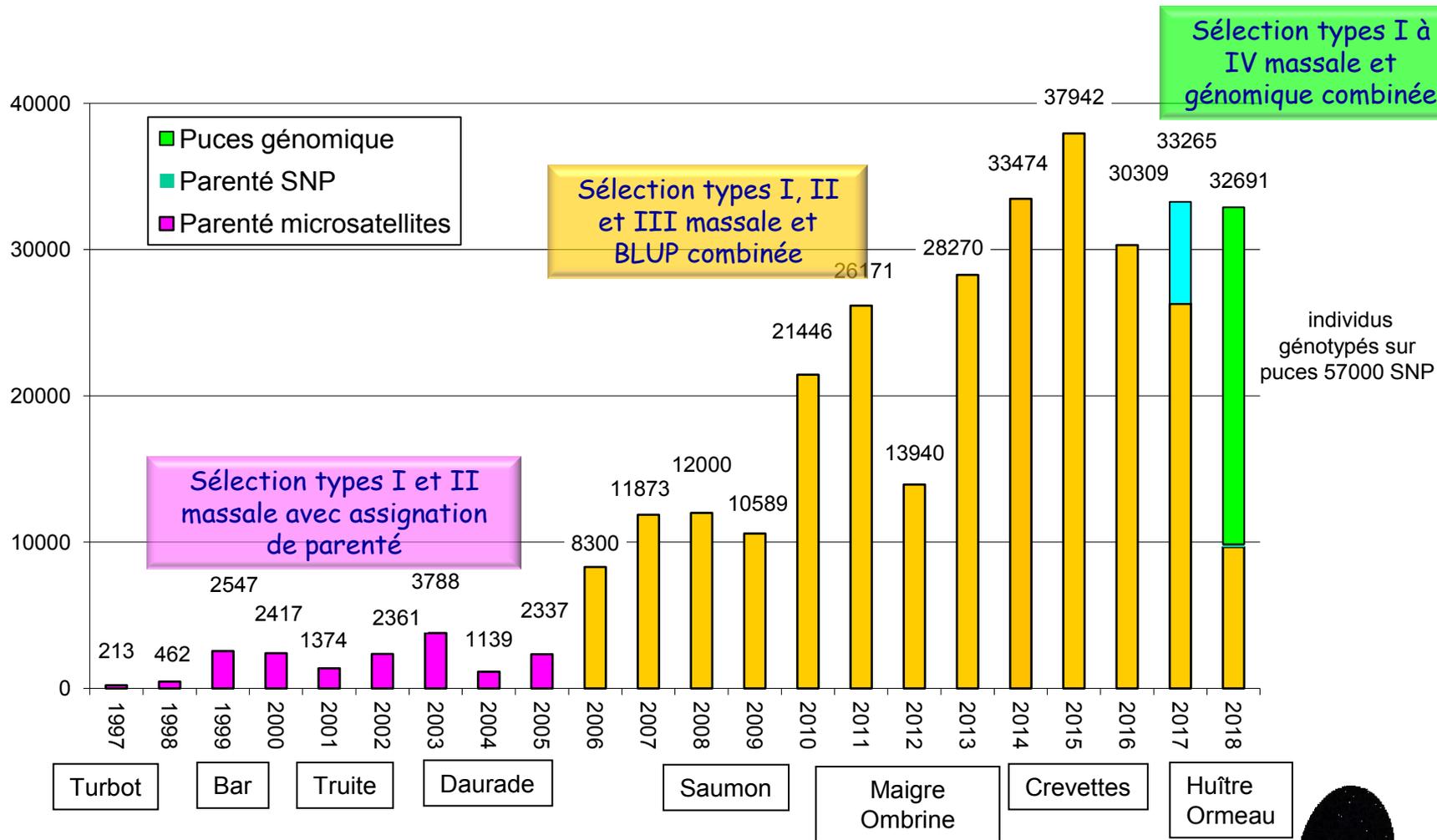
Puce Affimatrix truite, 384 individus,  
57 000 marqueurs SNP

# Type IV : la sélection massale et génomique combinées



# Evolution du volume de génotypage par les entreprises de sélection aquacoles françaises

- 317 108 poissons, crevettes ou mollusques génotypés depuis 1997



# Evolution et diversité des caractères sélectionnés par les entreprises françaises

1991-2000	2001-2010	2011-2016
Croissance		
% éviscération par morphologie externe		
Teneur en lipides des filets par micro-ondes		
Rendement au filetage ou à l'éviscération par ultrasons		
% éviscération		
% carcasse éviscérée étêtée		
Parage ventral et dorsal		
Couleur du filet		
		OHsV1
Photobacterium damsela		Pasteurelle
		VNN
Flavobacterium psychrophylum		
		SHV
		IPN
		Vibrio aesturianus
		Vibrio harveyi
		Vibrio penaeicidae
Reproduction femelle		
		Sexe-ratio femelle

- **Externes sur candidats:** morphologie, rendements éviscération, teneur en lipides, résistance OHsV1
- **Létaux sur collatéraux:** rendements de découpe, GxE, résistance aux pathogènes



# Quelques clés pour initier une sélection génétique des reproducteurs

- Disposer d'une base de variabilité génétique initiale suffisamment large (> 50 mères et 50 pères par génération)
- Etre un bon éleveur et disposer d'une équipe stable pour capitaliser
- Choisir une méthode de sélection adaptée
- Limiter le nombre de caractères sélectionnés initialement à 2 à 3 maximum
- Planifier le travail à faire sur une génération et enregistrer et archiver les performances
- Commencer la sélection dès les premières pontes pour ne pas perdre de temps
- Disposer si possible d'informations sur l'héritabilité des caractères

## Comment gérer et limiter la consanguinité ?

# Estimation du risque de consanguinité en sélection massale dans les écloséries d'huître creuse

Ifremer

- Développement d'un panel de marqueurs SNP
- Validation en sélection massale avec plans de fécondation factoriels

MOLECULAR ECOLOGY  
RESOURCES

Molecular Ecology Resources (2014) 14, 820–830

Development of SNP-genotyping arrays in two shellfish species

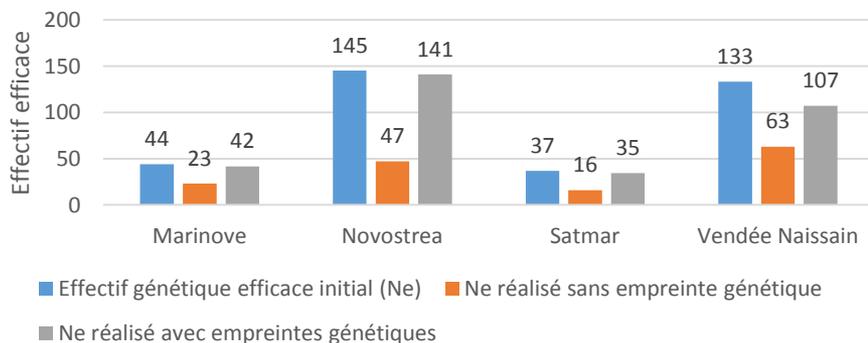
S. LAPEGUE,\* E. HARRANG,\* S. HEURTEBISE,\* E. FLAHAUW,\* C. DONNADIEU,† P. GAYRAL,‡§  
M. BALLENGHIEN,‡ L. GENESTOUT,‡ L. BARBOTTE,‡ R. MAHLA,‡ P. HAFFRAY\*\* and C. KLOPP††

doi: 10.1111/1755-0998.12231

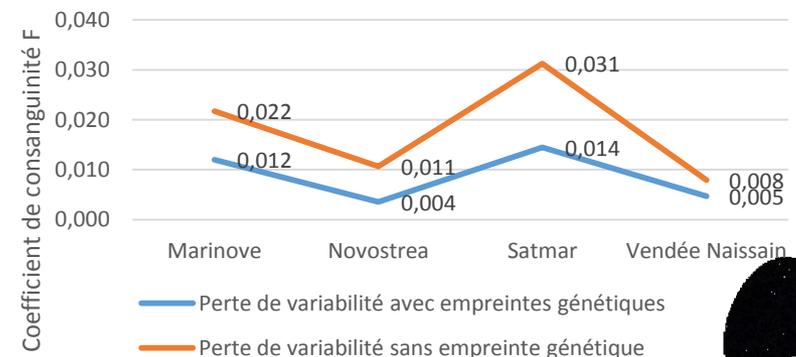


Plan de fécondation	3 * (14 ♀ x 4 ♂)	11 * (10 ♀ x 6 ♂)	4 * (3 ♀ x 7 ♂)	12 * (5 ♀ x 10 ♂)
Nombre de parents (et de familles) et nb de sujets assignés	57 (210) - 478	176 (622) - 561	41 (189) - 600	170 (500) - 414
Survie à 1 an après mortalité à OHsV1	61 %	66 %	18 %	56,2 %
Taux d'assignation	97,40%	91,60%	96,20%	98,50%

Evolution de l'effectif efficace sans ou avec empreintes génétiques



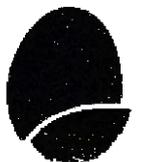
Perte de variabilité génétique (F) avec ou sans empreintes génétiques



# Comment limiter la consanguinité en sélection massale ?

- Utiliser au minimum 100 à 200 parents par génération
- Essayer d'effectuer des croisements de type factoriel avec sexes équilibrés
- Ne pas créer d'effets initiaux non génétiques (maternels ou paternels) ou environnementaux risquant de surreprésenter certaines familles (différences de jour de ponte, d'effectif par mère, de taille moyenne au mélange...)
- Segmenter la population en cohortes
- Ne pas réaliser une pression de sélection trop forte (< 5-10 % la première génération)
- Utiliser les empreintes génétiques pour limiter la surreprésentation de certains parents

**Comment disposer d'éléments pour estimer le progrès attendu et dimensionner un programme de sélection ?**



# Estimation des paramètres génétiques de croissance et découpe chez l'ormeau européen (Boudry et al., 2018)

- Développement d'un panel de 96 marqueurs SNP
- Croisement factoriel de 24 ♂ \* 16 ♀. 98,9 % assignation sur 1183 individus



Transcriptome based SNP discovery and validation for parentage assignment in hatchery progeny of the European abalone *Haliotis tuberculata*

Ewan Harney<sup>a,b,\*</sup>, Sébastien Lachambre<sup>a,c</sup>, Sabine Roussel<sup>a</sup>, Sylvain Huchette<sup>c</sup>, Florian Enez<sup>d</sup>, Romain Morvezen<sup>d</sup>, Pierrick Haffray<sup>d</sup>, Pierre Boudry<sup>b</sup>

Traits	n	cv	h <sup>2</sup>
Weight at 25 months (mm)	900	0.56	0.25±0.09*
Weight at 32 months (g)	580	0.46	0.42±0.11*
Weight at 42 months (g)	325	0.27	0.53±0.17*
Bled meat yield (%)	580	0.09	0.36±0.11*
Shell color (a*)	580	1.01	0.71±0.14*
Foot color (b*)	580	0.32	0.31±0.10*
Patterns on the shell (score)	580	0.43	0.56±0.13*
Sex ratio (s+d)	1183	0.40	0.25±0.11*

Variable	h <sup>2</sup>	Related destructive trait	Phenotypic correlations	Genetic correlation
Ultrasound body surface	0.27±0.1*			
Ultrasound foot surface	0.29±0.1*	Foot weight	0.87	0.90±0.10*
Ratio of ultrasound foot surface and ultrasound body surface	0.21±0.09*	Meat Yield	0.58	0.93±0.27*



Ultrasound system : ESAOTE/SL3323/Linear Probe 13-6MHz -L40mm

- Faisabilité d'une sélection massale croissance et rendement en pied



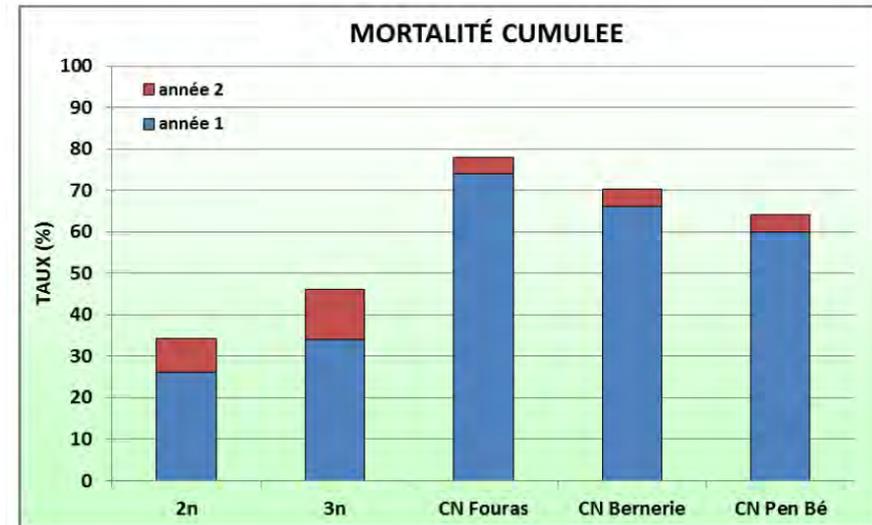
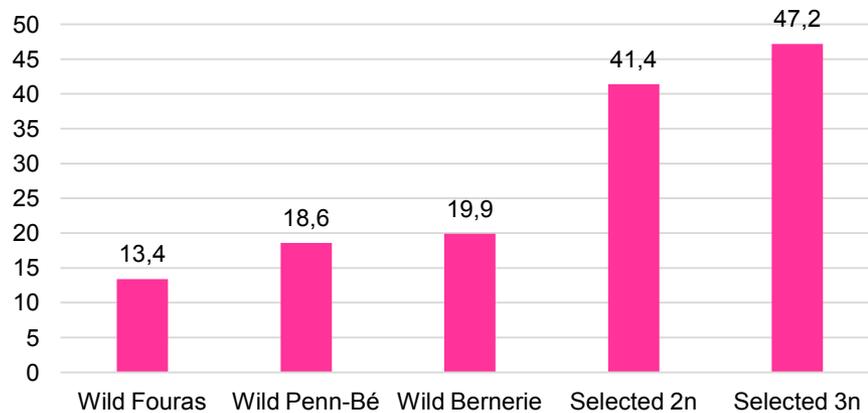
# 1<sup>ère</sup> mesure de réponse à la sélection "commerciale" chez l'huître creuse en condition de production (Glize, 2014)



<https://www.smidap.fr/>

- Comparaison de 3 origines de naissain **sauvages** ou 2n ou 3n d'**écloserie** sélectionné depuis 3 générations de sélection familiale puis massale
- Suivi de mortalité et croissance pendant 1 cycle de production

Rendement final en kg/1000 naissains



Doublment du rendement avec du naissain 3n sélectionné

**Et chez les huîtres perlières ?**

# Estimation des paramètres génétiques de croissance de la perle chez *Pinctada maxima* (Kvingedal et al., 2010; Jerry et al., 2014)

- Développement d'un panel de 6 marqueurs microsatellites
- Création 32 familles de 6 groupes de 5 à 6 familles (1 ♂ \* 1 ♀)
- Elevage sur 2 sites (Bali ou Lombok)
- 95 % d'assignation de parenté sur 2000. Obtention de 80 familles au lieu de 32 !

Minimum 5 individus / familles de 47 familles

Heritability ( $h^2$ ) and genotype by environment ( $r_g$ ) estimates for *P. maxima* shell growth traits measured at two sites (Bali and Lombok) at 14 and 18 months of age. DVM = shell dorsal-ventral measurement, APM = shell anterior-posterior measurement, SW = shell width and WW = wet weight.

Trait	Parameter	14 months	18 months
DVM	$h^2$	0.15 ± 0.020	0.15 ± 0.003
	$r_g$	0.92 ± 0.017	0.98 ± 0.11
APM	$h^2$	0.23 ± 0.030	0.17 ± 0.004
	$r_g$	0.99 ± 0.00	0.97 ± 0.11
SW	$h^2$	0.11 ± 0.009	0.02 ± 0.000
	$r_g$	0.99 ± 0.00	0.99 ± 0.32
WW	$h^2$	0.21 ± 0.020	0.16 ± 0.004
	$r_g$	0.99 ± 0.17	0.89 ± 0.15

32 individus / familles de 11 familles

Heritability ± standard error (bold diagonal) and phenotypic correlations (above diagonal) for oyster shell growth traits.

Heritabilities ± SE	Length (APM)	Height (DVM)	Width (SW)
	<b>0.328 ± 0.128</b>	0.904*	0.237*
Length (APM)		<b>0.286 ± 0.126</b>	0.258*
Height (DVM)			<b>0.128 ± 0.081</b>
Width (SW)			
Wet weight (WW)			

\* Indicates that the correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

- Héritabilité intermédiaire de la croissance ( $h^2 = 0,35$ ) permettant d'envisager le doublement du poids de l'animal en 5 générations à âge égal et reclassement limité des familles sur la croissance

# Estimation des paramètres génétiques de la qualité de la perle chez *Pinctada maxima* (Jerry et al., 2012)

- Développement d'un panel de 6 marqueurs microsatellites
- Création 32 familles de 6 groupes de 5 à 6 familles (1 ♂ \* 1 ♀)
- Elevage sur 2 sites (Bali ou Lombok)
- 95 % d'assignation de parenté sur 2768 donneuses et receveuses. Obtention de 80 familles au lieu de 32 !

Heritability (bold diagonal), genetic (below diagonal) and phenotypic (above diagonal) correlations ( $\pm$  standard error) for pearl traits.

Trait	Weight	Size	Shape	Complexion	Colour	Lustre
Weight	<b>0.15</b> $\pm$ <b>0.06</b>	0.94 $\pm$ 0.01	-0.02 $\pm$ 0.03	-0.18 $\pm$ 0.03	-0.14 $\pm$ 0.03	-0.10 $\pm$ 0.03
Size	0.99 $\pm$ 0.01	<b>0.13</b> $\pm$ <b>0.05</b>	0.01 $\pm$ 0.03	-0.21 $\pm$ 0.03	-0.14 $\pm$ 0.03	-0.10 $\pm$ 0.03
Shape	-0.46 $\pm$ 0.32	-0.46 $\pm$ 0.33	<b>0.06</b> $\pm$ <b>0.03</b>	0.09 $\pm$ 0.03	-0.02 $\pm$ 0.03	-0.17 $\pm$ 0.03
Complexion	-0.11 $\pm$ 0.26	-0.15 $\pm$ 0.26	0.65 $\pm$ 0.24	<b>0.25 <math>\pm</math> 0.07</b>	0.12 $\pm$ 0.03	0.01 $\pm$ 0.03
Colour	-0.03 $\pm$ 0.29	0.06 $\pm$ 0.30	0.62 $\pm$ 0.27	0.09 $\pm$ 0.25	<b>0.15</b> $\pm$ <b>0.05</b>	0.13 $\pm$ 0.03
Lustre	-0.15 $\pm$ 0.29	-0.13 $\pm$ 0.30	-0.07 $\pm$ 0.38	-0.76 $\pm$ 0.18	0.13 $\pm$ 0.31	<b>0.14</b> $\pm$ <b>0.06</b>

Genetic correlations ( $\pm$  standard errors) between pearl quality traits (G  $\times$  E) when measured at Bali and Lombok.

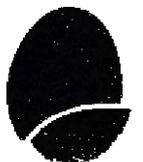
Trait	Genetic Correlation
Weight	0.34 $\pm$ 0.57
Size	0.22 $\pm$ 0.58
Shape	0.56 $\pm$ 0.39
Complexion	0.56 $\pm$ 0.39
Colour	0.28 $\pm$ 0.36
Lustre	0.59 $\pm$ 0.47

Minimum 10 individus / familles de 40 familles

- Héritabilité limitée des caractères de qualité (intérêt de la sélection génomique ?) et reclassement important des familles entre les sites, le moins impacté étant la forme, la « completion » et le lustre

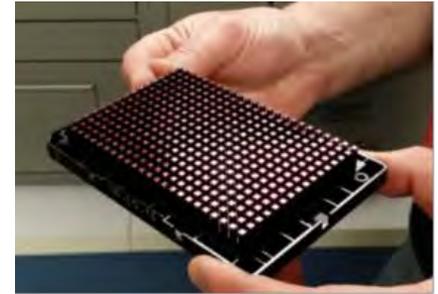
# Comment disposer d'informations pour dimensionner un programme de sélection ?

- Réaliser une sélection expérimentale sur 2-3 générations (héritabilité réalisée) ou estimer la variabilité de performances due aux parents (héritabilité estimée)
- Créer un mélange de nombreuses familles à partir du croisement factoriel d'un nombre de parents minimum suffisant (15-20 mères \* 30 à 50 pères)
- Disposer d'un panel d'assignation de parenté et d'une entreprise de génotypage
- Mesurer des performances sur un nombre minimum de descendants et assigner les individus mesurés à leurs parents
- Estimer la part de la variation due aux parents (héritabilité) et les relations entre les caractères (corrélations génétiques) avec des logiciels adaptés



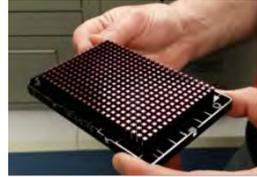
# Vers la sélection génomique dans les écloséries françaises ?

# Intégrations de la sélection génomique dans les schémas de sélection aquacoles français



- Partenariat étroit avec INRA, IFREMER et CNRS
- 7 programmes de R&D pour 3,3 millions € :
  - **57K-Truite** : Caractérisation des lignées françaises
  - Caractérisation de la variabilité des lignées d'huître françaises
  - **SG-Truite** : validation de la puce 57K pour améliorer la découpe, la ponte ou la résistance à l'IPN chez la truite (1 thèse CIFRE)
  - **GèneSea** : Développement de puces 57 bar et daurade et validation pour améliorer la résistance au VNN, à la vibriose et à la pasteurellose (1 thèse CIFRE)
  - **Oméga-Truite** : Augmentation de la teneur en w3 chez la truite
  - **PerformFish** : Amélioration de l'efficacité alimentaire chez la daurade
  - **AquaImpact** : Amélioration de la résistance à la vibriose chez le bar en substitution végétale
- **Embauche de 2 génomiciens et développement du pipeline bioinformatique**

# Evaluation de la qualité de la puce 57K Axiom huître creuse/huître plate sur les lignées des écloséries françaises



## Ifremer

- Collaboration avec le Roslin Institut pour tester la qualité des 27K SNP (Gutierrez et al., 2017) pour envisager ultérieurement une sélection génomique

	Sample N	MAF > 0		Ho	He
		# SNPs	Average MAF		
UK (combined) <sup>a</sup>	56	27,313	0.186	0.294	0.298
GSF + parents	38	26,549	0.19	0.308	0.304
Maldon	9	22,079	0.216	0.308	0.303
Sea Salter	9	22,821	0.214	0.317	0.302
Average within UK populations <sup>b</sup>		23,816	0.207	0.311	0.303
France (combined) <sup>a</sup>	52	26,891	0.182	0.240	0.254
Ifremer	13	23,010	0.203	0.312	0.328
Hatchery 1	10	21,479	0.217	0.321	0.303
Hatchery 2	10	20,141	0.221	0.322	0.307
Hatchery 3	10	21,730	0.215	0.302	0.302
Hatchery 4	9	22,052	0.214	0.317	0.301
Average within French populations <sup>b</sup>		21,682	0.214	0.315	0.308
All populations (combined) <sup>a</sup>	108	27,697	0.182	0.268	0.283

MAF, minor allele frequency; #, number; SNPs, single nucleotide polymorphisms; Ho, level of genetic variability in terms of observed heterozygosity; He, level of genetic variability in terms of expected heterozygosity; GSF, Guemsey Sea Farm.

<sup>a</sup>Values were obtained by the analysis of the combined dataset, not the average of the individual populations.

<sup>b</sup>Values represent the within-population average.

- Variabilités génétiques similaires avec les écloséries anglo-saxonnes

## ASSIST

Etude pour « **A**ppui à la mise en place des modalités techniques de la **S**tratégie d'amélioration génétique appliquée de *Pinctada margaritifera* en Polynésie française : production commerciale, approvisionnement, **S**écurisation génétique et **S**anitaire »



# Constat en 2017



- **Des travaux de recherche en sélection génétique** à Ifremer prometteurs pour améliorer la qualité des perles (taille, couleur, lustres...) et potentiellement réduire le cout de production (raccourcissement du cycle, contrôle du sexe,..)
- **Une absence de programmes de sélection commerciale chez *P. margaritifera*** à l'échelle mondiale et une sélection massale chez *P. maxima* ou *fucata* sur des caractères principalement de couleur (*Gold...*)
- **Des projets d'écloseries** en Polynésie française devant commencer à proposer du naissain à partir de 2018
- **Besoin de préconisations pour définir le cadre et les modalités potentiels d'accompagnement et de mise en œuvre de programmes de sélection** pour une amélioration génétique efficace des perles et des produits perliers et une perliculture durable intégrant une gestion de la variabilité génétique et un respect de l'environnement



# Etude ASSIST



- **Durée** : 1 an (12/2018-11/2019). 6 millions de CFP
- **Maîtrise d'œuvre** : SYSAAF
- **5 groupes de travail** (DRMM, SYSAAF, Ifremer, CRIOBE, GIE, écloseries, autres ?) :
  - **Groupe 1** : Organisation entre les acteurs
  - **Groupe 2** : Proposition de programmes de sélection types
  - **Groupe 3** : Caractérisation et conservation de la variabilité génétiques incluant la cryoconservation
  - **Groupe 4** : Limitation des impact des animaux sélectionnés sur les populations sauvages
  - **Groupe 5** : Priorisation d'actions de développement et de recherche finalisées pour accompagner les entreprises et la politique publique
- **Fonctionnement** :
  - 2 missions. Rencontre des professionnels et journées techniques
  - 2-3 visio-conférences (9 h - 12 h) par groupe et échanges





Avec tous mes remerciements

# *Forum de la perliculture*

*26 octobre 2018*



DIRECTION DES  
RESSOURCES MARINES  
PU FA'AHOTU MOANA

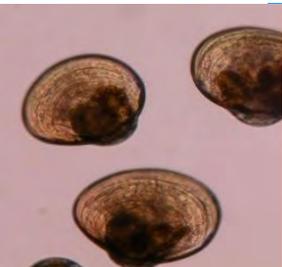


*Point sur les programmes de recherche pour l'amélioration de la  
qualité des perles de culture de Tahiti*

**Dr. Jérémie Le Luyer**

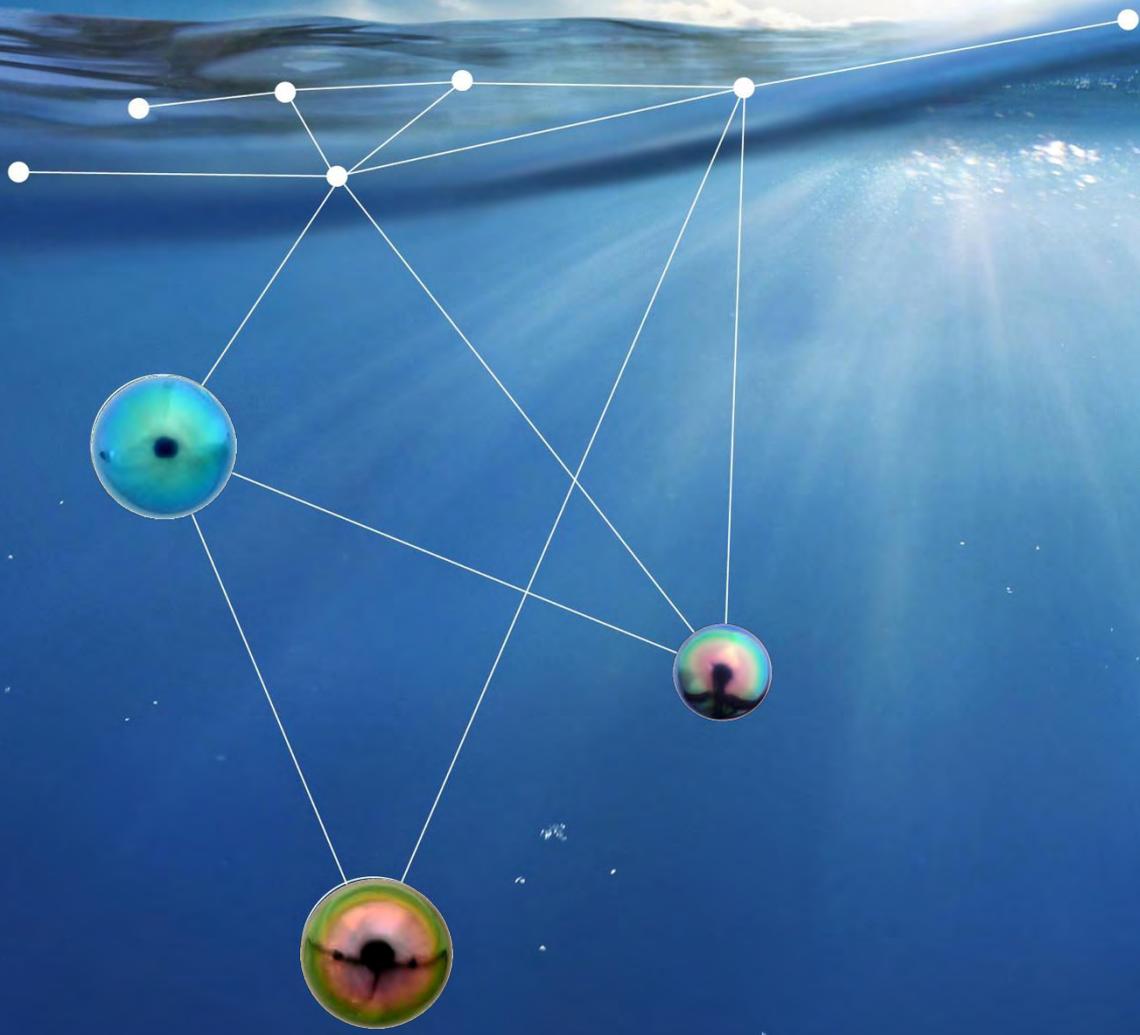
*Ifremer*

RMPF





Ifremer



VERS LA  
SÉLECTION  
GÉNOMIQUE

# Sélection génomique ?

## Contexte:

- Les méthodes traditionnelles de sélection basées sur le phénotype ont porté leur fruit mais sont extrêmement coûteuses en temps et en infrastructures
- La sélection génomique (SG) permet de sélectionner pour plusieurs traits d'intérêts simultanément et permet un gain génétique plus rapide
- Elle permet également de s'assurer que la diversité génétique est maintenue sans avoir connaissance du pedigree
- Si les avantages à la SG ont été montrés, une forte collaboration entre les chercheurs et les professionnels est nécessaire pour sa mise place

# Vers l'amélioration génomique



## Actions:

1. Développer des aspects zootecniques (écloserie) pour assurer les pontes, la nurserie et de possibles lignées
  
1. Développer des ressources génomiques & identifier des marqueurs (héritables) d'intérêt
  
1. Intégration des données et suivi environnemental
  
1. Vers la mise en place de SG

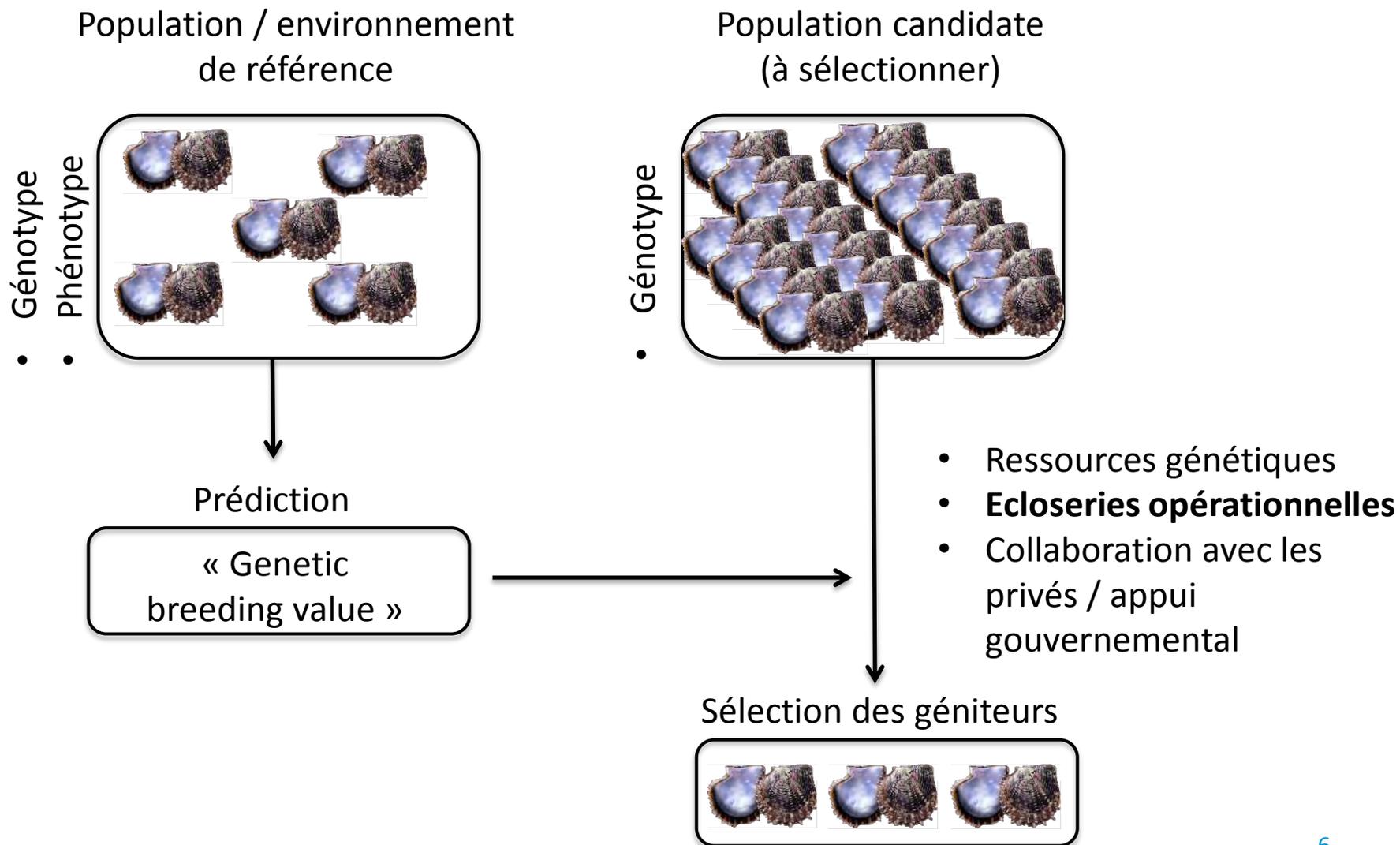
# Vers l'amélioration génomique



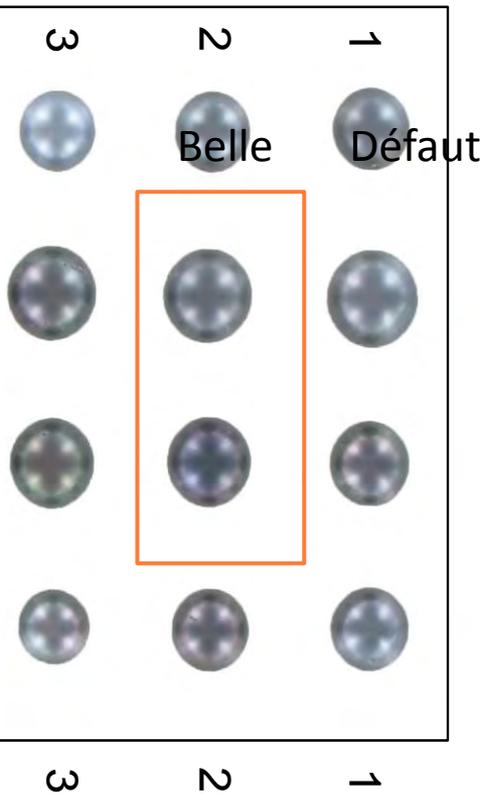
## Actions:

1. Développer des aspects zootecniques (écloserie) pour assurer les pontes, la nurserie et de possibles lignées
  
1. Développer des ressources génomiques & identifier des marqueurs (héritables) d'intérêt
  
1. Intégration des données et suivi environnemental
  
1. Vers la mise en place de SG

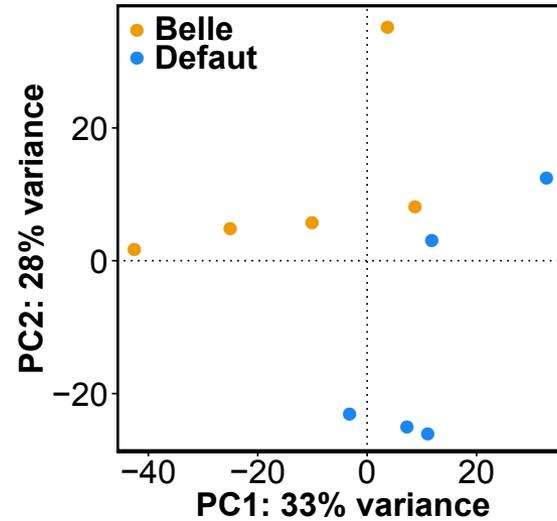
# Qu'est ce que la SG ?



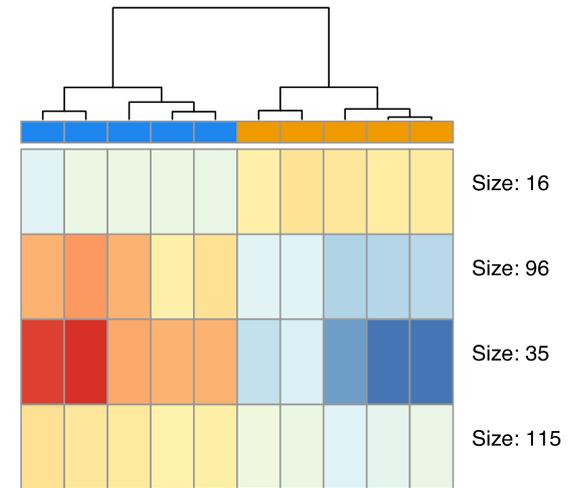
# Action 1: Ressources génomiques



High quality



iation  
es par  
enes



Identifier des gènes  
associés à la qualité de  
la perle

# Action 1: Ressources génomiques

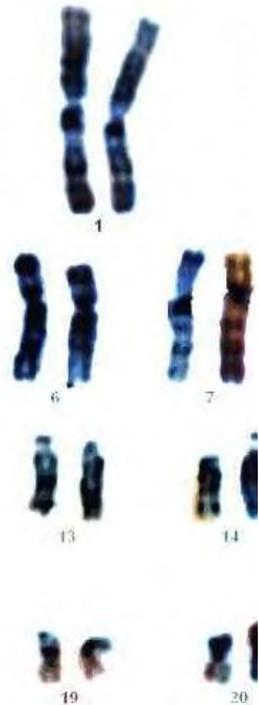
## Génome



Exemple d'un caryotype  
humain

# Action 1: Ressources génomiques

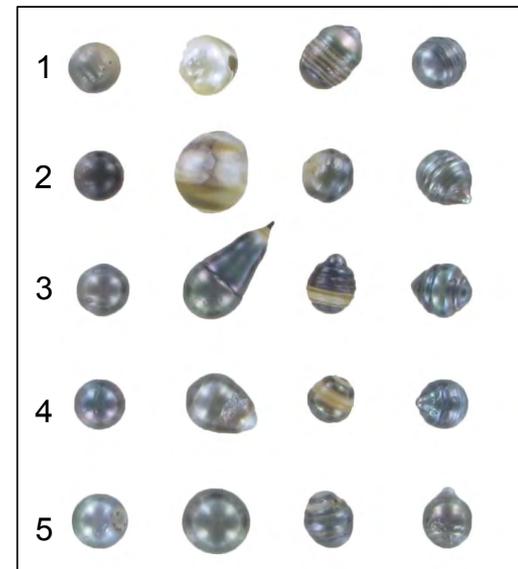
## Génome



High quality

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Low quality



Exemple d'un caryotype  
humain

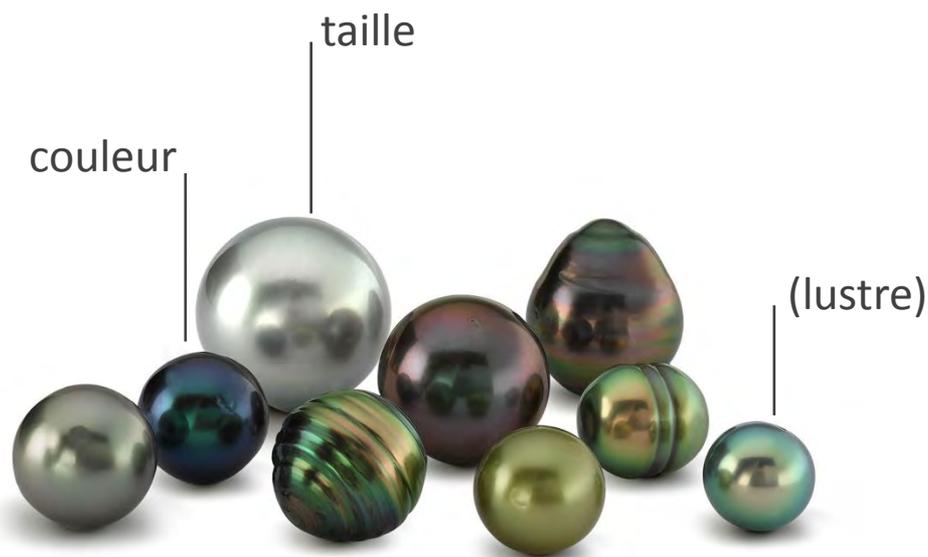
2

3

9

# Action 2: Détection des marqueurs d'intérêt

## Caractères clefs



Qualité de la  
perle / qualité  
de la donneuse



« TL » phenotype

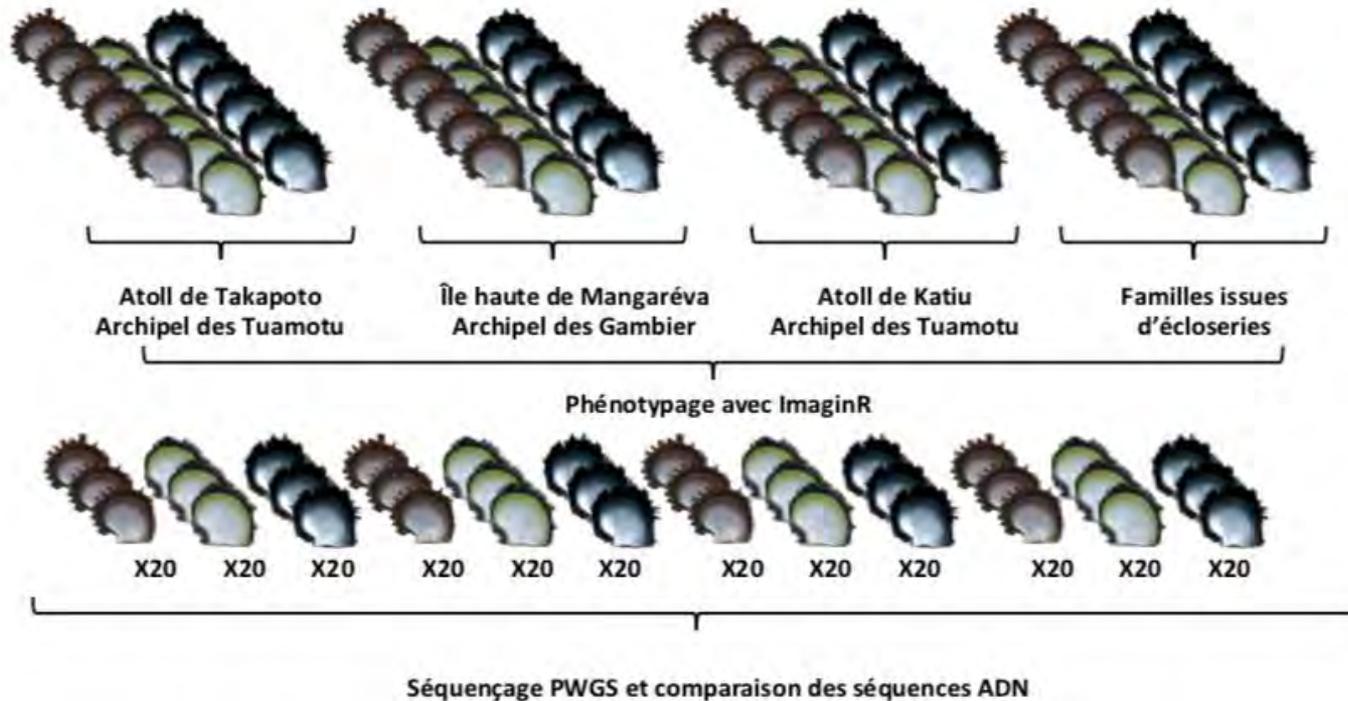


« QL » phenotype

Croissance de la  
receveuse

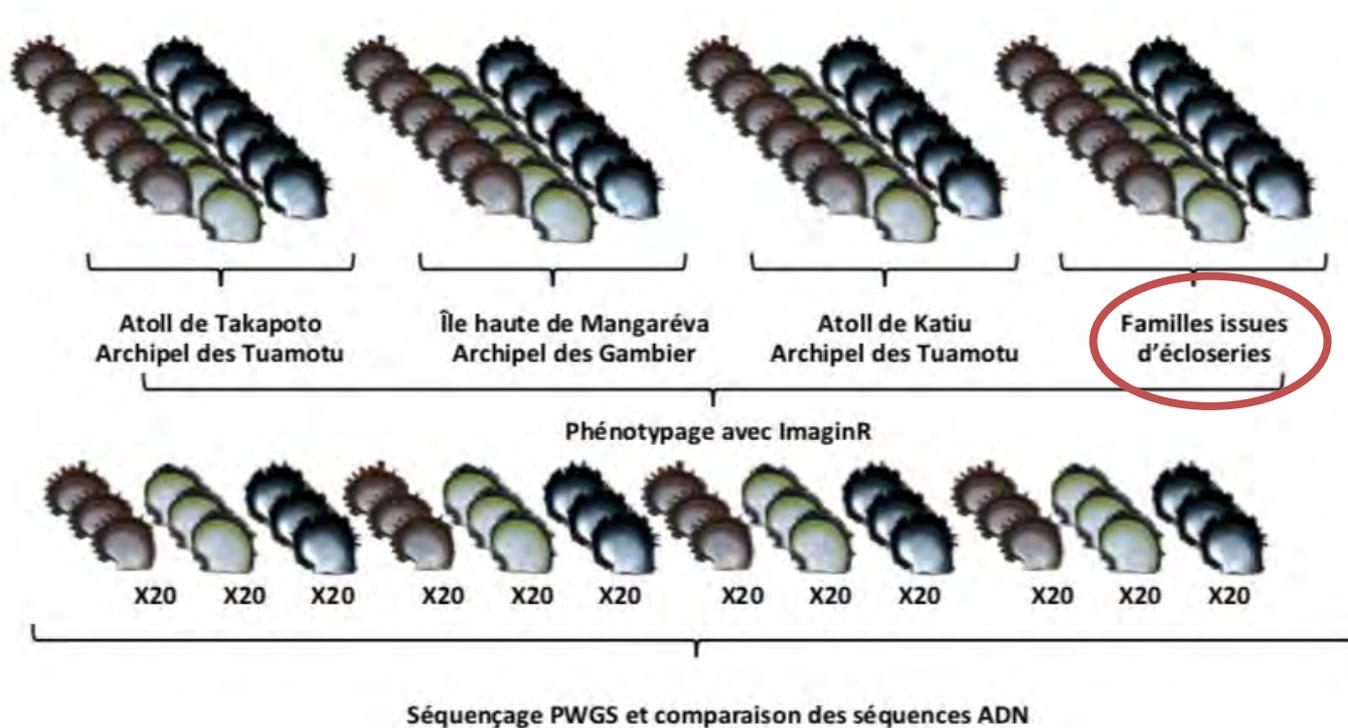
# Action 2: Détection des marqueurs d'intérêts

## Couleur



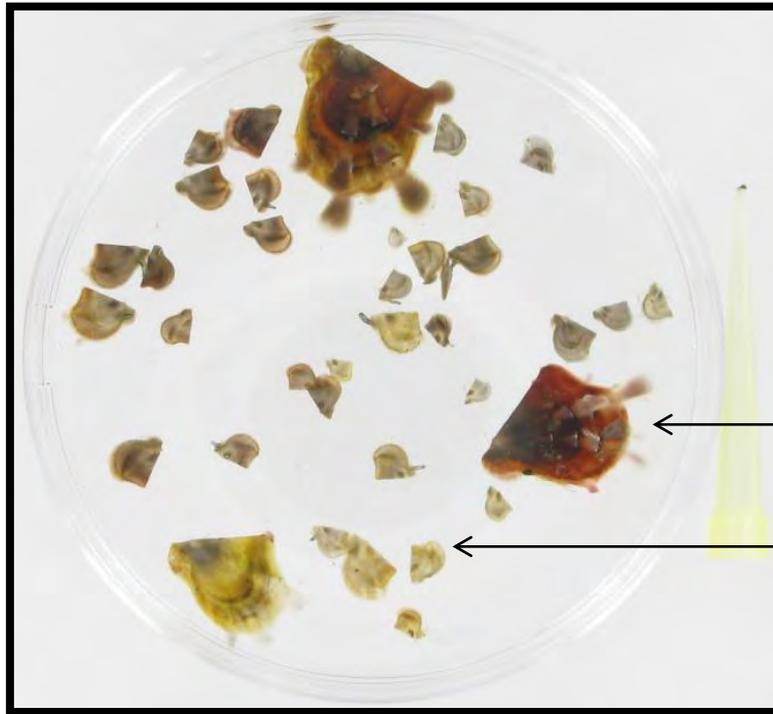
# Action 2: Détection des marqueurs d'intérêts

## Couleur



Dans un environnement identique, les phénotypes de couleur pour des individus d'écloserie on été « fixés » dans la progéniture (hérités) et permettent d'identifier des variations génétiques spécifiques

# Action 2: Détection des marqueurs d'intérêts croissance

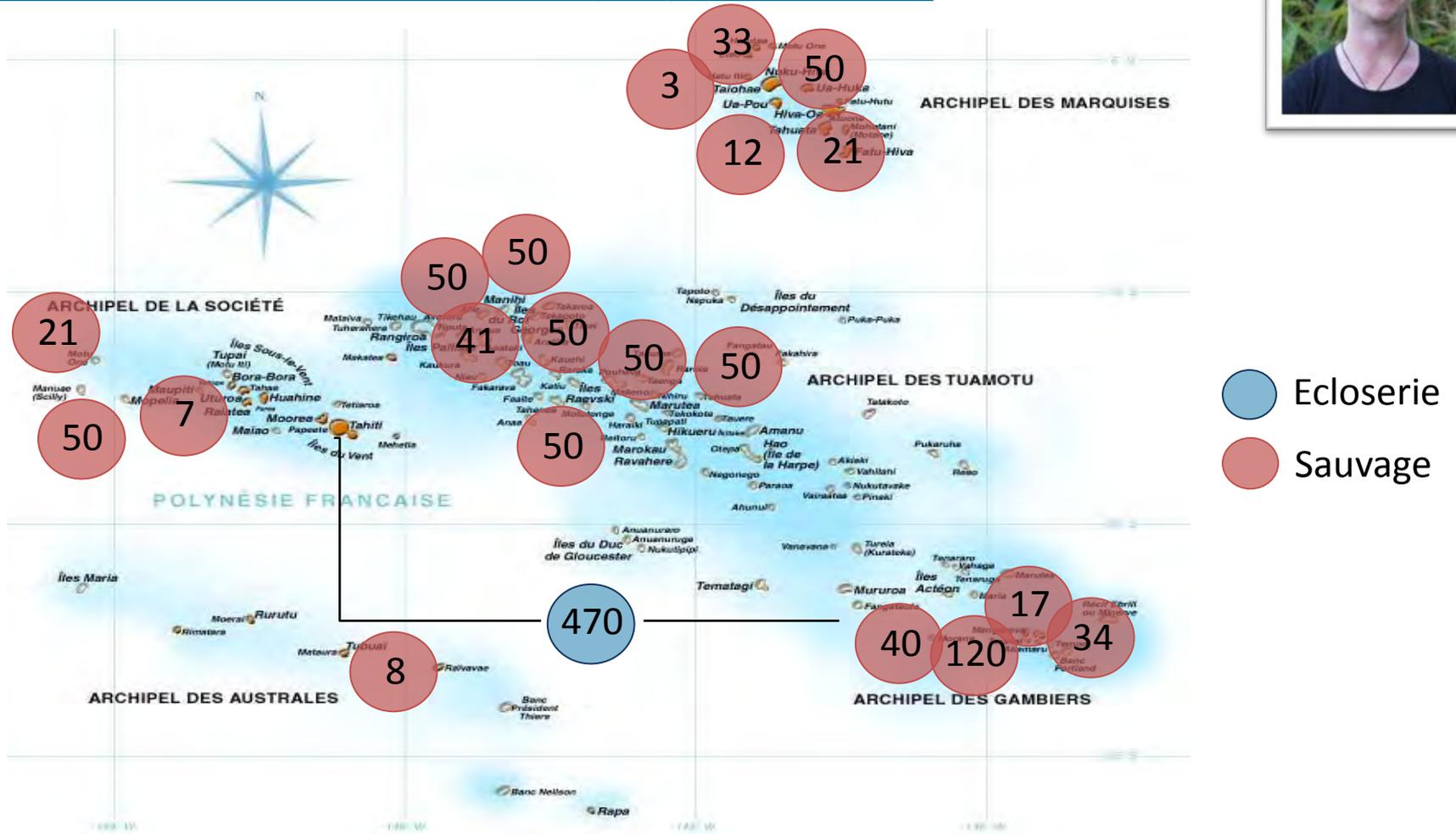


Large différence de taille au sein d'une même famille

L'écloserie permet de contrôler pour un bagage génétique fixe les différentes variations / paramètres affectant la croissance

# Action 3: Génomique x environnement

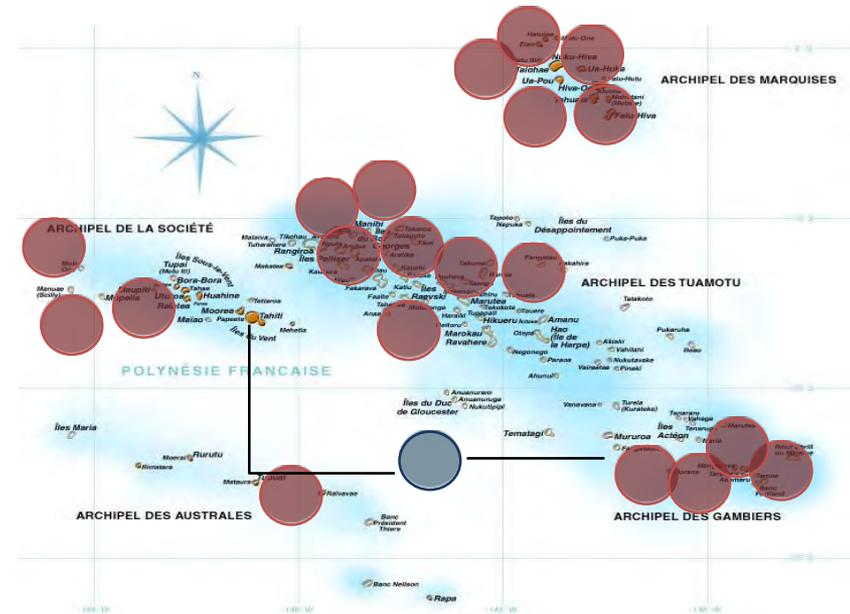
## Diversité, structure des populations



# Action 4: Vers la mise en place de SG



Position des marqueurs d'intérêt sur le génome



Sélection des variations génétiques à l'échelle de la Polynésie

Création d'une base de données exhaustive

# Action 4: Vers la mise en place de SG

- Les marqueurs génétiques sélectionnés peuvent servir à une « puce » génétique
- Les SNPs peuvent être directement utilisés pour la SG mais également s'intégrer dans des projets de recherche :
  - Traçabilité des familles & produits d'écloserie
  - Cartographie des populations
  - Inclure des marqueurs génétiques d'effet majeurs pour des traits d'intérêts & gènes aux fonctions clefs
  - Contrôle de la consanguinité





SÉLECTION  
GÉNÉTIQUE DE  
*PINCTADA. MAXIMA*

THE GENETIC SELECTION  
OF *PINCTADA MAXIMA*

Dr. David JONES

Ifremer - Centre du Pacifique

James Cook University, Australia  
<https://research.jcu.edu.au/cstfa>



# Who am I?

- Primarily a geneticist and animal breeder
- The development of genomic resources and genetic selection breeding programs for:



Silver-lipped pearl oyster;



White-leg shrimp;



Black tiger prawn

- Two year research fellow with Ifremer & CRIOBE – Genomic breeding program for the black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera*



# JCU and Atlas – *P. maxima*





y. Towns



# JCU and Atlas – *P. maxima*



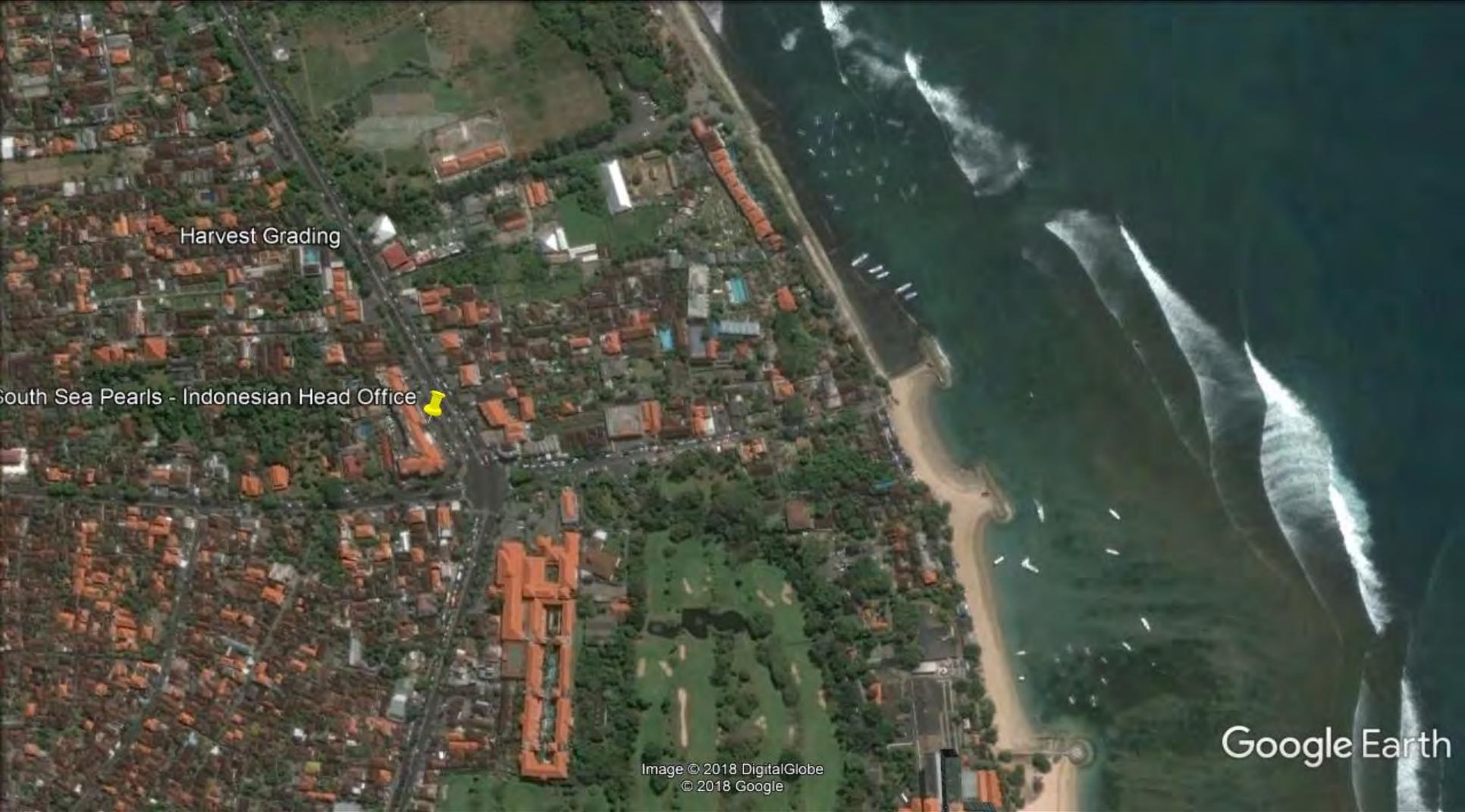
# JCU and Atlas – *P. maxim*



South S

arth

# JCU and Atlas – *P. maxima*



# ICU and Atlas - *P. maxima*



South S



Jetty

Astina



© 2018  
ge © 2018



th

# JCU and Atlas – *P. maxima*



# JCU and Atlas – *P. maxim*



Harvest Tech

Seeding R



arth

# JCU and Atlas – *P. maxima*



Pulau Pungu Kecil, Indonesia

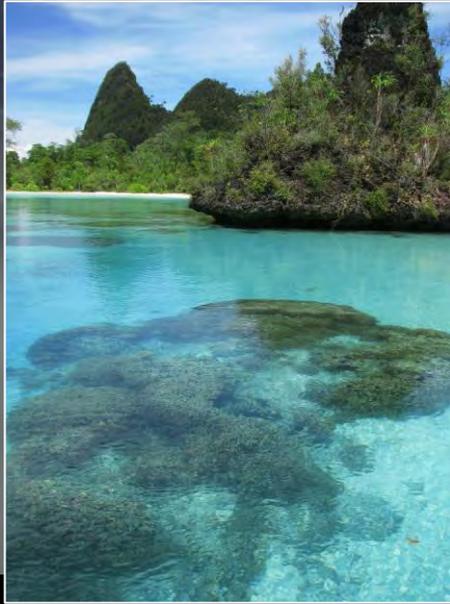
Harvest Technician

Seeding Raft



Google Earth

# JCU and Atlas – *P. maxima*



# JCU and Atlas – *P. maxima*

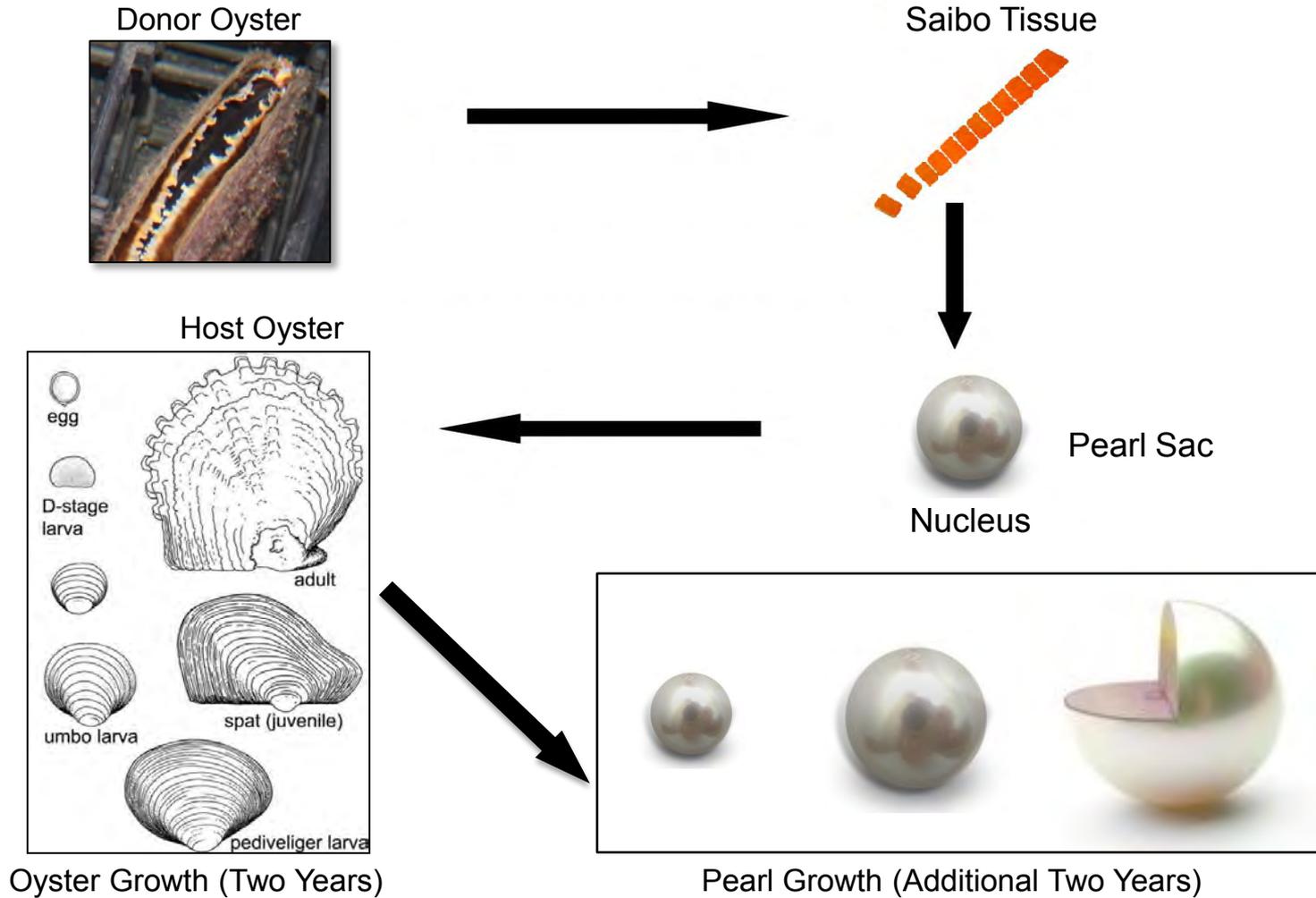


# *Pinctada maxima*

- *Pinctada maxima* – silver lipped pearl oyster
- Main pearl production species in Australia & Indonesia
- Silver and gold “South Sea” pearls
  - ~50% of the global pearl market
- No established genetic selective breeding

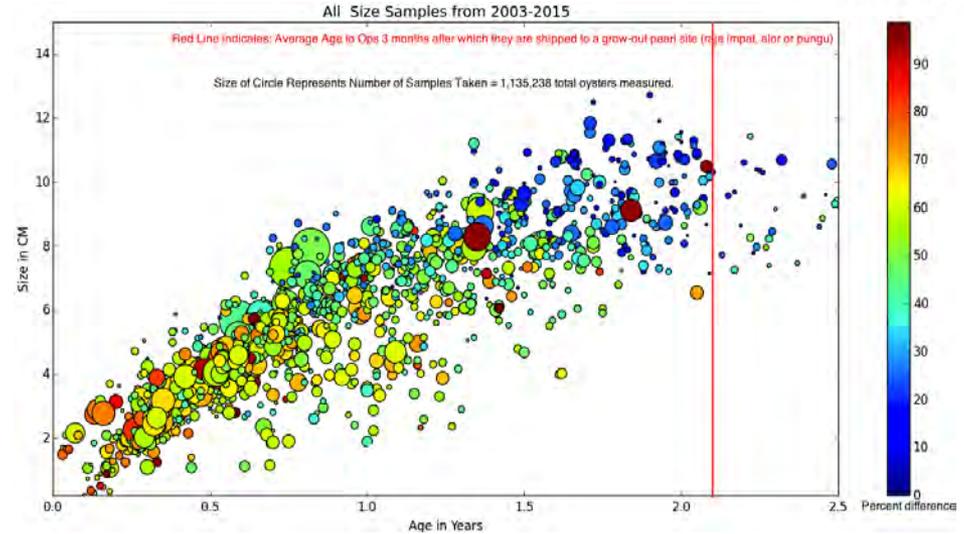
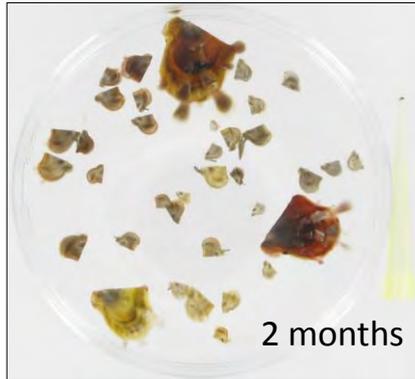


# Pearl Production: Seeding



Single pearl = 2 animals / genomes = 4 years

# Shell Variation

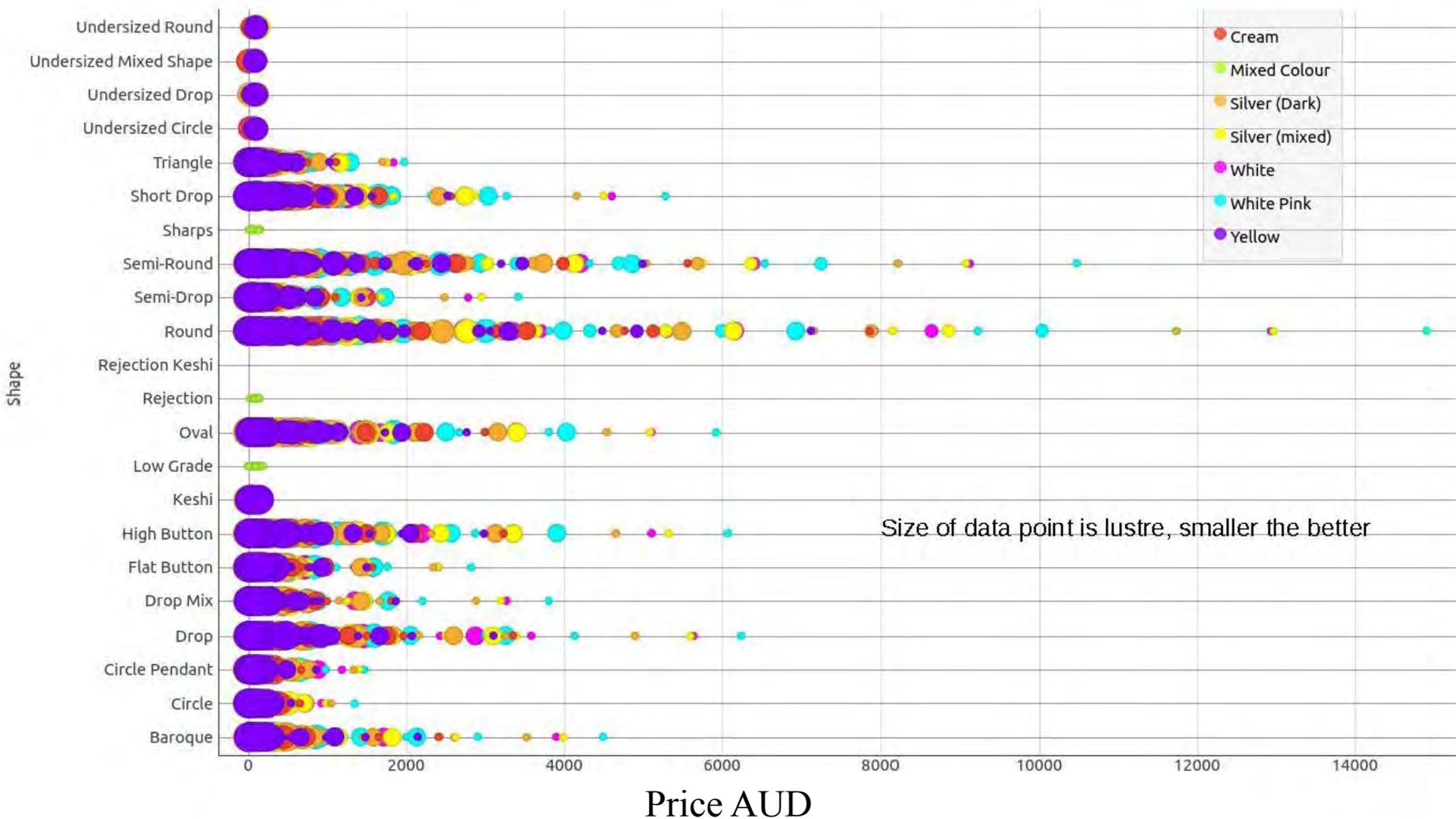


# Pearl Variation

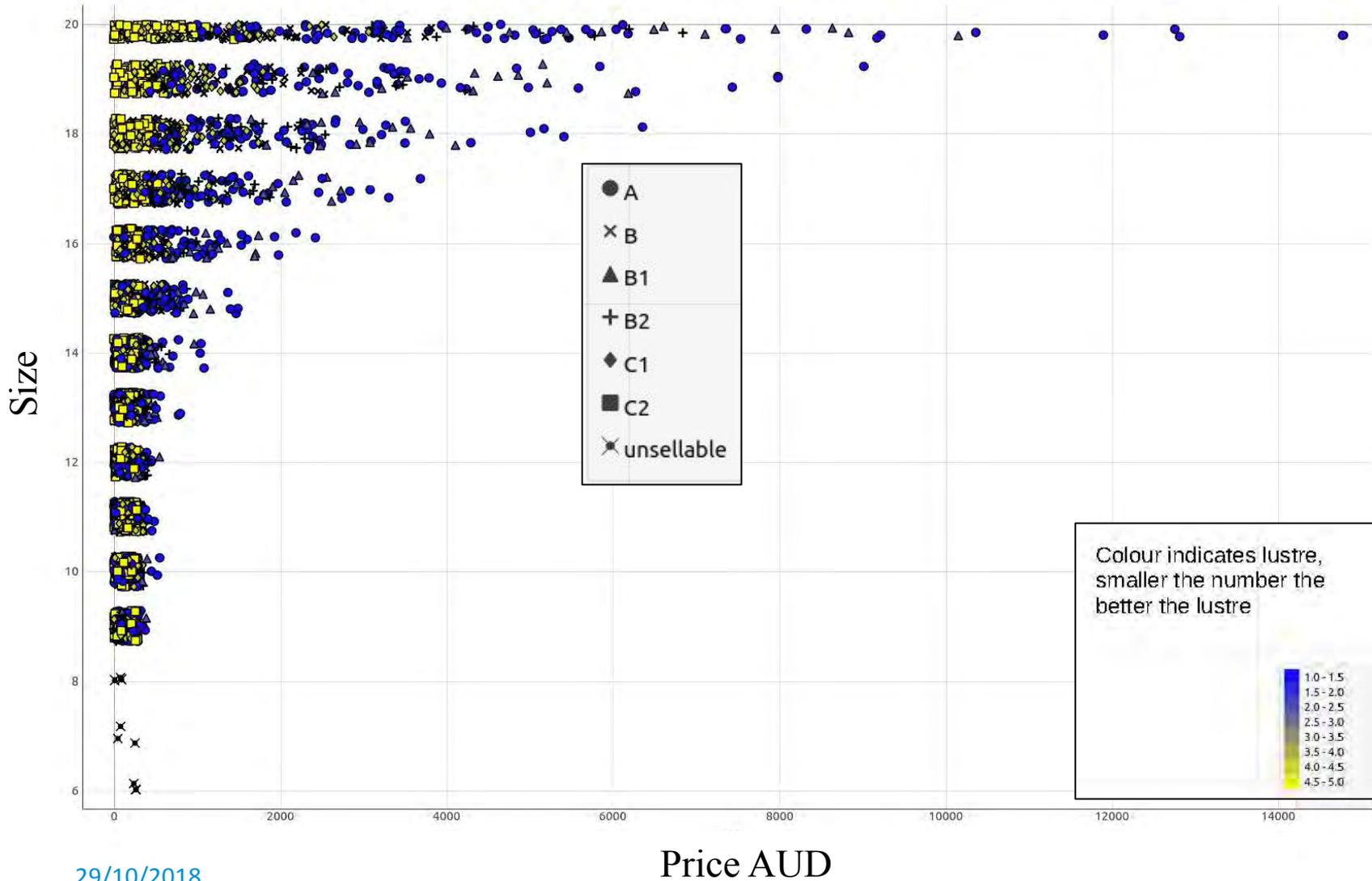
- Large pearl quality variation
  - ~10% harvest = ~90% revenue
- Two pearls (12mm, round, flawless)
  - Gold: \$1080 AUD
  - Yellow: \$60 AUD



# Pearl Variation

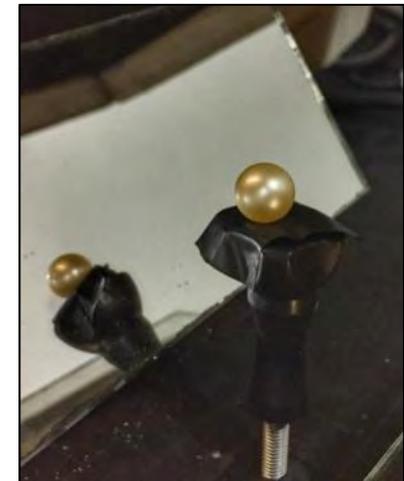


# Pearl Variation



# Breeding Programs

- Many incarnations of selective breeding
  - Phenotypic or traditional: selection on visible product quality
  - Genetic selection or marker assisted selection (MAS): selection on specific genes associated to traits
  - Genomic selection: selection on genome-wide genetic variation associated to traits
- Successful phenotypic selection on interior shell colour has produced reliable donor lines for the production of Gold and Silver/White pearls (i.e. Atlas South Sea Pearls).
- Problems with loss of genetic diversity over generations and long term stability of lines

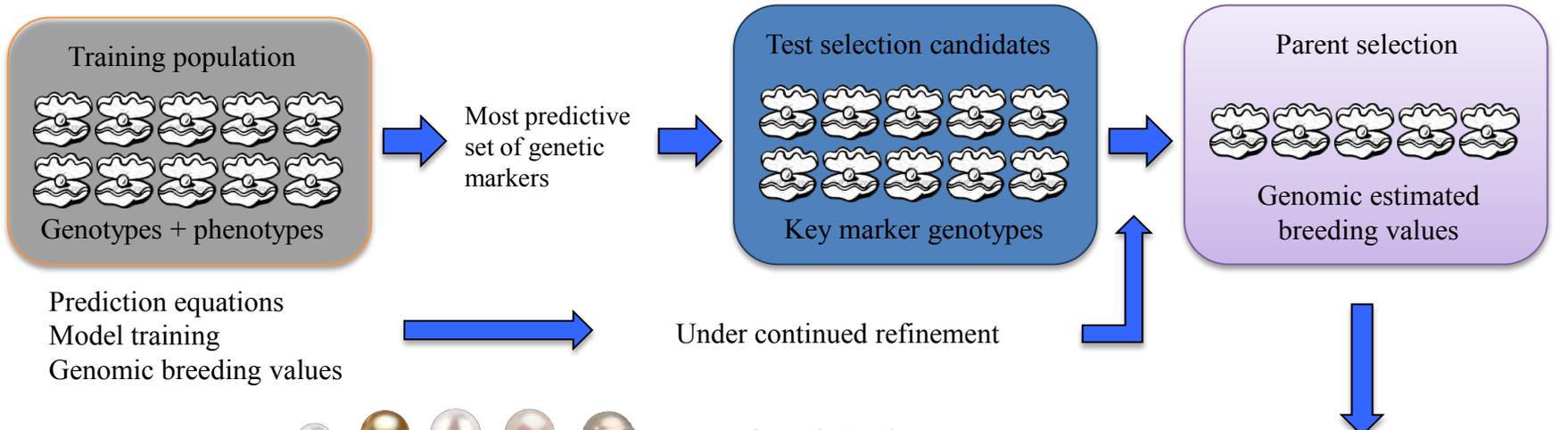


# Why Genomic Selection?

- Most pearl production traits are complex
  - Influenced by many genes of small effect
- Therefore, need to simultaneously search for all genes of small effects
- Benefits over traditional selective breeding:
  - Captures more additive genetic variation
  - Increasing accuracy of selection
  - Allows within family selection
  - Minimizes inbreeding rates
  - **Shortens generation interval**



# GS - Framework



Oyster DNA



Genetic Testing

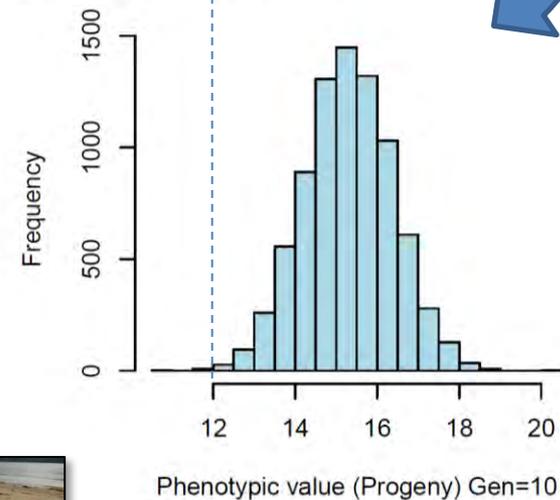
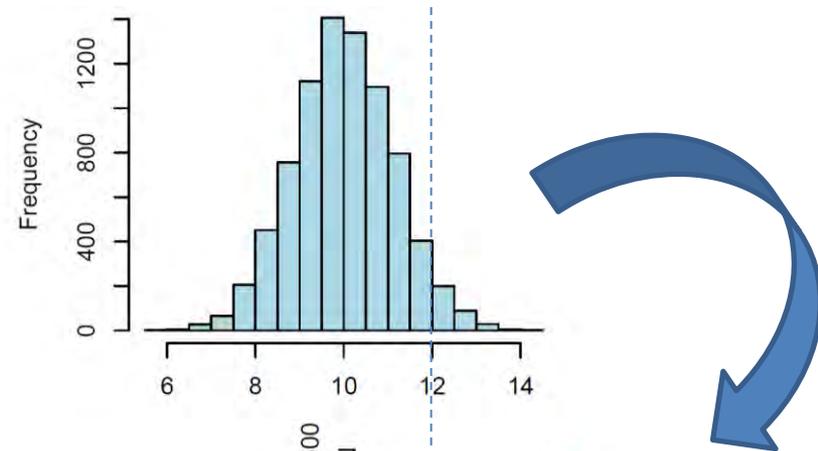
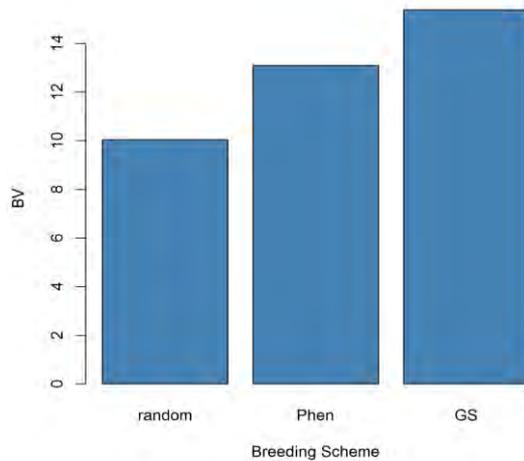


Whole-genome DNA fingerprinting



Increased % gem quality pearls

# Predicted Genetic Gain in Pearl Size



Total genetic gain after 10 generations of selection  
 Mean = 10, Variance = 1.32,  $h^2 = 0.15$

- After ten generations of selection
- Av. pearl size increased ~30% Phen. Sel.
- Av. pearl size increased ~50% GS.
- Key difference is Implementation
  - Phenotypic – after pearl is produced (3-4 years per generation)
  - Genomic – when tissue can be sampled (4-6 months per generation)



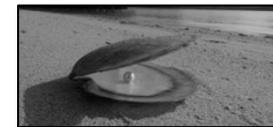
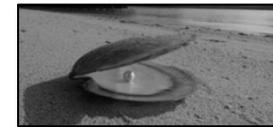
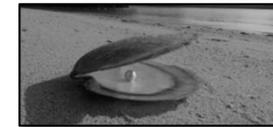
# What is needed for genetic breeding?

1. Genetic marker discovery and genotyping
  - Genotype by sequencing service provider
  - Genome wide markers (SNPs and microsatellites)
  
2. Quantitative phenotypes (physical appearance)
  - Measures of shell growth
  - Measures of pearl quality
  
3. Knowledge of genome and trait architecture
  - Generate genomic maps with high resolution
  - Identify novel genetic associations to traits
  - Genome sequencing & integration with genomic map
  
4. Determination of optimal GS models

*P. maxima*



AmeliGEN  
*P. margaritifera*



# What is needed for genetic breeding?

- Oysters within breeding program
  - High initial genetic diversity
  - The closing of the life cycle
  - Continued closed lines of oysters
  - Monitoring of the genetic diversity over time
  - Ability to select parents and have them ready to spawn when needed
  - Consortium of pearl farms whereby genotyping costs can be offset and selected stock can be produced and shared

**ESTABLISHED HATCHERY**



- Long term private partnership
  - ~10 years & ~25 publications
- Previous research has established:
  - Genetic stock & family structure
  - Trait correlations
  - Heritabilities of production traits
  - Host and donor contributions
  - Genomic resources (SNPs, maps)
  - Etc....

- Multiple private partnerships & grants
  - RikiGEN, AmeliGEN and others
- Previous research has established:
  - Genetic stock structure
  - Trait correlations
  - Heritabilities of traits
  - Environmental effects
  - Geographical differences
  - Etc....

Common GOAL:

To investigate potential of establishing genetic selection



- *P. maxima* Objectives
  - Host Oyster = Shell growth
  - Donor Oyster = Pearl colour & lustre
- Farm within a farm (R&D shell)
  - Accurate quantitative phenotypes
  - Control of breeding decisions
  - Research directly applicable to Industry
- Private partner hatchery

- *P. margaritifera* Objectives
  - Host Oyster = Shell growth
  - Donor Oyster = Pearl colour
- Farm within a farm (R&D shell)
  - Accurate quantitative phenotypes
  - Control of breeding decisions
  - Research directly applicable to Industry
- Private partner hatchery
- Ifremer hatchery facilities

Watch these spaces...

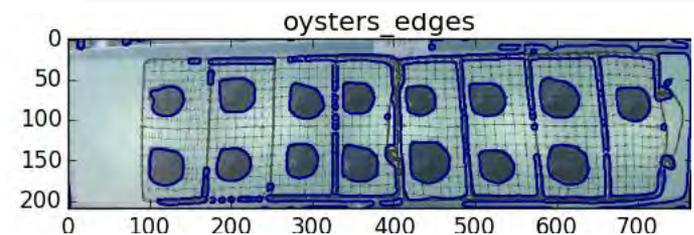
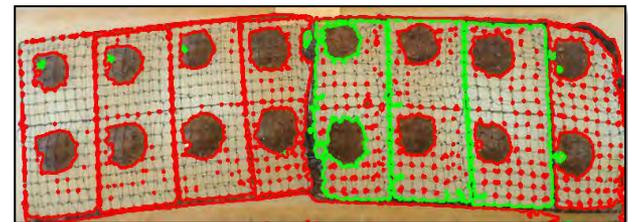


# Questions



# Phenotypes – Shell / Host

- Quantitative Shell Growth
  - GoPro & image analysis



# Phenotypes – Shell / Host

- Proportion Silver



- Extra considerations:
  - Colour change over 2 years

# Phenotypes – Pearl / Donor

Pearl  $h^2$



Pearl  $h^2$



Weight & Size	0.14 – 0.16	Nacre Weight	0.34
		Nacre Thickness	0.29
Shape	0.06	Shape	0.02 – 0.06
Colour	0.14 – 0.33	Colour	0.16
		Darkness	0.37
Luster	0.22	Luster	0.12
Surface	0.26	Surface	0.21
		Pearl Grade	0.19

Host Oyster  $h^2$

Shell Height (DVM)	0.29
Shell Width (SW)	0.13
Shell Length (APM)	0.33

Biominerlisation Gene  $h^2$

Within Tissue Graft	0.11 – 0.47
Within Pearl Sac	0.10 – 0.41

# *Forum de la perliculture*

*26 octobre 2018*



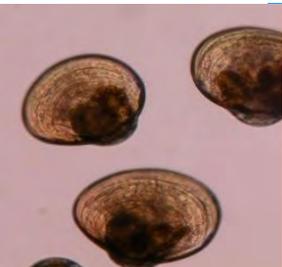
DIRECTION DES  
RESSOURCES MARINES  
PU FA'AHOTU MOANA



## *Huîtres perlières d'écloserie: des résultats prometteurs pour l'amélioration de la qualité de production*

**Dr. Chin-Long KY**

*Ifremer*





HUITRES PERLIÈRES D'ÉCLOSERIE:  
DES RÉSULTATS PROMETTEURS  
POUR L'AMÉLIORATION DE LA  
QUALITÉ DE PRODUCTION

## *Ecloserie d'huîtres perlières & amélioration génétique*

- Contexte:

- Approvisionnement en huîtres reposant entièrement sur le collectage naturel
- Une zootechnie de production d'huîtres relativement maîtrisée (MSK)
- La génétique, clé du développement de toutes filières d'élevage optimisées (DJ)

- Ifremer se positionne en recherche finalisée pour acquérir des connaissances permettant de démontrer la faisabilité de programme de sélection génétique.

- Exploiter la diversité génétique de la ressource,
- Etudier les caractères d'intérêt perlicole en lien avec la détermination de la couleur et la croissance
- Comprendre les mécanismes générateurs de variabilité de l'expression de ces caractères en relation avec les variations de l'environnement
- Développer les outils en vue de la sélection génomique (JLL)

- Collaborations: DRMM, Privés (producteurs) et CRIOBE-CNRS-EPHE



# 5 conventions de recherche, couvrant les 5 archipels

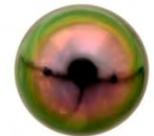
Un équilibre entre recherche appliquée et fondamentale en soutien à la filière



**TripaGEN**

Coordination

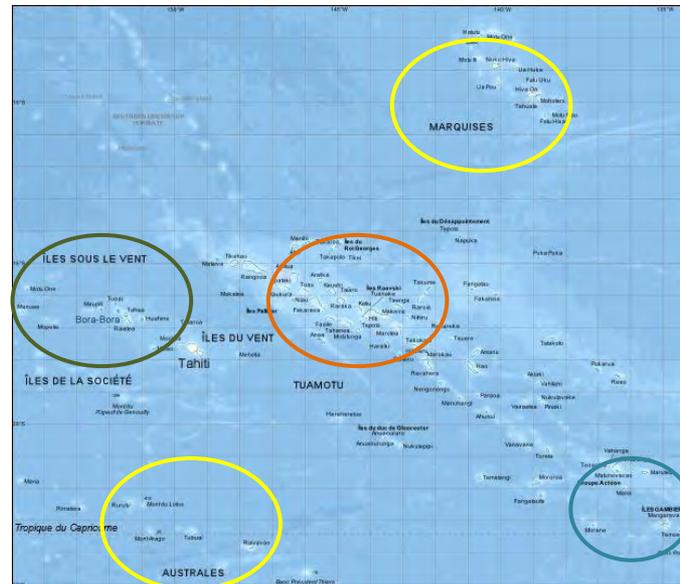
Thèses



**MappyGEN**

Pop. Mopelia et Scilly

Zootechne larvaire/ juvéniles



**ColoGEN**

Pop. Tuamotu Nord

La mutation ALB

**AmeliGEN**

Pop. Australes & Marqueses

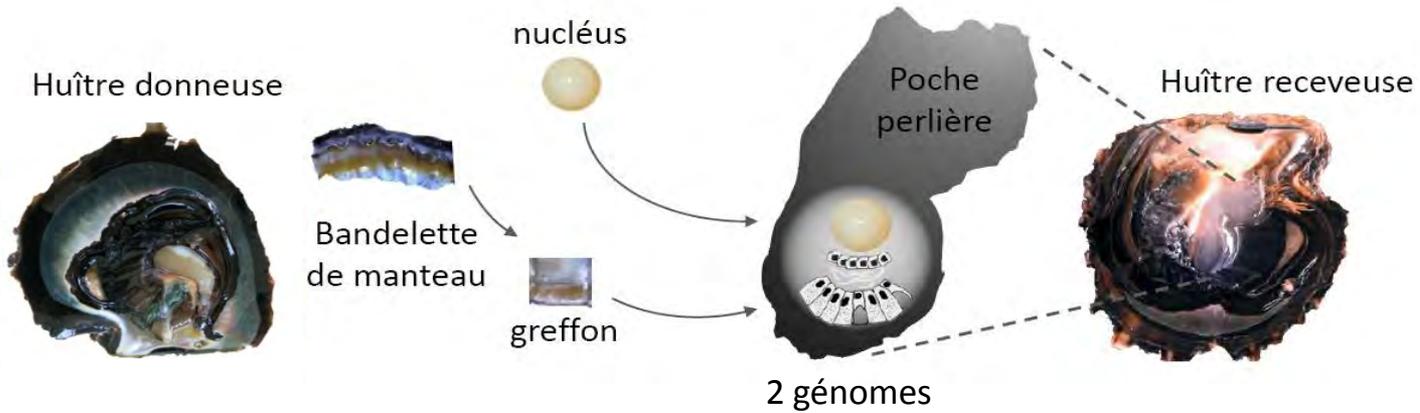
Séquençage du génome & SNP

**RikiGEN-2**

Pop. Gambier

La mutation ORA

# La production de perle de culture chez *P. margaritifera*



**non lustrées**



**piquées**



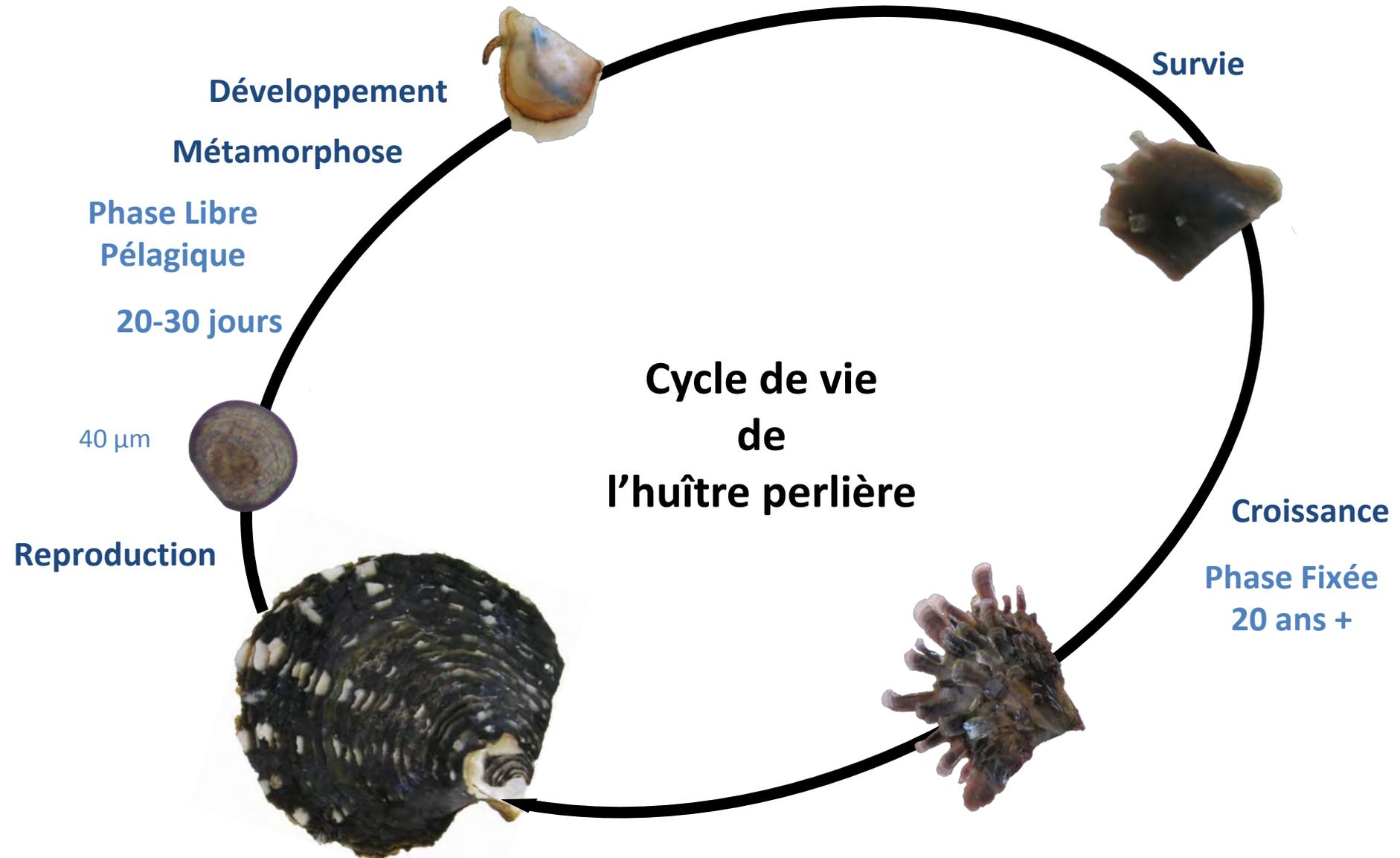
**rebuts**



**grade A**



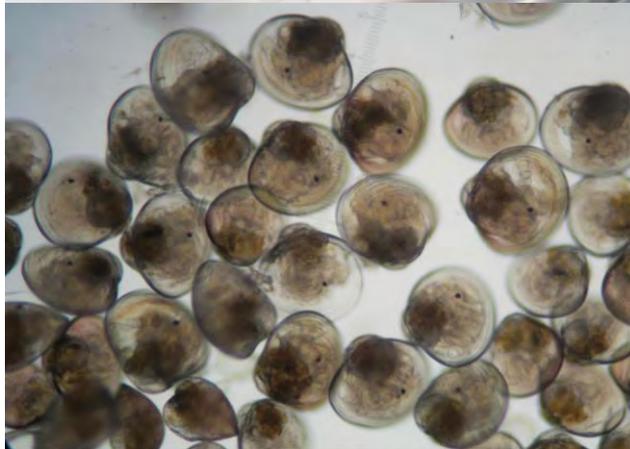
# La production d'huîtres perlières, un nouveau métier





# Huîtres perlières d'écloserie

## Des juvéniles en grossissement en laboratoire





## Phase critique 1: amélioration des procédés d'élevage larvaire

- Des bases acquises, mais nécessité d'augmenter les rendements à la fixation;
- Transfert des procédés d'élevage larvaire développés sur l'huître creuse *Crassostrea gigas* vers *Pinctada margaritifera* (flux ouvert dynamique, densité, bullage, luminosité, suivi du milieu d'élevage etc.)



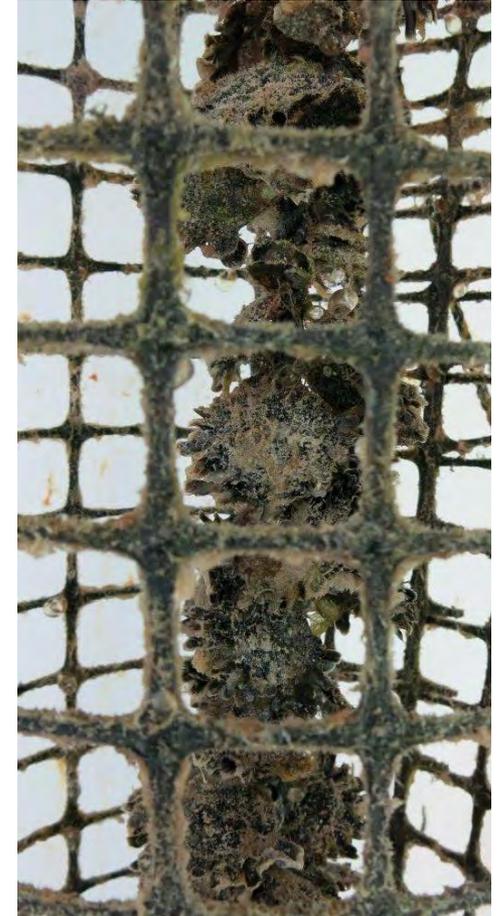


## Phase critique 2: Optimisation du protocole de fixation en laboratoire





# Phase critique 3: Optimisation du protocole de transfert au lagon Vers la conception de nouveaux supports spécifiques



# Huîtres perlières d'écloserie, de multiples retombées pour la filière

1. La possibilité de produire des lignées de donneuses élites à coloration déterminée en réponse aux besoins du marché;
2. La possibilité de trier dans la descendance produite (de même âge) des individus plus performants en croissance (taille);
3. La possibilité de disposer d'un matériel biologique standardisé d'intérêt pour l'expérimentation, la recherche;
4. La possibilité de réaliser des croisements inter-archipels, avec la population sauvage des Marquises par exemple.

# 1. Approvisionnement en donneuse de greffon par voie d'écloserie

- Une solution face aux aléas pour trouver des donneuses de greffon colorées et lustrées issues des huîtres de collectage.
- Les productions en écloserie améliorent significativement la probabilité d'en trouver.



Collectage naturel



Production d'écloserie



# 1. Huîtres donneuses de greffon d'écloserie

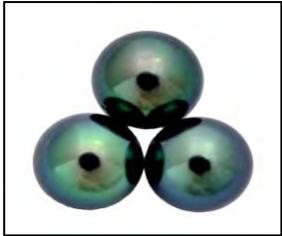
Lignée « jaune » :



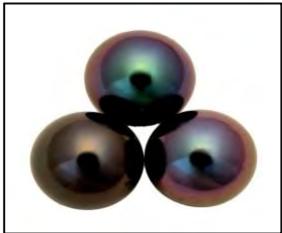
Lignée « verte » :



# 1. Lignée verte d'écloserie



**GREEN**



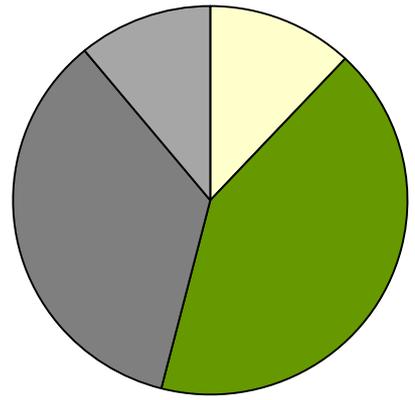
**DARK**



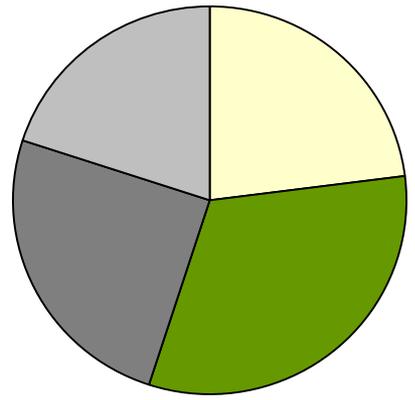
**MEDIUM**



**LIGHT**



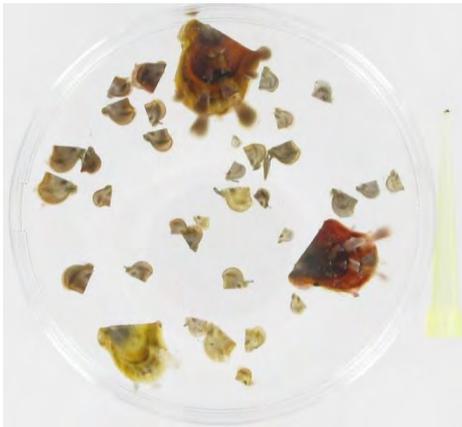
Production d'écloserie



Collectage naturel

## 2. Sélection sur les performances de croissance

2 mois



18 mois

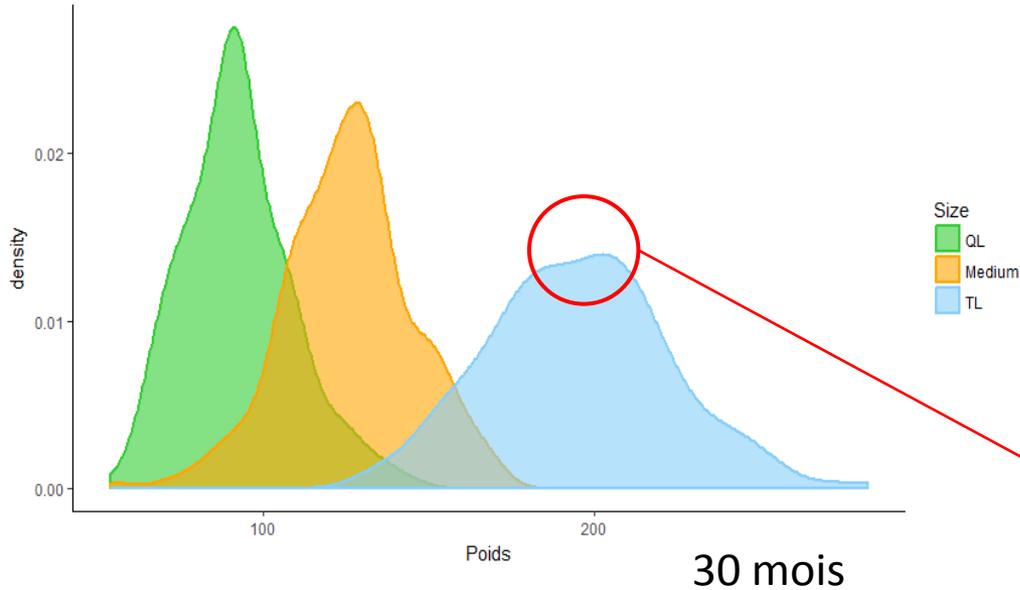


Poids: 55 g.  
Hauteur: 75 mm.

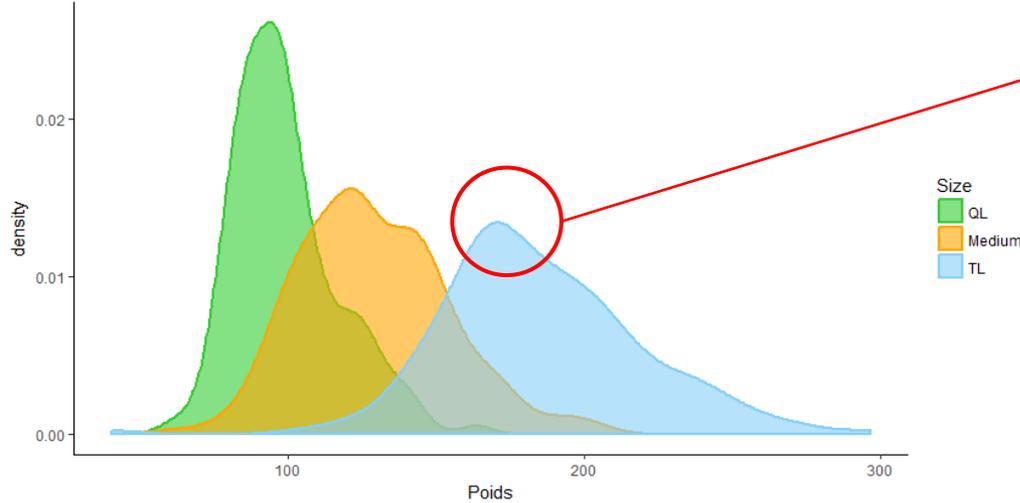
Poids: 120 g.  
Hauteur: 100 mm.

## 2. Sélection sur les performances de croissance (1<sup>er</sup> génération)

Poids de la famille NC14

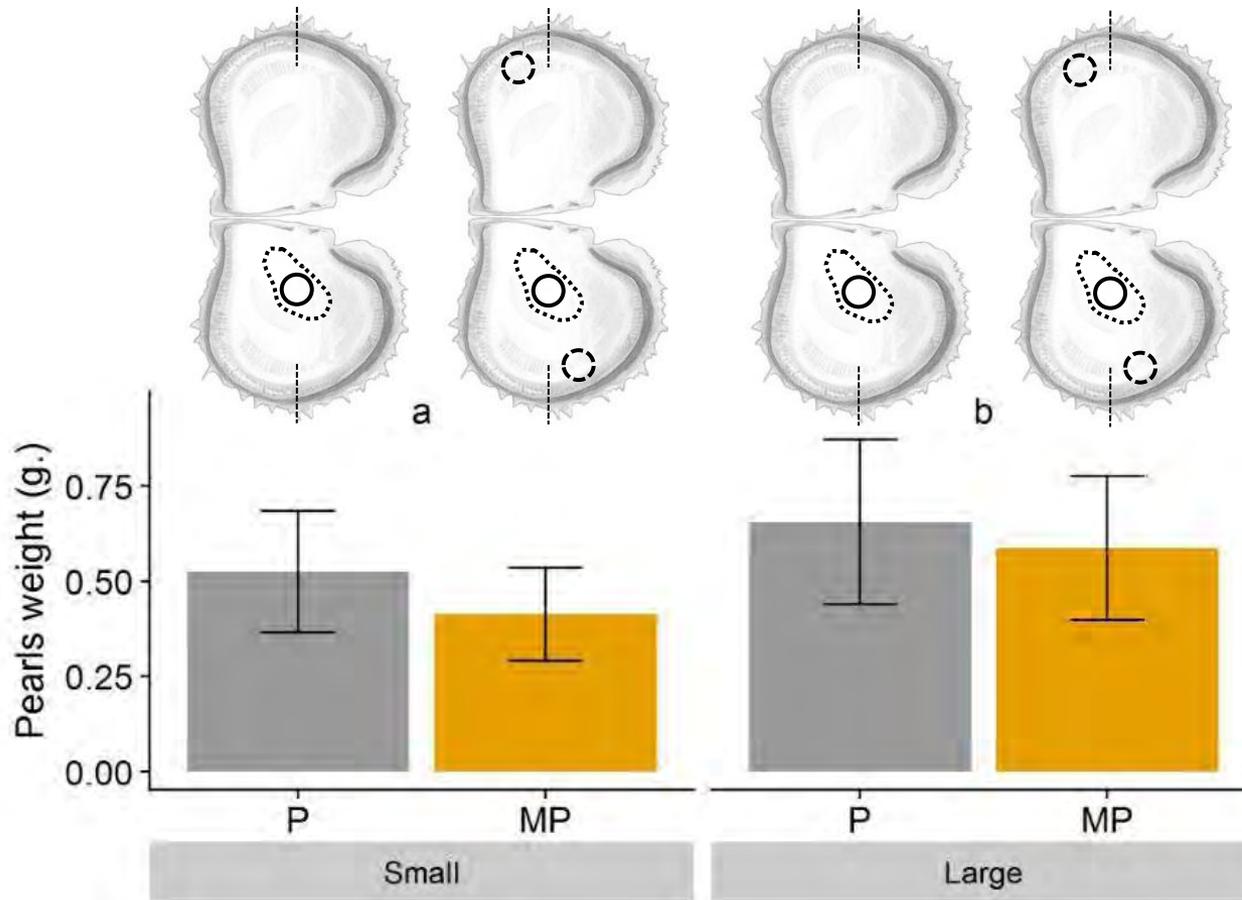


Poids de la famille B10



Seconde génération  
en cours de croissance

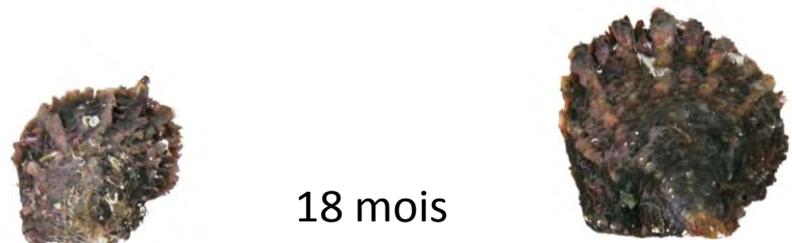
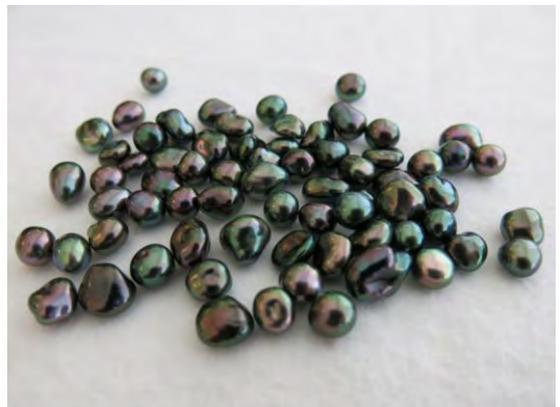
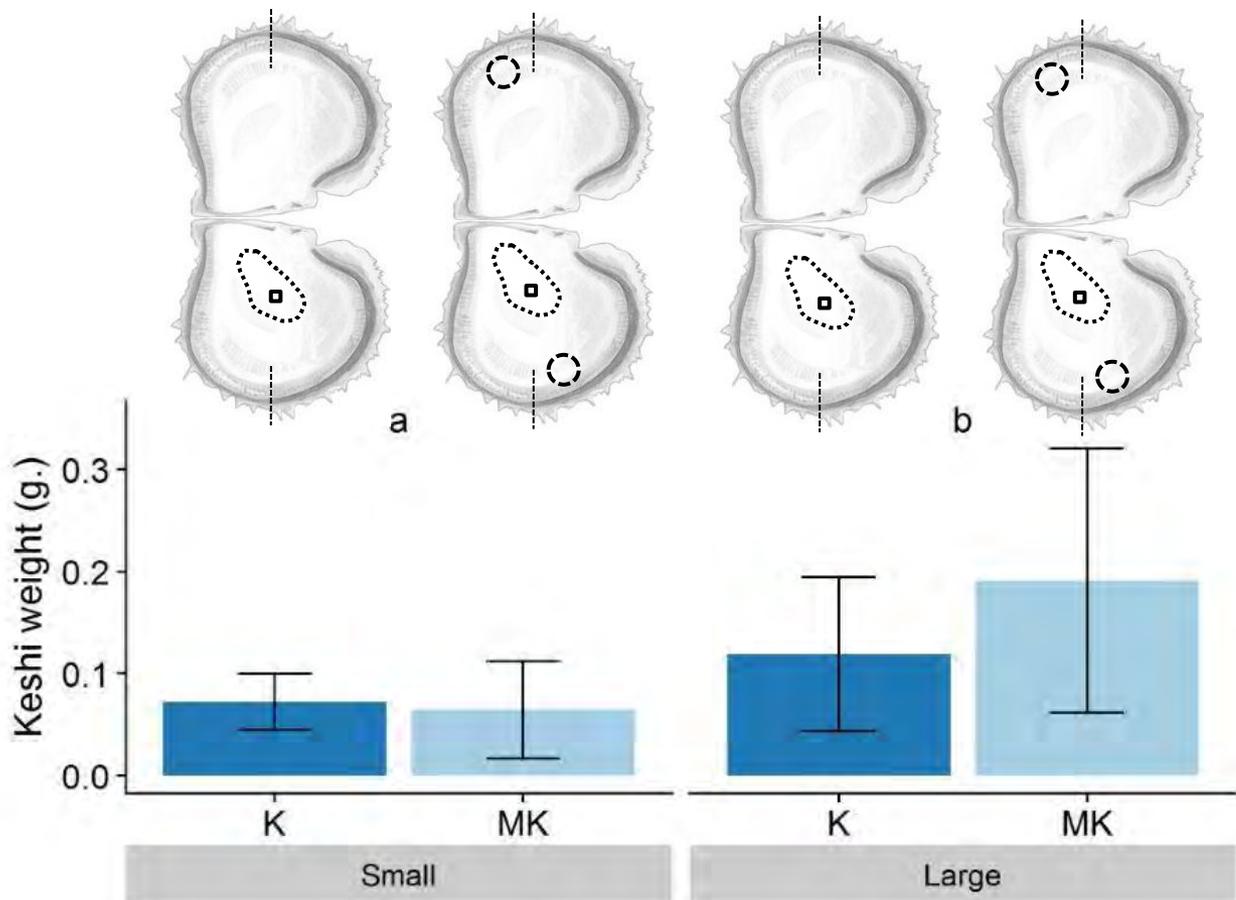
## 2. Performances et production combinée: perles et mabé



18 mois



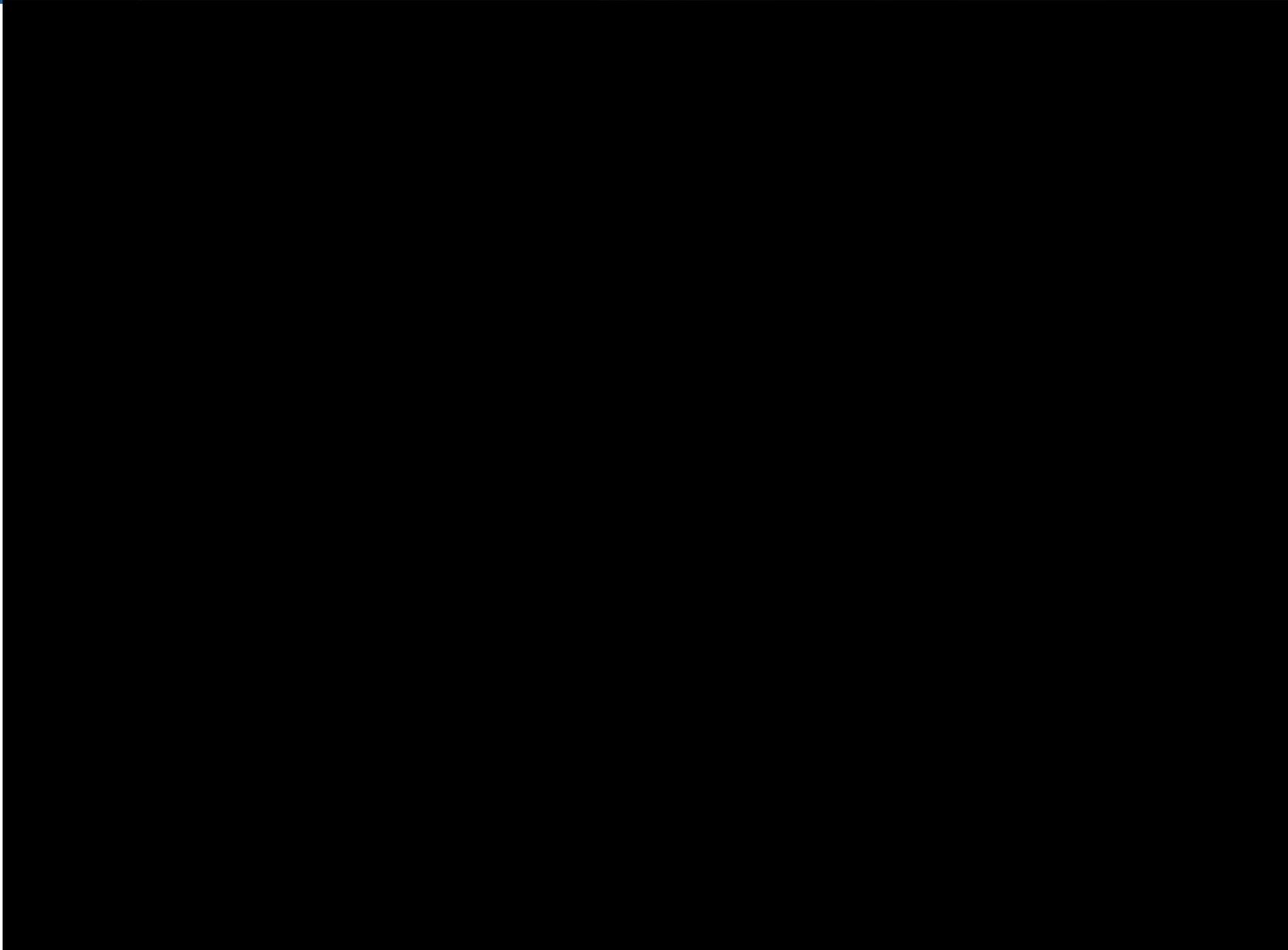
## 2. Performances et production combinée: perles et keshi



### 3. Un matériel biologique standardisé d'intérêt pour l'expérimentation

Huîtres perlières albinos et à chair orange







## 4. Huîtres perlières des Marquises

Un réservoir de la diversité sur cet archipel où la perliculture n'existe pas.



## 4. Huîtres perlières des Marquises

Des singularités par rapport aux populations exploitées: couleurs, formes, coloration des coquilles, des gonades, relative résistance thermique etc.

Développement potentiel d'une souche exploitable en perliculture à partir de la population des Marquises, pour:

- La diversification de la coloration;
- L'intégration de la tolérance thermique dans les schémas de sélection face aux changements climatiques.



## 4. Huîtres perlières des Marquises produites en éclosérie



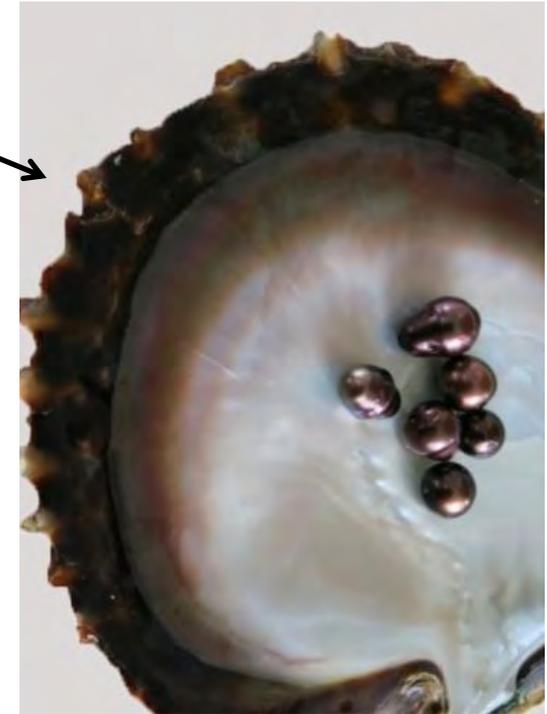
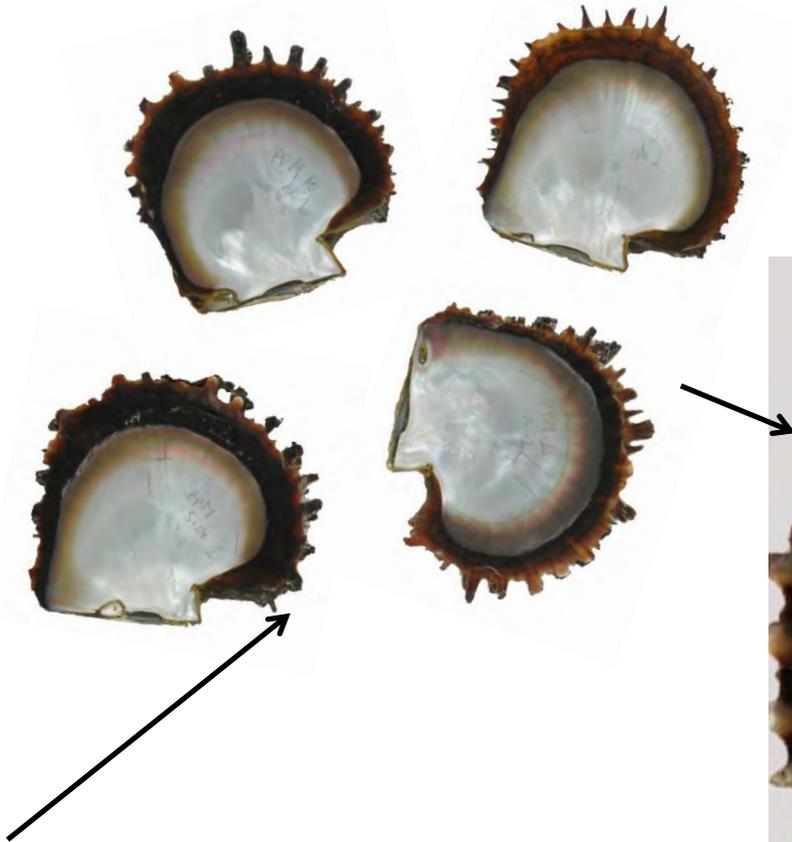
Maintien des caractères spécifiques



## 4. Huîtres perlières d'écloserie originaire des Marquises



Lignée de donneuse pour la production de perle rouge/ aubergine.



## Écloserie, le point de vue de la recherche

Risques	Réponses
Une concurrence au collectage ?	une complémentarité au travers de la diffusion d'un produit amélioré génétiquement.
Zoo-sanitaire ?	Des procédures de bio-sécurisation à définir et mettre en place.
Consanguinité ?	Une bonne gestion des croisements à mettre en place, avec des schémas maximisant la variabilité génétique.

Du recul ? Une avance en Asie et en Australie, où perliculture rime avec sélection en écloserie (5-6ème cycles de production pour la production de perles dorées chez *P. maxima*), avec une bonne gestion des croisements limitant la consanguinité (Indonésie, Birmanie, Philippines etc).

# Le réseau de partenaires privés

