

Académie Lorraine des Sciences

(13 mars 2008)

Biotechnologies en aquaculture

par

André GEORGES

Biotechnologies en aquaculture

Historique

Notion de sexe

Biotechnologies en aquaculture

- Domestication
- Élevage en conditions naturelles
- Élevage semi-sauvage
- Les problèmes
 - Déterminisme environnemental
 - Sélection
 - Transgénèse
- Les solutions
 - Élevages *mono-sexe*
 - Triploïdes
 - Tétraploïdes
- Problèmes liés à l'alimentation

Conclusion



HISTORIQUE

Chinois, Égyptiens, Romains

Moyen-Âge, 19^{ème} siècle

1886 : «Le Chajoux», La Bresse (*Rémy et Géhin*)

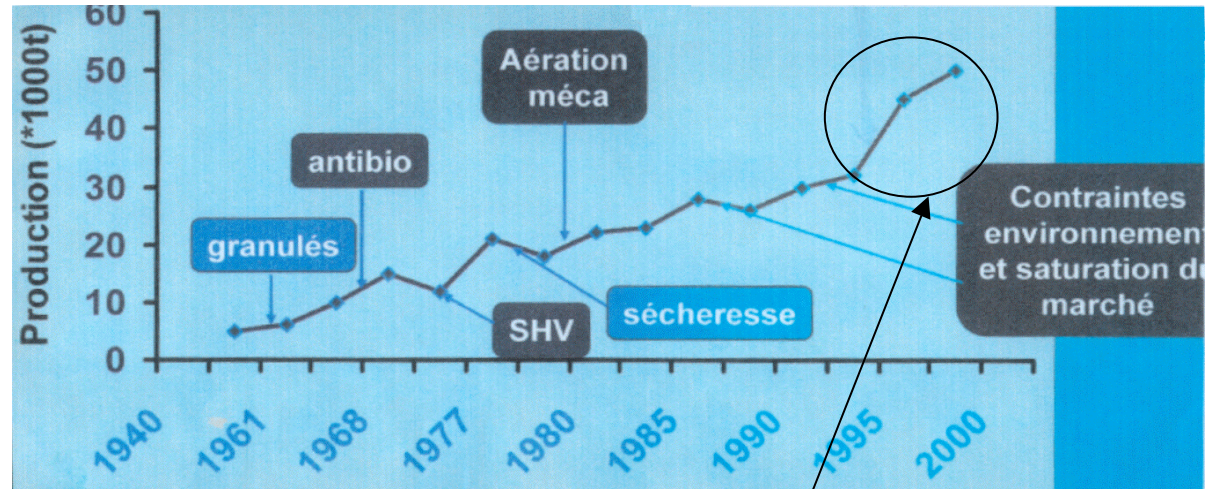
20^{ème} siècle : anciens moulins (*111 en 1910*)

Actuellement : fermes aquacoles

- circuit ouvert
- bassins eau douce (cours d'eau)
- filets (mer)
- circuit fermé
- bassins : filtre + renouvellement d'eau
- élimination des inhibiteurs de croissance
- entretien d'une population de bactéries sur filtre
- traitement des résidus fécaux
- élimination des déchets par l'ozone

Evolution de la production

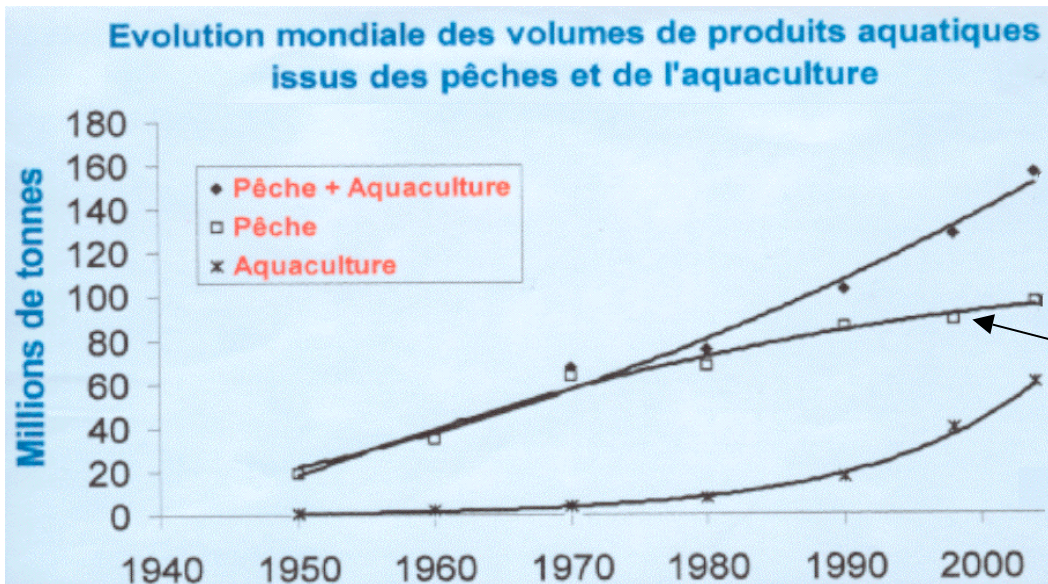
Production française de truites



Progrès :

- O₂ liquide
- élevages mono-sexe

Inflexion



Biotechnologies en aquaculture

Historique

Notion de sexe

Biotechnologies en aquaculture

- Domestication
- Élevage en conditions naturelles
- Élevage semi-sauvage
- Les problèmes
 - Déterminisme environnemental
 - Sélection
 - Transgénèse
- Les solutions
 - Élevages *mono-sexe*
 - Triploïdes
 - Tétraploïdes
- Problèmes liés à l'alimentation

Conclusion

Systèmes sexuels découverts et compris en 1985

Classes	Chromosomes sexuels	Signal primaire de détermination
Nématodes (Caenorhabditis)	XX = Hermaphrodite ou Femelle XO = Mâle	Nombre de chromosome X par rapport au nombre d'autosomes
Insectes (Drosophile)	XX = F XY ou XO = M	Nombre de chromosomes X par rapport au nombre d'autosomes
Poissons Amphibiens Reptiles	XX = F ZW = F XY = M ou ZZ = M	?
Oiseaux	ZZ = M ZW = F	?
Mammifères	XX = F XY = M	Chromosome Y

Par 1 = région pseudo-autosomique homologues à X et Y

Gènes SRY = TDF (Facteurs de Détermination Testiculaire)

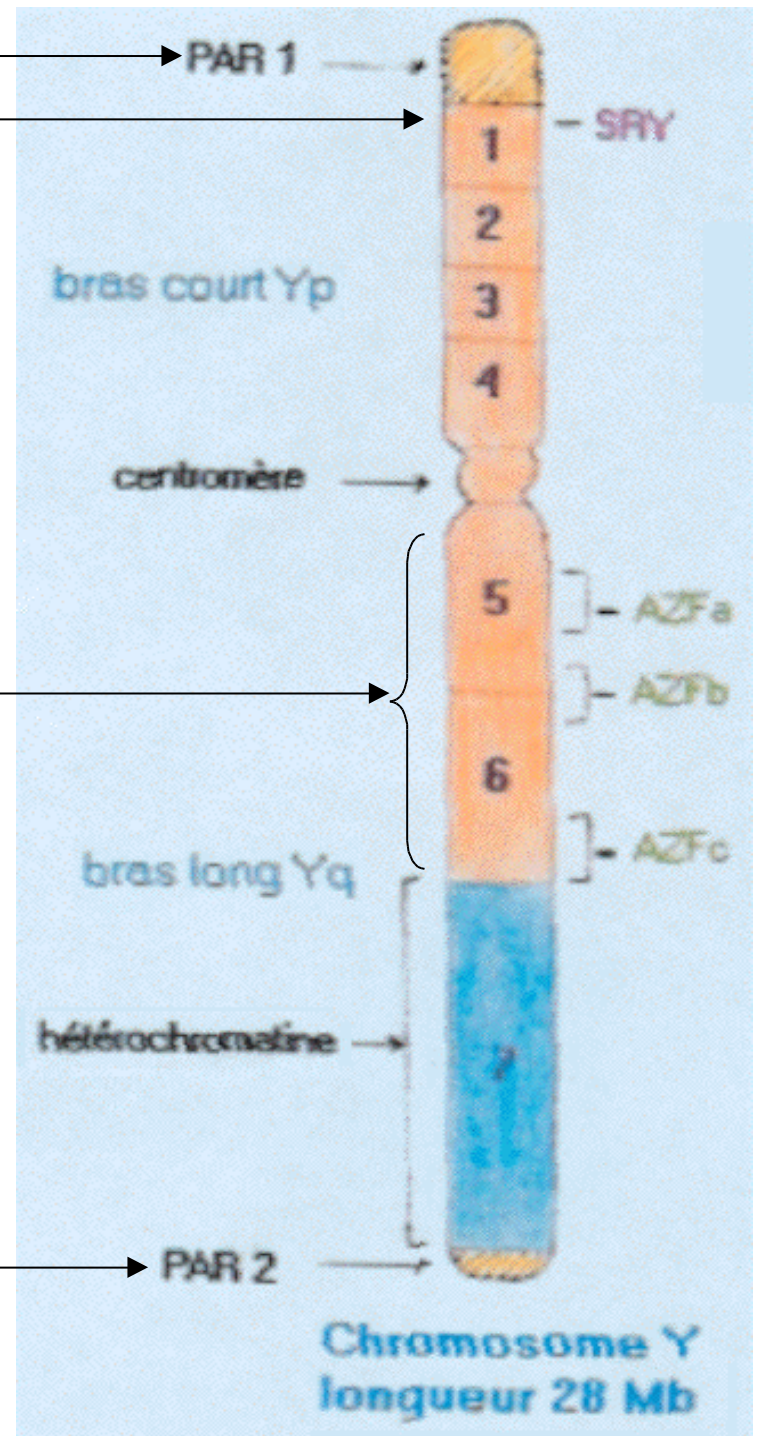
1985 : système ZZ/ZW
1989 : inversion des sexes

Gènes impliqués dans le déterminisme :

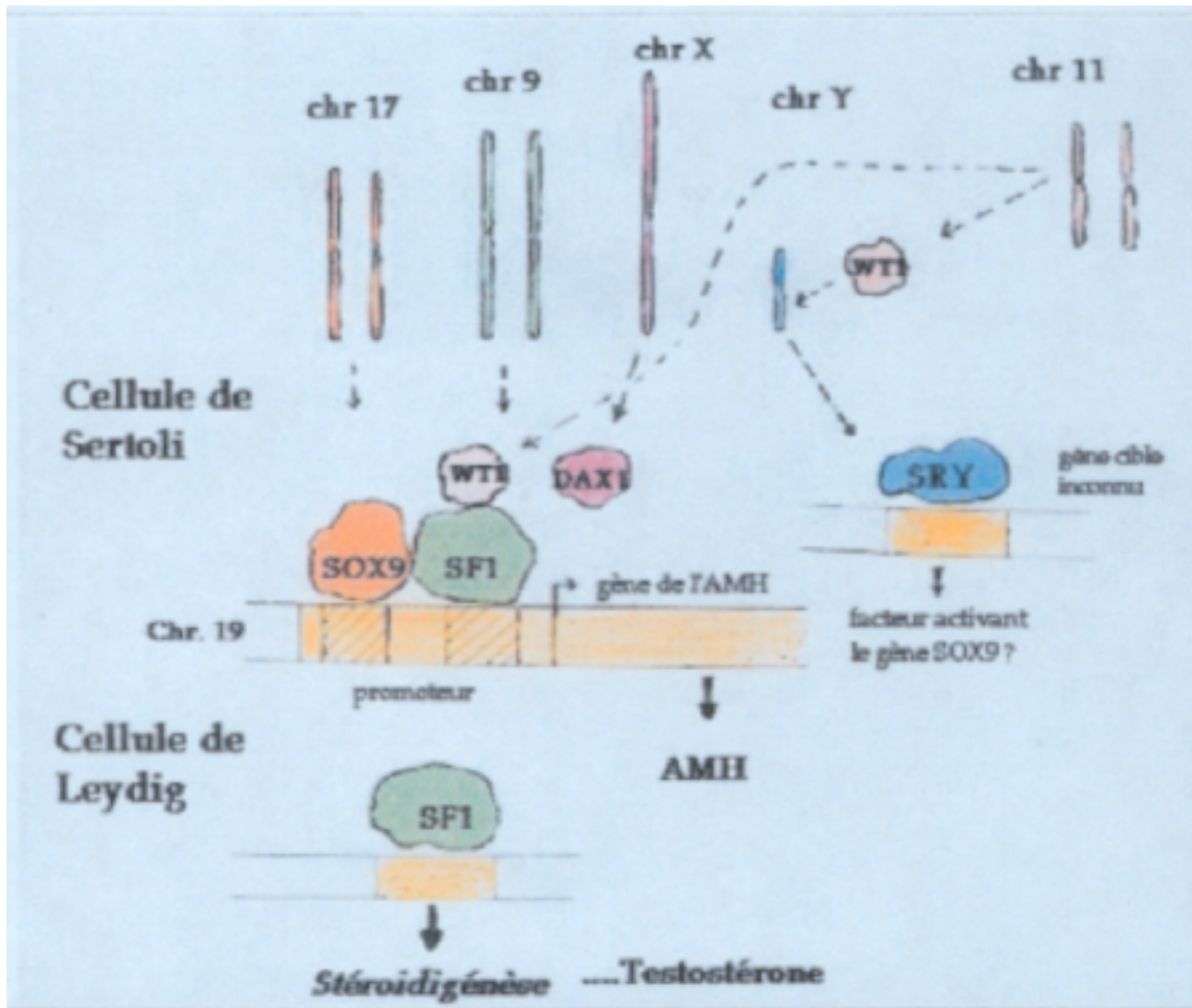
- du sexe mâle
- de la spermatogénèse
- de la taille de l'individu

AZF = facteurs d'azoospermie

Par 2 = région pseudo-autosomique homologues à X et Y



Cascade et transduction



1 **AMH** (Anti-Mullérienne-Hormone)
 - régression du canal de Müller
 - développement du tractus génital mâle : canal de Wolf (9^{ème} jpc)
 - inhibition de l'aromatase : blocage de la transformation de l'hormone androgène en hormone œstrogène.

2 **WT1, SF1** : pendant la période thermosensible plusieurs gènes chez les Mammifères, les Reptiles, les Amphibiens et les Poissons ont un rôle d'activateurs dans la transcription de gènes codant pour les enzymes de la stéroïdogénèse à partir du cholestérol, exemple : aromatase.

3 **DAX 1** : action inhibitrice sur SF1, fonction de sa concentration, et du nombre de chromosomes X. Voir inactivation d'un chromosome X : corpuscule de Barr (partielle ?, AMH mécanisme de réparation ?).

Trois déterminismes :

- génétique
- physiologique
- environnemental

CONCLUSION

La reproduction sexuée est une variable génétique d'ajustement aux fluctuations de l'environnement.

Biotechnologies en aquaculture

Historique

Notion de sexe

Biotechnologies en aquaculture

- **Domestication**
- Élevage en conditions naturelles
- Élevage semi-sauvage
- Les problèmes
 - Déterminisme environnemental
 - Sélection
 - Transgénèse
- Les solutions
 - Élevages *mono-sexe*
 - Triploïdes
 - Tétraploïdes
- Problèmes liés à l'alimentation

Conclusion

Domestication

Capacité d'adaptation aux conditions artificielles d'élevage

- Espace vital (circuit ouvert ou fermé)
- Densité de population -- Confinement
- Couleur et complexité de l'habitat
- Sensibilité aux manipulations
- Photo et thermopériodisme
- Compatibilité avec :
 - l'ovulation , la spermiation
 - la fécondation et le comportement sexuel
- Conséquences :
 - dégradation de la biodiversité et de la génétique des espèces
 - pollutions (déchets, produits vétérinaires)

Biotechnologies en aquaculture

Historique

Notion de sexe

Biotechnologies en aquaculture

- Domestication
- **Élevage en conditions naturelles**
- Élevage semi-sauvage
- Les problèmes
 - Déterminisme environnemental
 - Sélection
 - Transgénèse
- Les solutions
 - Élevages *mono-sexe*
 - Triploïdes
 - Tétraploïdes
- Problèmes liés à l'alimentation

Conclusion

Elevage de la carpe en conditions naturelles

- eaux calmes et chaudes (20 à 25 °), riches en végétation
- omnivore, longévité de 45 à 50 ans
- mature à 3 ans, les œufs déposés sur végétaux éclosent à 2-3 jours
 - 1^{ère} année (automne)
les alevins issus de reproducteurs «préparés» sont déposés :
 - dans un petit étang peu profond très enrichi
 - 50 % de survie à 4 semaines
 - à 2 mois : transfert dans un étang plus grand
 - croissance en 1 an de 1 à 20-50 g
 - 2^{ème} année : étang de grossissement pour 1 an
 - formation de carpillons (nourrain), 100 à 250 g
 - 3^{ème} année : transfert dans un étang de grossissement
 - taille commerciale de 1 à 2 kg

Biotechnologies en aquaculture

Historique

Notion de sexe

Biotechnologies en aquaculture

- Domestication
- Élevage en conditions naturelles
- **Élevage semi-sauvage**
- Les problèmes
 - Déterminisme environnemental
 - Sélection
 - Transgénèse
- Les solutions
 - Élevages *mono-sexe*
 - Triploïdes
 - Tétraploïdes
- Problèmes liés à l'alimentation

Conclusion

Elevage semi-sauvage : Thon rouge (60.000 tonnes/an)

- pélagique migrateur à régulation thermique
- 15° température 30°, salinité 20 %, profondeur < 500 m
- grande sensibilité au stress, CO₂, acide lactique.
- grande tolérance à la lumière, la température et la salinité.
- pêche par filets :
 - sennes vitesse maximum de 1.5 nœud, en surface (forte mortalité)
 - madragues
 - autres filets
- reproduction en captivité (1^{ère} au Japon en 2003) : œufs récoltés en surface, étude en cours pour domestication, aucun résultat en Europe

Biotechnologies en aquaculture

Historique

Notion de sexe

Biotechnologies en aquaculture

- Domestication
- Élevage en conditions naturelles
- Élevage semi-sauvage
- **Les problèmes**
 - **Déterminisme environnemental**
 - Sélection
 - Transgénèse
- Les solutions
 - Élevages *mono-sexe*
 - Triploïdes
 - Tétraploïdes
- Problèmes liés à l'alimentation

Conclusion

Déterminisme multifactoriel de la qualité de la reproduction

Facteurs alimentaires

Taux
Rationnement

Type
Aliment

Etat
nutritionnel
(réserves)

Facteurs populationnels

Vécu
Age

Rang de
ponte

Densité

Domestication

Température

Photopériode
Spectre
lumineux

Intensité
lumineuse

Aube
Crépuscule

Manipulations

Complexité
habitat

Couleur
habitat

Facteurs environnementaux

Qualité des gamètes
Etat des géniteurs

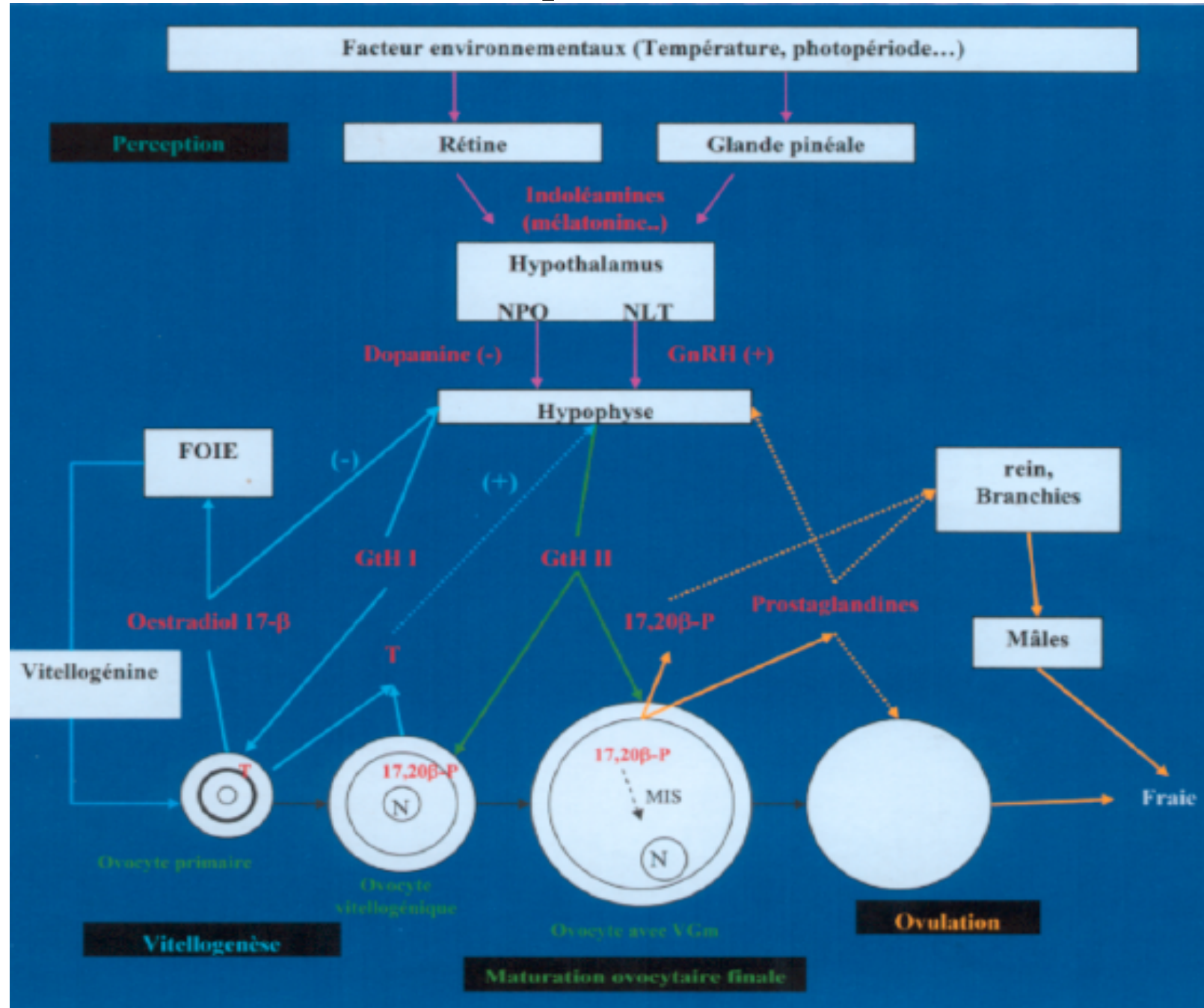
La captation du signal environnemental
(lumière, température, pH)
et la transduction de la cascade de réponses hormonales
sont partiellement connues pour le photopériodisme,
mal ou très mal comprises pour les autres facteurs de l'environnement.

La captation du signal environnemental
(lumière, température, pH)
et la transduction de la cascade de réponses hormonales
sont partiellement connues pour le photopériodisme,
mal ou très mal comprises pour les autres facteurs de l'environnement.

Lumière

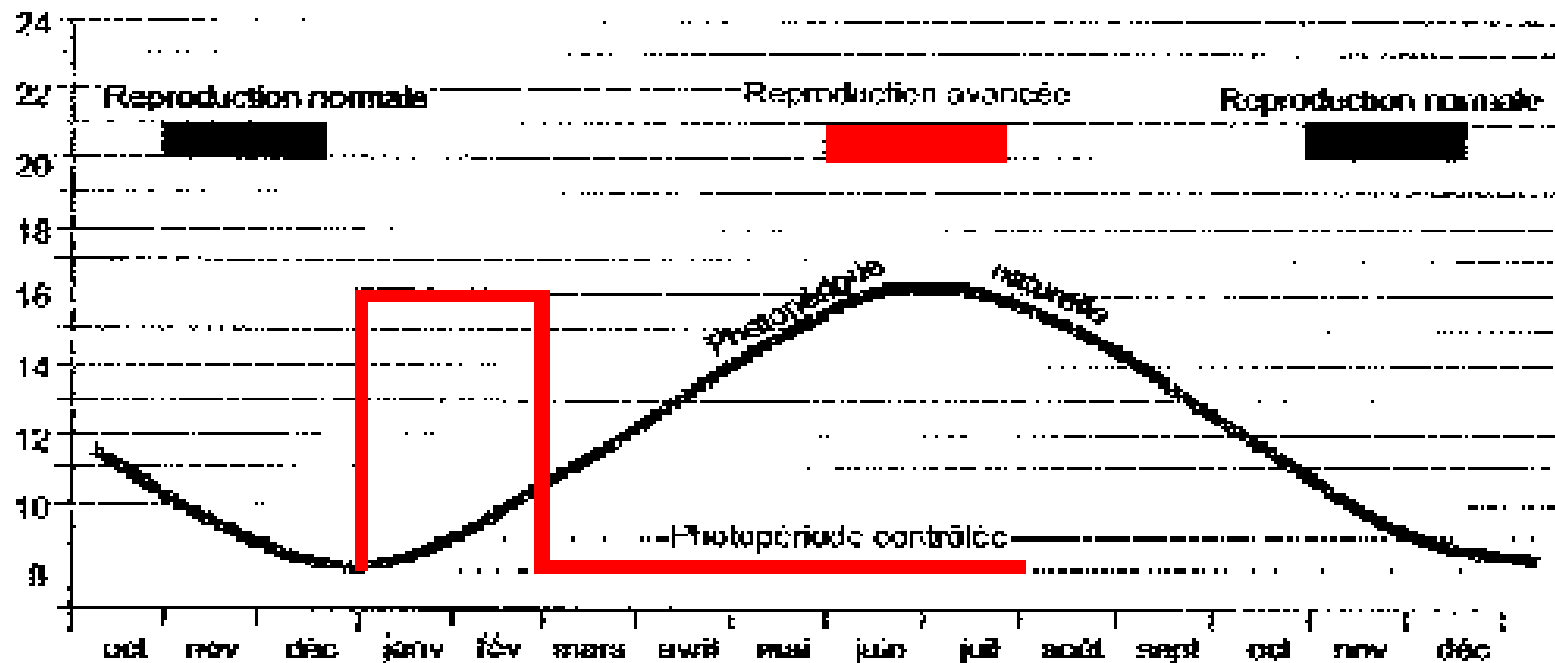
L'influence de la lumière est surtout utilisée techniquement dans le cadre du photopériodisme pour un rythme nycthéméral de 24 heures, mais mal connue en ce qui concerne les différentes longueurs d'onde, l'intensité ou les cycles différents de 24 heures.

Photopériodisme



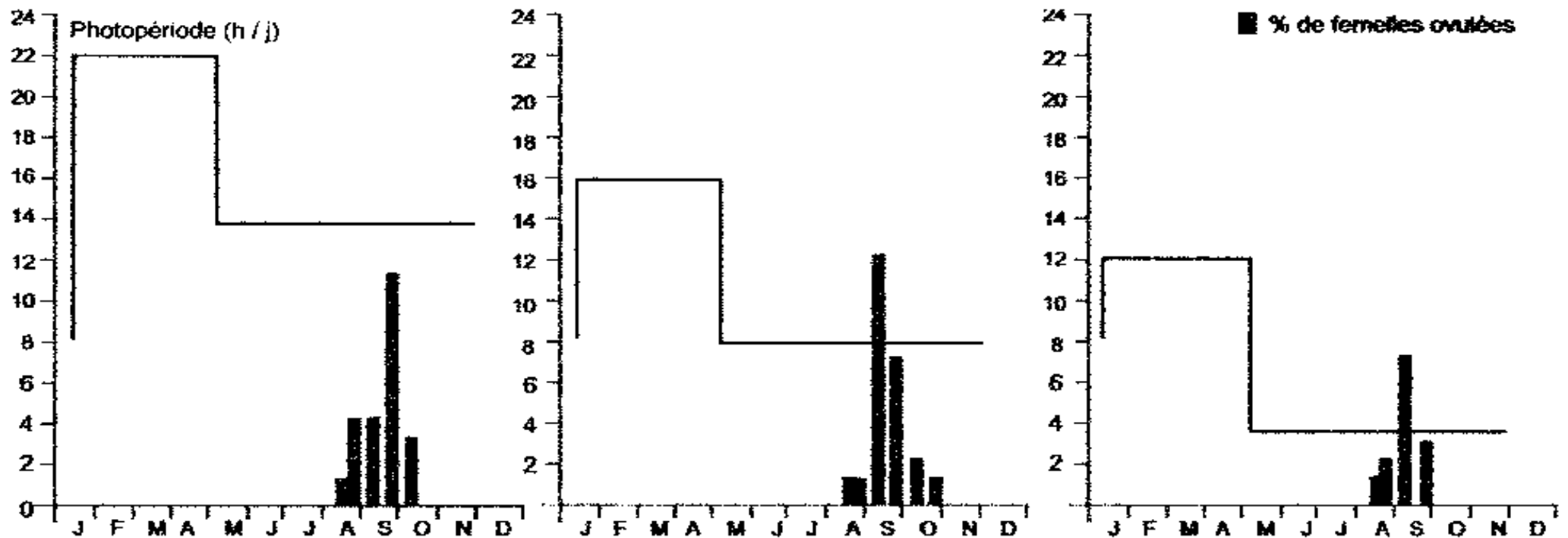
L'avancement de la reproduction peut être obtenue par l'application de deux mois de jours longs suivie d'une période de jours courts maintenue jusqu'à la reproduction

Le même profil photopériodique peut être répété plusieurs fois de suite pour les femelles, qui pondent ainsi tous les sept mois.



INRA Productions Animales, février 1996

La technique de programmation des dates de ponte est très empirique. Elle est fonction du peu de connaissances concernant la transmission du signal au niveau du système nerveux central.



INRA Productions Animales, février 1996

L'induction photo périodique résulte de la succession d'une période de jours longs (12 à 22 heures d'éclairement par jour), et d'une période de jours courts (3,5 à 13,5 heures d'éclairement par jour).

On constate expérimentalement que la notion de *jours longs/jours courts* est très relative.

Température

On distingue

- la périodicité des variations
- l'amplitude des variations
- l'efficacité des traitements dépend d'une chronologie précise
 - début antérieur à la différenciation des tissus concernés
 - couverture (18 à 30%) de la durée du développement

Mécanismes de l'influence de la température

- stéroïdogénèse
- autres

Quelques résultats :

Il semblerait que la température agit plus en amont dans le rôle du système nerveux central sur la cascade du déterminisme du sexe.

Influence sur le sex-ratio

- Majorité des espèces
Augmentation de température → augmentation du pourcentage de mâles
- Bar (Loup), Silure
Augmentation de température → augmentation du pourcentage de femelles
- Bar (Loup)
Une température inférieure à 15°C donne 100% de mâles
- Plie (Carrelet)
Entre 15 et 36°C, plus de femelles que de mâles
En dessous de 15°C et au dessus de 36°C, 100% de mâles
- Tilapia Nilotica, Bar (Loup)
Femelles XX donnent mâles XX à 36°C (thermo-néomâles)

pH

Tous les cas sont possibles et connus pour influencer le sex-ratio entre pH 4,5 et pH 7,8

pH

Tous les cas sont possibles et connus pour influencer le sex-ratio entre pH 4,5 et pH 7,8

Salinité

Influence très variable de NaCl

pH

Tous les cas sont possibles et connus pour influencer le sex-ratio entre pH 4,5 et pH 7,8

Salinité

Influence très variable de NaCl

Consanguinité

Truite arc-en-ciel et Carpe : la consanguinité augmente le pourcentage de mâles
XX

pH

Tous les cas sont possibles et connus pour influencer le sex-ratio entre pH 4,5 et pH 7,8

Salinité

Influence très variable de NaCl

Consanguinité

Truite arc-en-ciel et Carpe : la consanguinité augmente le pourcentage de mâles
XX

Facteurs sociaux

- Isolement : augmentation du pourcentage de mâles
- Regroupement : augmentation du pourcentage de femelles

pH

Tous les cas sont possibles et connus pour influencer le sex-ratio entre pH 4,5 et pH 7,8

Salinité

Influence très variable de NaCl

Consanguinité

Truite arc-en-ciel et Carpe : la consanguinité augmente le pourcentage de mâles XX

Facteurs sociaux

- Isolement : augmentation du pourcentage de mâles
- Regroupement : augmentation du pourcentage de femelles

Interactions

- Nombreuses, très mal connues
- Résultent des interférences dans la transduction des cascades

Biotechnologies en aquaculture

Historique

Notion de sexe

Biotechnologies en aquaculture

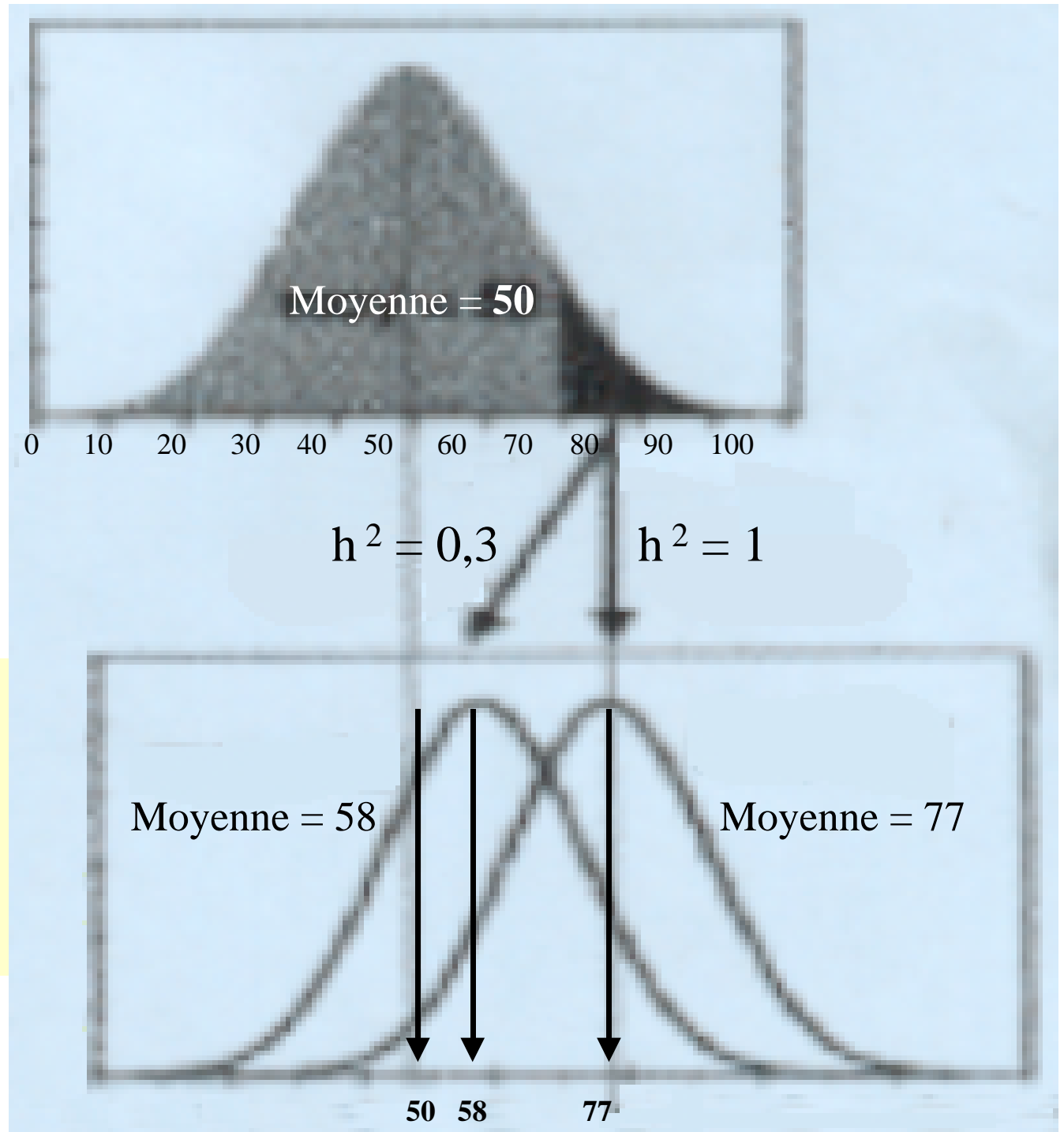
- Domestication
- Élevage en conditions naturelles
- Élevage semi-sauvage
- **Les problèmes**
 - Déterminisme environnemental
 - **Sélection**
 - Transgénèse
- Les solutions
 - Élevages *mono-sexe*
 - Triploïdes
 - Tétraploïdes
- Problèmes liés à l'alimentation

Conclusion

SÉLECTION

$$h^2 = \frac{V_A}{V_P} = \text{tg} \quad \text{---}$$

Programme européen de
développement durable
«COSAD»
normes éthiques,
sanitaires et sociales



Exemples de valeurs de l'héritabilité

- Croissance : 0,05 à 0,7
- Fécondité : 0,2
- Date de ponte : 0,4 à 0,5
- Résistance aux maladies : 0,3
- Conformation : (carpe, TAC) : 0,3 à 0,4
- Robe (points rouges truites fario) : 0,7

Exemples de valeurs de l'héritabilité

- Croissance : 0,05 à 0,7
- Fécondité : 0,2
- Date de ponte : 0,4 à 0,5
- Résistance aux maladies : 0,3
- Conformation : (carpe, TAC) : 0,3 à 0,4
- Robe (points rouges truites fario) : 0,7

Choix des caractères

Le choix d'un caractère à améliorer prend en compte plusieurs variables

- 1 - Importance économique
- 2 - Facilité de mesure
- 3 - Fiabilité de la mesure
- 4 - Caractère sélectionnable et non améliorable à moindre coût

Biotechnologies en aquaculture

Historique

Notion de sexe

Biotechnologies en aquaculture

- Domestication
- Élevage en conditions naturelles
- Élevage semi-sauvage
- **Les problèmes**
 - Déterminisme environnemental
 - Sélection
 - **Transgénèse**
- Les solutions
 - Élevages *mono-sexe*
 - Triploïdes
 - Tétraploïdes
- Problèmes liés à l'alimentation

Conclusion

Construction de transgènes

- Avec les outils de la biologie moléculaire, on isole les gènes d'intérêt pour produire des constructions



- Les constructions sont clonées dans des plasmides et excisées avant injection sous forme d'ADN linéaire
- Types de promoteurs
 - constitutif ou inductible
 - ubiquitaires ou tissu spécifique
 - fort ou faible
 - Exemples de promoteurs
 - -actine et -globine de carpe
 - histone H3 de saumon
 - OnMT (métallothionéine de saumon)
- Types de *enhancers*, régulateurs de l'expression des gènes :
activateurs ou *silenceurs*

Un plasmide désigne une molécule d'ADN distincte de l'ADN chromosomique, capable de réplication autonome.

Ils sont généralement circulaires et se trouvent quasi exclusivement dans les bactéries à l'exception notable du plasmide 2Mu hébergé dans la cellule eucaryote *Saccharomyces cerevisiæ* (levure du boulanger).

Une cellule peut contenir de une à plusieurs centaines de copies de plasmides.



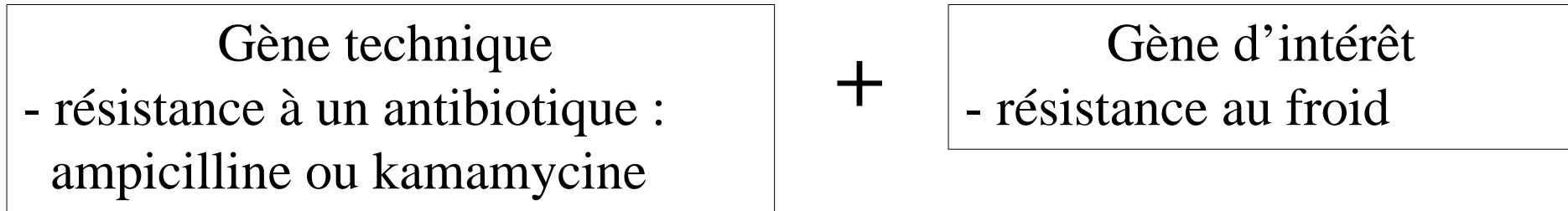
Schéma d'une bactérie ou d'une cellule de levure contenant de l'ADN chromosomal et des plasmides

Techniques de transgénèse

- Micro-injection des transgènes dans l'embryon ou l'œuf fécondé :
Biolistique :
 - canon à particules (microbilles de tungstène enduites de transgènes
 - micro-injection par micro-aiguilles)
- Transfert de cellules totipotentes après injection des gènes et transfert dans une blastula (obtention de mosaïques, d'où nécessité de 3 à 4 générations).
- Transfert de gènes dans les gamètes : résultats médiocres mais améliorés avec les cellules «précurseurs» (spermatogonies) des spermatozoïdes.
Le transgène est injecté dans la gonade mâle avant maturation des spermatogonies. (Technique encore mal maîtrisée)

Techniques de transgénèse

- Modifications du gène prélevé
 - correspondance du code AA–ARN
 - remplacement éventuel du codon «ARN t» ou «stop»
- Recherche et récolte des cellules ayant reçu le transgène
- Transgénèse simultanée de 2 gènes associés :



Préparation plongée dans l'antibiotique

Après traitement (3 fois), seules résistent les cellules résistantes à l'antibiotique et portant aussi le gène d'intérêt

Principaux OGM chez les Poissons

- Poissons de consommation
 - hormone de croissance (saumon)
 - synthèse de protéines étrangères
 - blocage de protéines et (ou) fonctions
 - résistance au froid (morue)
 - résistance à différentes pollutions
- Robe : points rouges (truite Fario)
- Aquariologie : poisson fluorescent
(gène de la fluorescence de méduse greffé sur Danio)

Risques à long terme

- maturation sexuelle précoce
- dominance, cannibalisme
- niches alimentaires anormales
- hyper-résistance au froid
- modification de nombreux comportements
- sécrétions anormales d'hormones et (ou) phéromones
- modification de la croissance
- hypo ou hyper reproduction

Nécessité absolue de protection des écosystèmes

Stérilisation

- stérilisation des alevins par voie hormonale en circuit ouvert
- géniteurs transgéniques sacrifiés après reproduction en circuit fermé (truite)

Double transgénèse mâle

- 1 - introduction du gène étranger intéressant
- 2 - extinction de ce gène par un second transgène qui supprime l'action du premier
par blocage du neurotransmetteur Hypothalamus ~~Hyp~~ophyse
- 3 - les gonades restent fonctionnelles
- 4 - traitement hormonal pour production transitoire de sperme porteur du transgène de stérilité
- 5 - entretien de la lignée stérile

Nécessité absolue de protection des écosystèmes

Stérilisation

- stérilisation des alevins par voie hormonale en circuit ouvert
- géniteurs transgéniques sacrifiés après reproduction en circuit fermé (truite)

Double transgénèse mâle

- 1 - introduction du gène étranger intéressant
- 2 - extinction de ce gène par un second transgène qui supprime l'action du premier par blocage du neurotransmetteur Hypothalamus ~~Hyp~~ophyse
- 3 - les gonades restent fonctionnelles
- 4 - traitement hormonal pour production transitoire de sperme porteur du transgène de stérilité
- 5 - entretien de la lignée stérile

Sécurité

Les méthodes précédentes ne sont pas fiables

- 1 - contrôle des sites d'insertion du transgène
- 2 - insertions multisites
- 3 - interactions entre gènes voisins
- 4 - promoteurs non «tissus spécifiques»
- 5 - ignorance à terme de l'influence des facteurs du milieu (effets secondaires)

Nécessité absolue de protection des écosystèmes

Stérilisation

- stérilisation des alevins par voie hormonale en circuit ouvert
- géniteurs transgéniques sacrifiés après reproduction en circuit fermé (truite)

Double transgénèse mâle

- 1 - introduction du gène étranger intéressant
- 2 - extinction de ce gène par un second transgène qui supprime l'action du premier par blocage du neurotransmetteur Hypothalamus ~~Hyp~~ophyse
- 3 - les gonades restent fonctionnelles
- 4 - traitement hormonal pour production transitoire de sperme porteur du transgène de stérilité
- 5 - entretien de la lignée stérile

Sécurité

Les méthodes précédentes ne sont pas fiables

- 1 - contrôle des sites d'insertion du transgène
- 2 - insertions multisites
- 3 - interactions entre gènes voisins
- 4 - promoteurs non «tissus spécifiques»
- 5 - ignorance à terme de l'influence des facteurs du milieu (effets secondaires)

Améliorations possibles : voir *Prix Nobel de Médecine 2007 (Capecchini, Smithies et Evans)*

- 1 - technique du «knock-out» : inactivation spécifique d'un gène
- 2 - intégration spécifique d'un transgène au même site

Biotechnologies en aquaculture

Historique

Notion de sexe

Biotechnologies en aquaculture

- Domestication
- Élevage en conditions naturelles
- Élevage semi-sauvage
- Les problèmes
 - Déterminisme environnemental
 - Sélection
 - Transgénèse
- **Les solutions**
 - **Élevages *mono-sexe***
 - Triploïdes
 - Tétraploïdes
- Problèmes liés à l'alimentation

Conclusion

Monosexage

Objectifs : optimisation du rendement

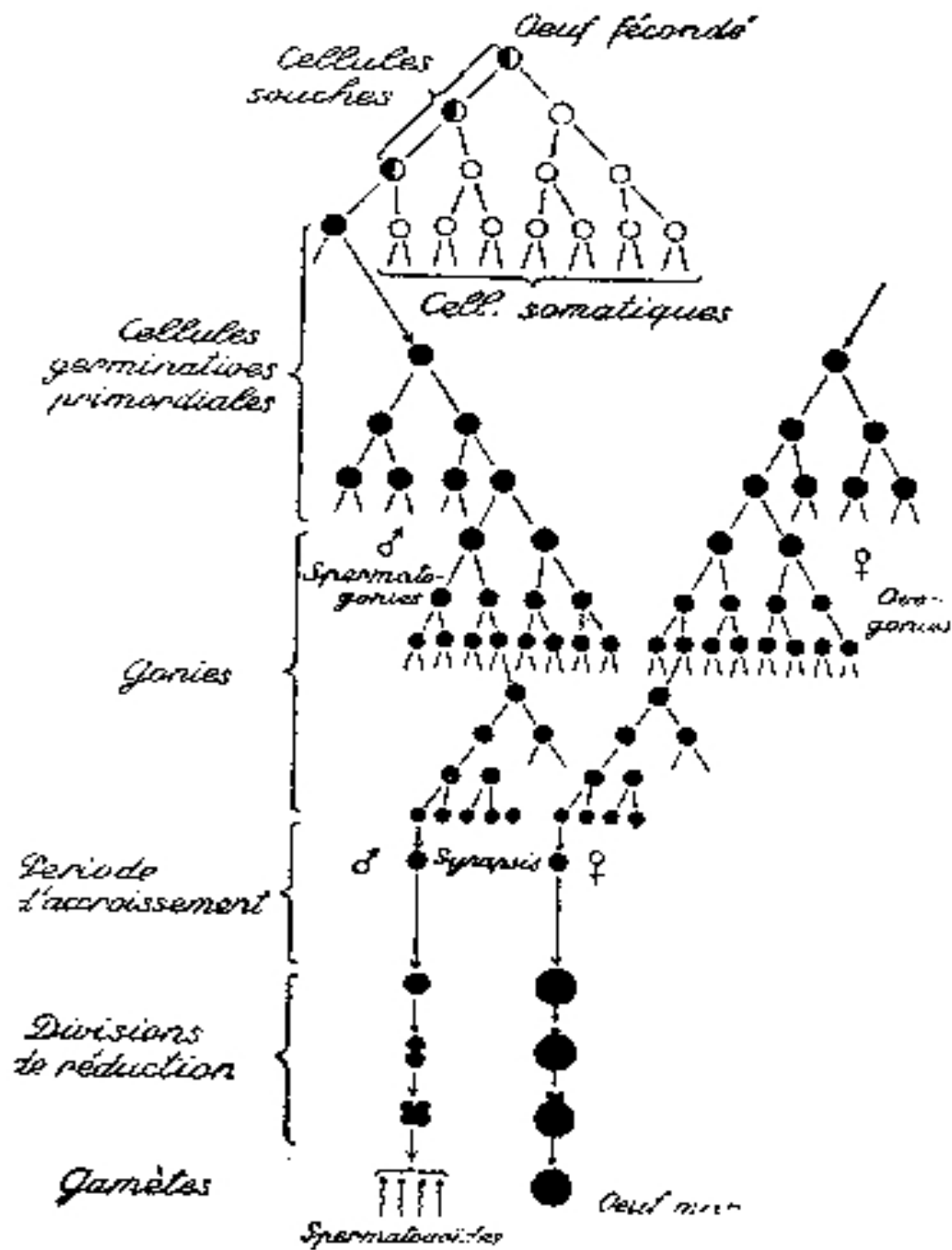
- 1 - dimorphisme, forme, croissance (Truite, Bar, Daurade, Tilapia ZZ)
- 2 - sélection peu rentable
- 3 - âge et taille à maturité sexuelle
- 4 - chair : qualités organoleptiques et composition
- 5 - caractères phénotypiques : robe (Truite fario, aquariophilie)



Rappels

- gamétogénèse
- méiose et crossing-over
- globules polaires

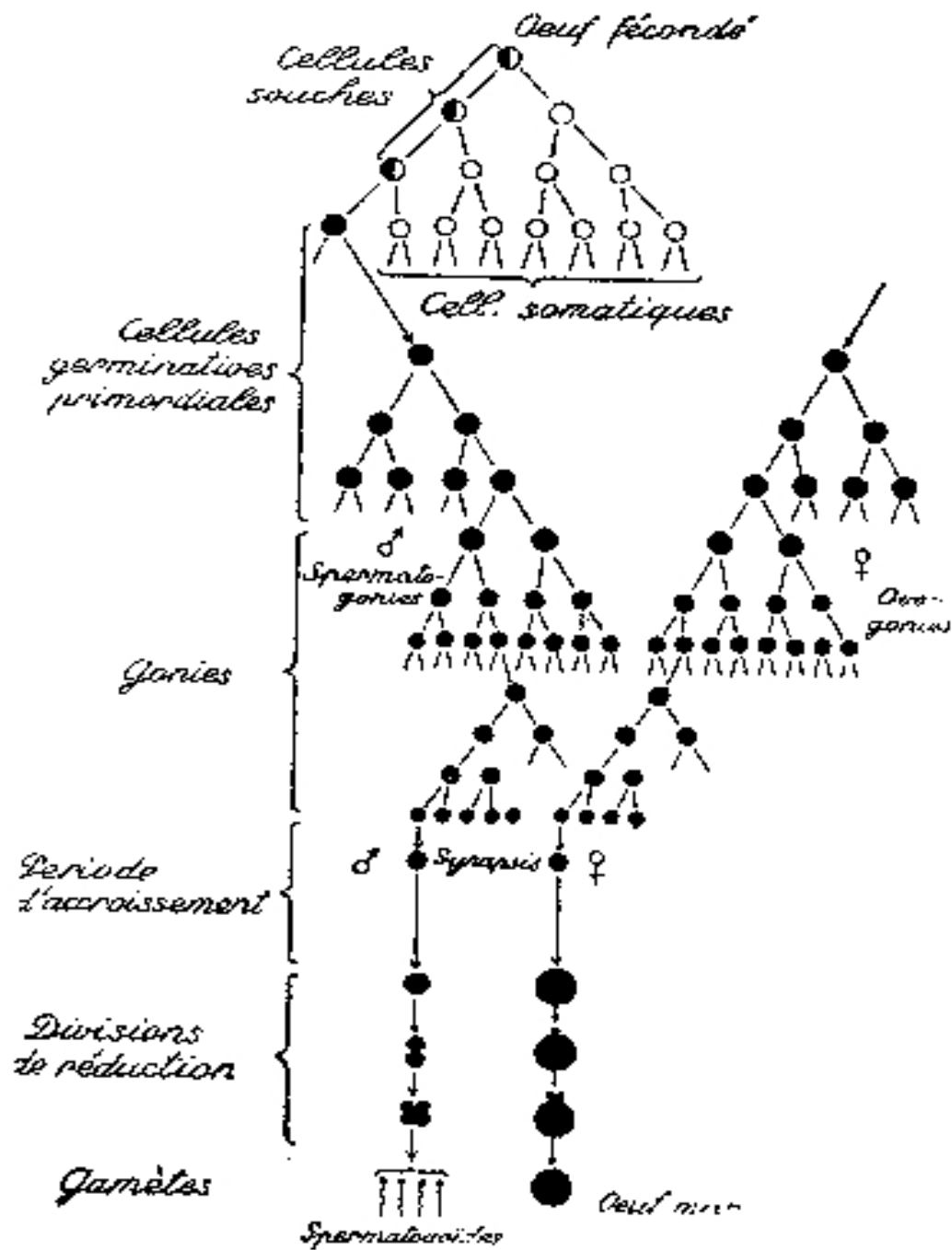
Découverte : Yamanaka
Réponse : Sicard (CNE)



Rappels

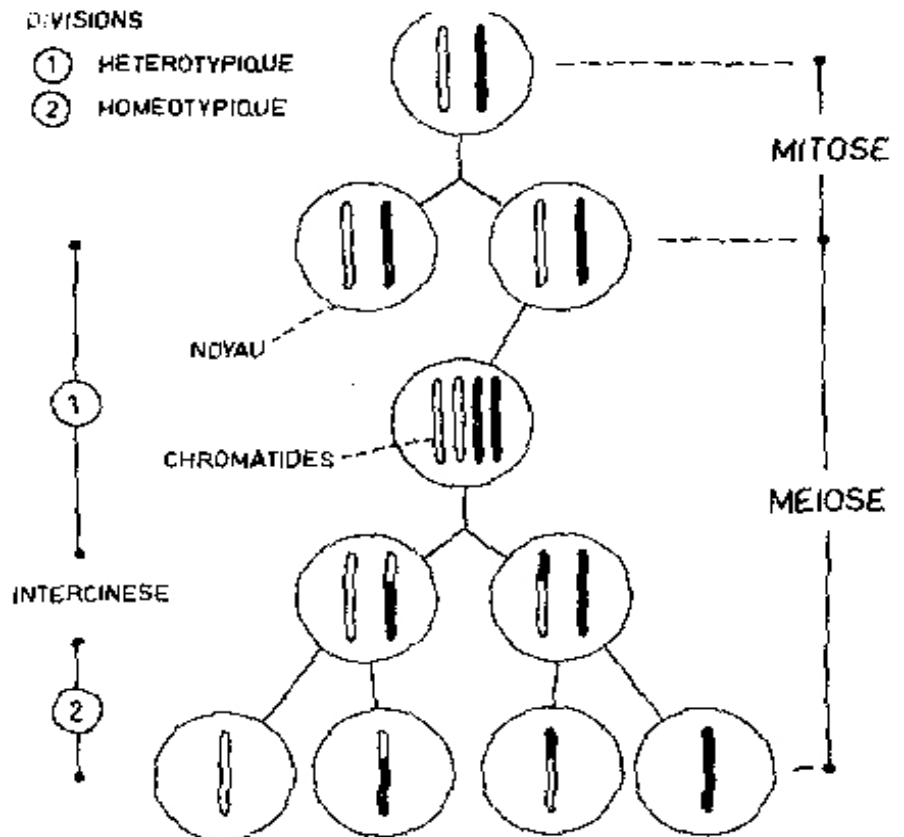
gamétogénèse
meiose et crossing-over
globules polaires

Découverte : Yamanaka
Réponse : Sicard (CNE)

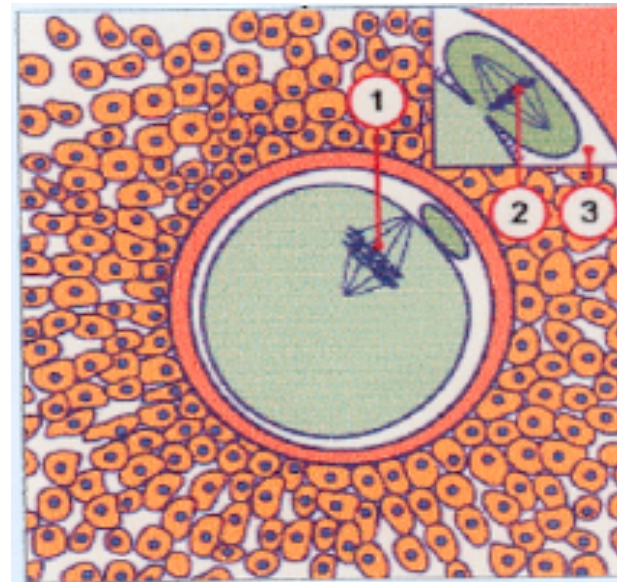
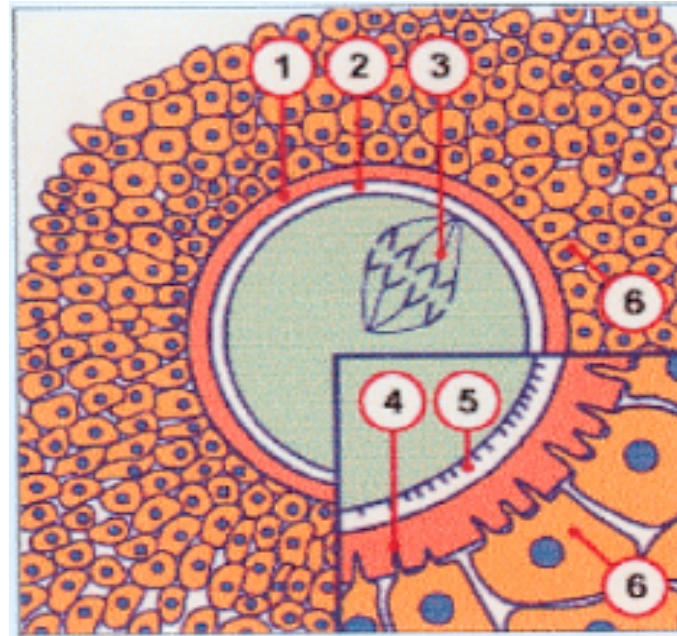


Rappels
 gamétogénèse
 méiose et crossing-over
 globules polaires

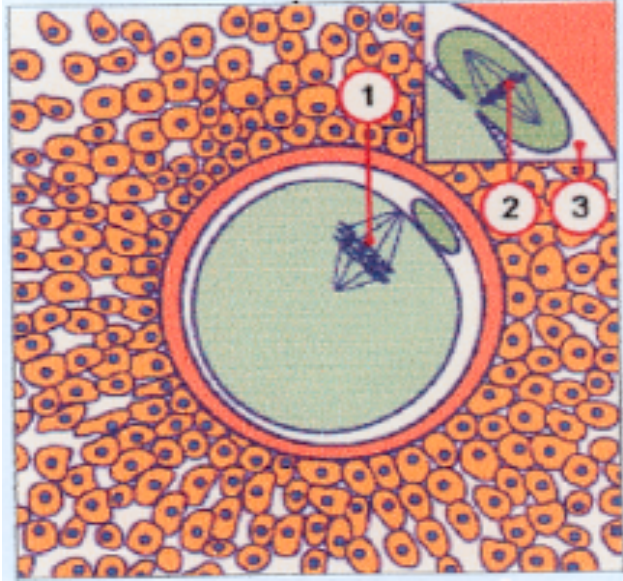
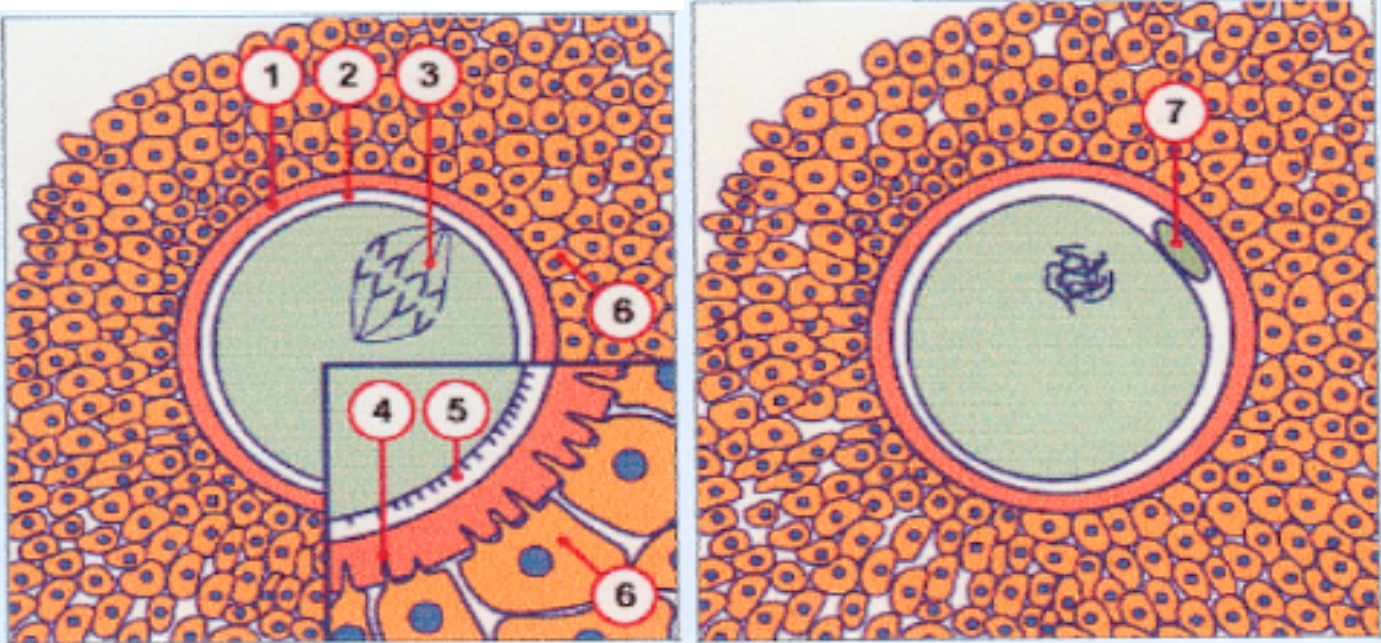
Découverte : Yamanaka
Réponse : Sicard (CNE)



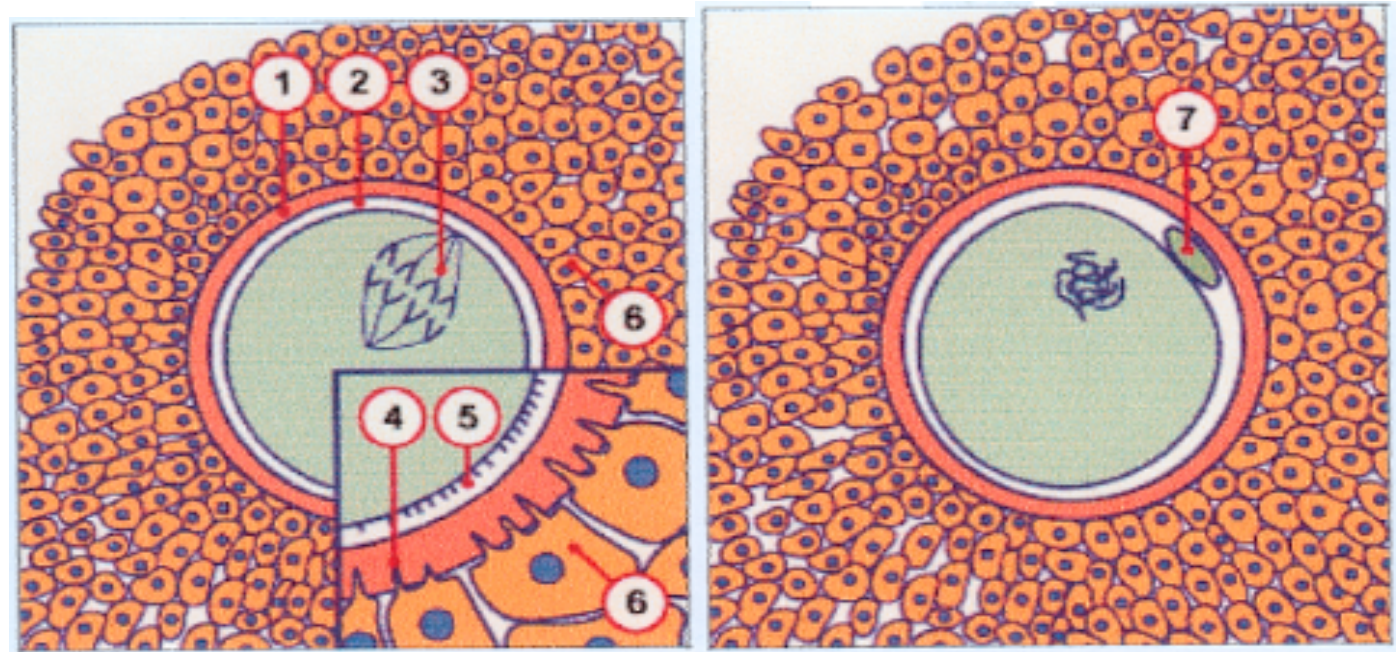
**Première division
de maturation
(hétérotypique)**



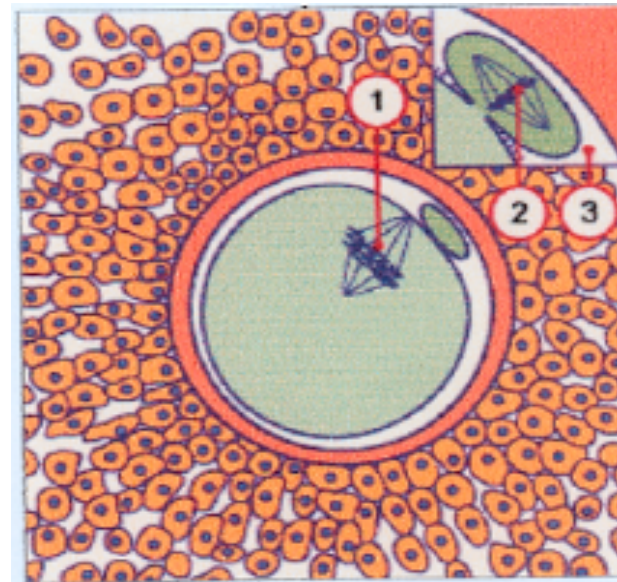
**Première division
de maturation
(hétérotypique)**



**Première division
de maturation
(hétérotypique)**

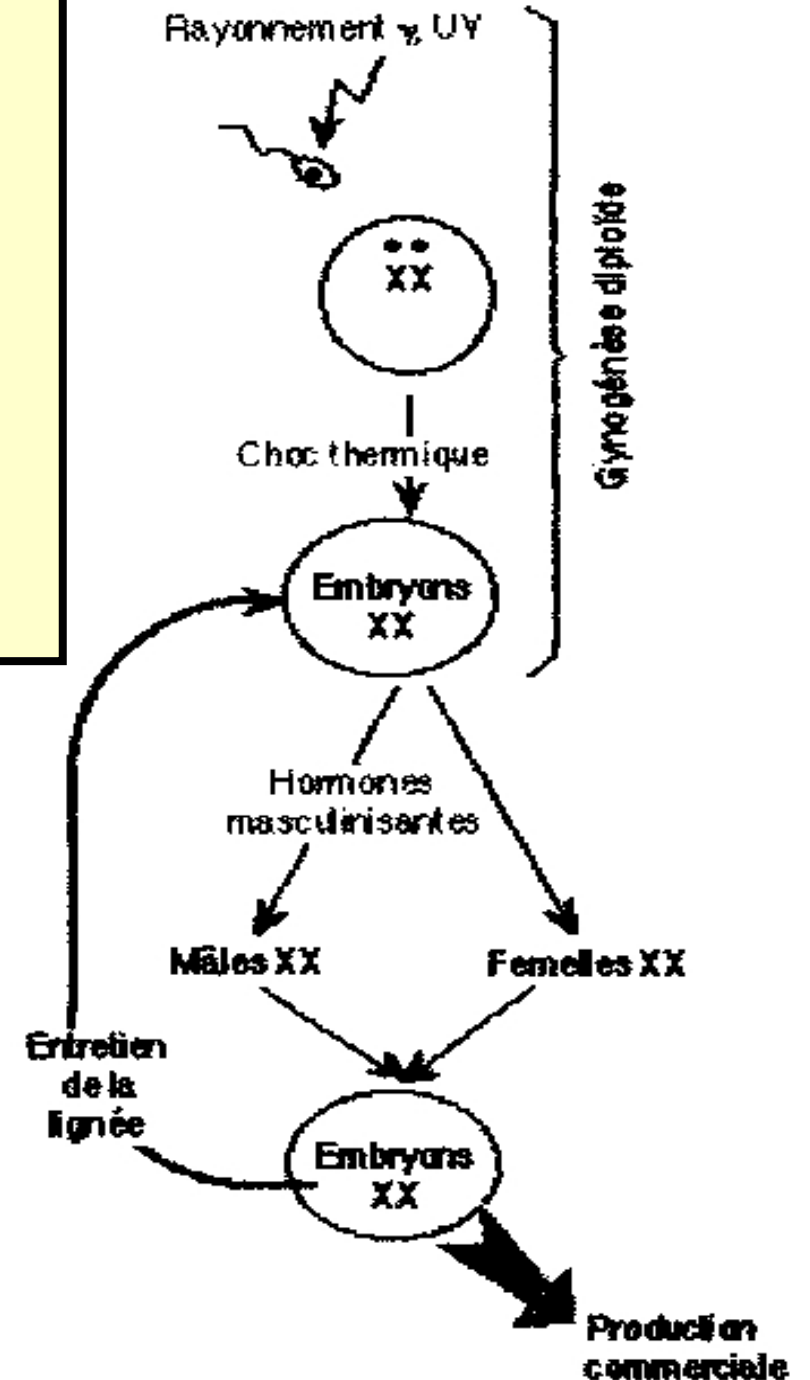


**Deuxième division
de maturation
(homéotypique)**



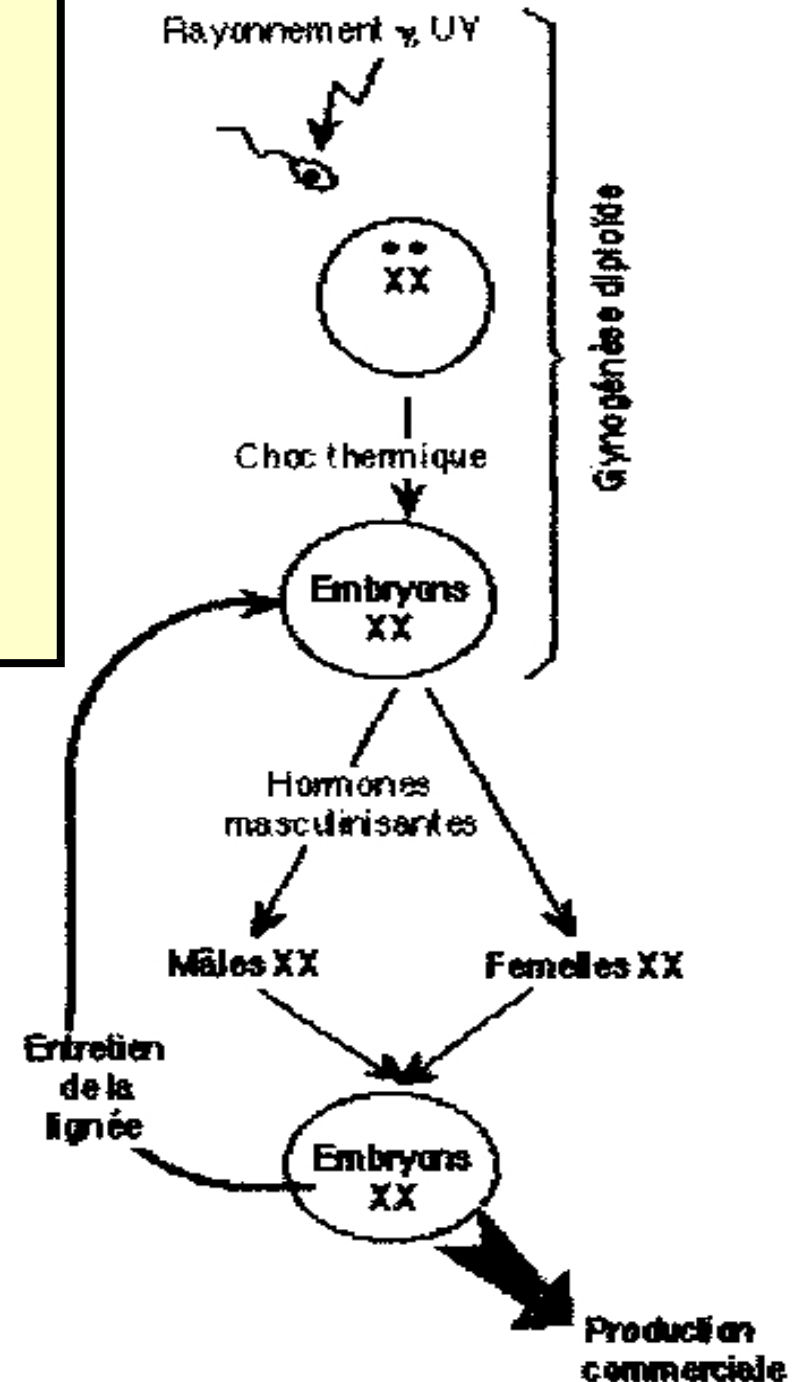
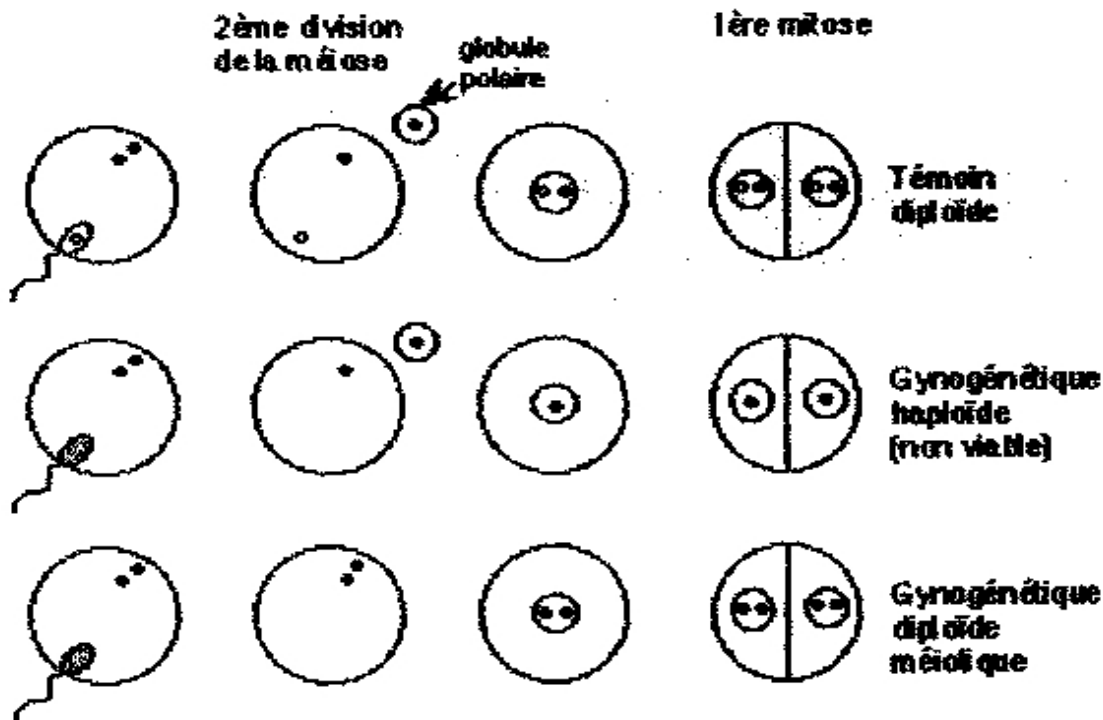
Production des reproducteurs «monosex»

- inactivation du spermatozoïde
 - UV(A), R
- blocage de l'émission du 2^{ème} globule polaire
 - «choc chaud» 20 mn après fécondation
 $t^{\circ} = 26,5^{\circ}$, durée = 20 mn
 - «choc de pression» 500 bars (300 à 600)
- masculinisation d'embryons
 - méthyltestostérone spermatozoïde X
- fécondation



Production des reproducteurs «monosex»

- inactivation du spermatozoïde
 - UV(A), R
- blocage de l'émission du 2^{ème} globule polaire
 - «choc chaud» 20 mn après fécondation
 $t^{\circ} = 26,5^{\circ}$, durée = 20 mn
 - «choc de pression» 500 bars (300 à 600)
- masculinisation d'embryons
 - méthyltestostérone spermatozoïde X
- fécondation



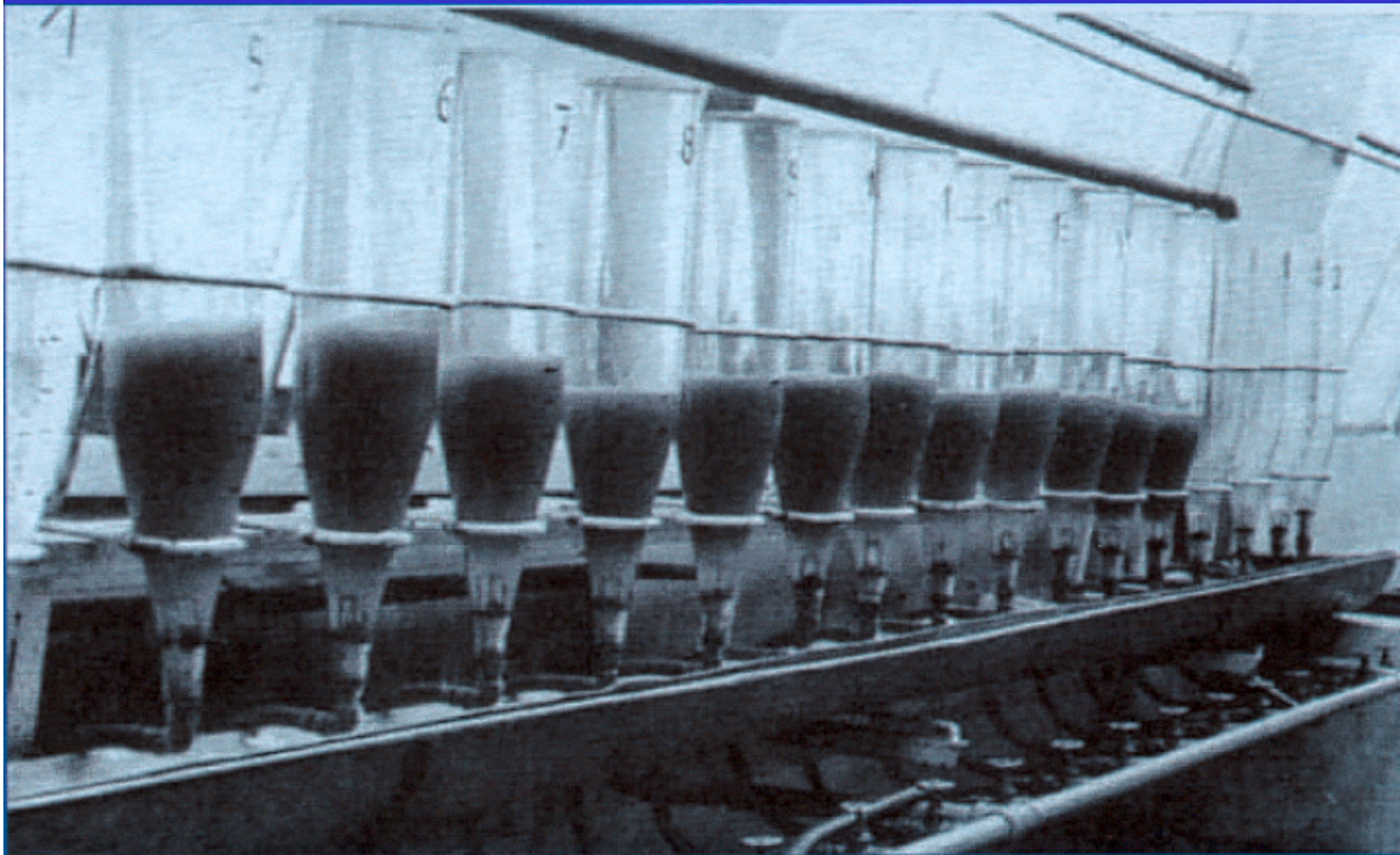
Monosexage

- production industrielle : maîtrise de la gamétogénèse
- périodicité obligatoire (production échelonnée)
- maintenance en circuit fermé (contrôle de L, t°, O₂, déchets)
- induction et synchronisation
 - pontes ovulaires (hypophysation et DPH)
 - spermiation (méthyltestostérone)
- anesthésie et traitements (injections, implants, gélules)

Monosexage

- production industrielle : maîtrise de la gamétogénèse
- périodicité obligatoire (production échelonnée)
- maintenance en circuit fermé (contrôle de L, t°, O₂, déchets)
- induction et synchronisation
 - pontes ovulaires (hypophysation et DPH)
 - spermiation (méthyltestostérone)
- anesthésie et traitements (injections, implants, gélules)
- conservation
 - œufs frais (12°) ou congelés (-196°)
 - sperme : frais, motilité en fonction du milieu (3 secondes)
 - congelé à -196°, à pH 7, dilueur (lait, jaune d'œuf) et cryoprotecteur
- fécondation
- éclosion

Ecloserie



Monosexage

- production industrielle : maîtrise de la gamétogénèse
- périodicité obligatoire (production échelonnée)
- maintenance en circuit fermé (contrôle de L, t°, O₂, déchets)
- induction et synchronisation
 - pontes ovulaires (hypophysation et DPH)
 - spermiation (méthyltestostérone)
- anesthésie et traitements (injections, implants, gélules)
- conservation
 - œufs frais (12°) ou congelés (-196°)
 - sperme : frais, motilité en fonction du milieu (3 secondes)
 - congelé à -196°, à pH 7, dilueur (lait, jaune d'œuf) et cryoprotecteur
- fécondation
- éclosion
- nurserie

Nurserie



Monosexage

- production industrielle : maîtrise de la gamétogénèse
- périodicité obligatoire (production échelonnée)
- maintenance en circuit fermé (contrôle de L, t°, O₂, déchets)
- induction et synchronisation
 - pontes ovulaires (hypophysation et DPH)
 - spermiation (méthyltestostérone)
- anesthésie et traitements (injections, implants, gélules)
- conservation
 - œufs frais (12°) ou congelés (-196°)
 - sperme : frais, motilité en fonction du milieu (3 secondes)
 - congelé à -196°, à pH 7, dilueur (lait, jaune d'œuf) et cryoprotecteur
- fécondation
- éclosion
- nurserie
- bassin d'élevage

Biotechnologies en aquaculture

Historique

Notion de sexe

Biotechnologies en aquaculture

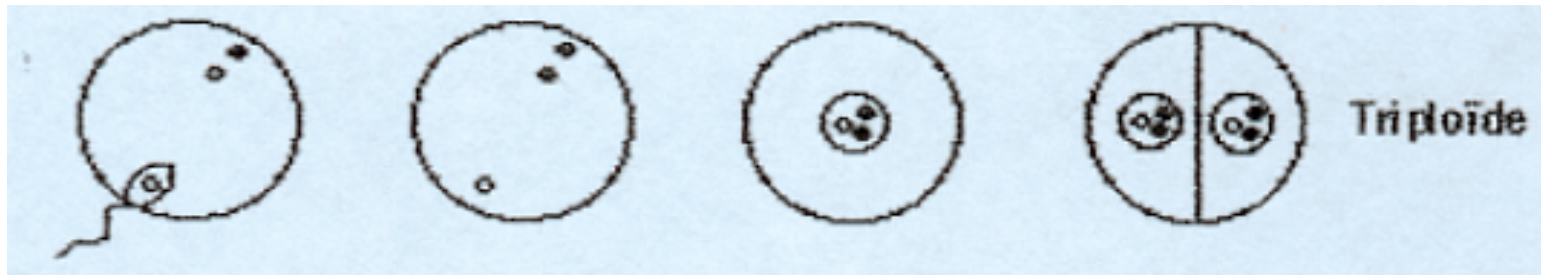
- Domestication
- Élevage en conditions naturelles
- Élevage semi-sauvage
- Les problèmes
 - Déterminisme environnemental
 - Sélection
 - Transgénèse
- **Les solutions**
 - Élevages *mono-sexe*
 - **Triploïdes**
 - Tétraploïdes
- Problèmes liés à l'alimentation

Conclusion

Triploïdes

Un triploïde est un organisme dont le génome comporte $3n$ chromosomes

- intérêt et performance de la triploïdie
 - stérile
 - croissance : plus importante, plus rapide
 - résultats améliorés par sélection et transgénèse
 - amélioration du rendement
 - fumage
- croisement «mâle X» avec «femelle X (+X)»
- blocage de l'émission du 2^{ème} globule polaire
 - technique identique à monosexage
 - spermatozoïde X non traité



Triploïdie chez le Bar

- possible mais encore à l'étude
- incidence de la triploïdie sur le métabolisme des graisses qui conditionne :
 - qualités organoleptiques
 - texture et résistance mécanique de la chair en fonction du pourcentage de protéines et de graisses végétales.

Biotechnologies en aquaculture

Historique

Notion de sexe

Biotechnologies en aquaculture

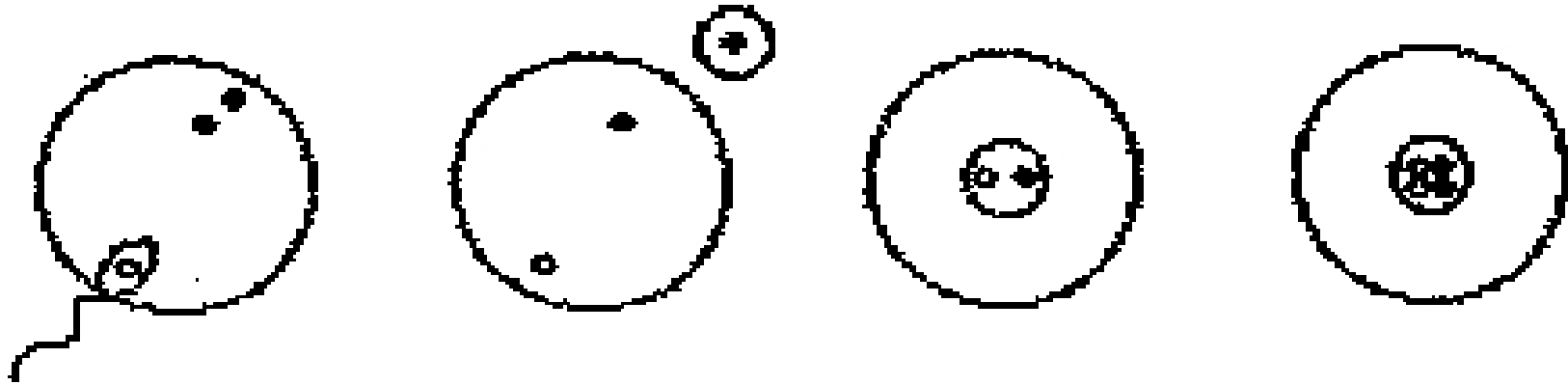
- Domestication
- Élevage en conditions naturelles
- Élevage semi-sauvage
- Les problèmes
 - Déterminisme environnemental
 - Sélection
 - Transgénèse
- **Les solutions**
 - Élevages *mono-sexe*
 - Triploïdes
 - **Tétraploïdes**
- Problèmes liés à l'alimentation

Conclusion

TETRAPLOIDES

Fécondation : *mâle X* x *femelle X* $\rightarrow 2X \times 2 = 4 X$

- mais blocage de la première mitose



Avantages :

- fertile
- production de triploïdes : *tétra* x *di* \rightarrow *triploïdes*

Remarques :

- triploïdes chez les végétaux :
(pommes, pommes de terre, blé, fraises, agrumes...)
- utilisation de triploïdes pour la production de fruits sans pépins

CAS PARTICULIER : HUITRES

Evolution du sexe :

- 1^{ère} année → mâle
- 2^{ème} année → femelle

Huître creuse = ovipare

Huître plate = vivipare

Tétraploïdes = *mâle X* x *femelle X* → ~~2~~ x 2 = 4 X

Triploïdes obtenus par laboratoire américain *mâle 2n* x *femelle 4n*

Avantages :

- stériles
- croissance rapide
- production sur toute l'année
- huîtres «non grasses»
- chair sucrée
- amélioration de production pour huître perlière (ovipare creuse)

Récapitulatif : polyploïdes

A : destruction du génome paternel

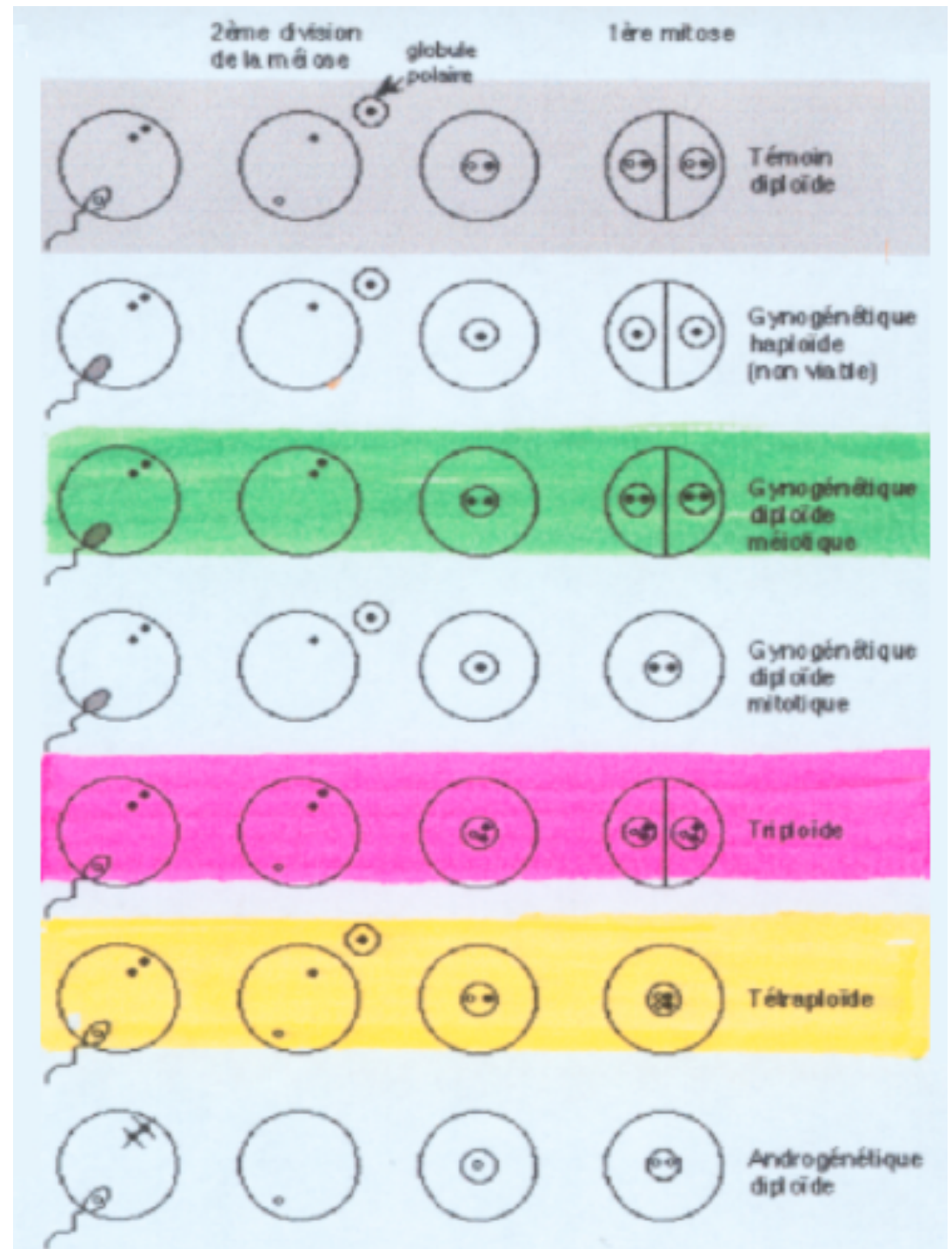
A + B

A + C

B : inhibition de la 2^{ème} division de méiose, par rétention du second globule polaire

C : blocage de la 1^{ère} mitose embryonnaire

A' + C



Biotechnologies en aquaculture

Historique

Notion de sexe

Biotechnologies en aquaculture

- Domestication
- Élevage en conditions naturelles
- Élevage semi-sauvage
- Les problèmes
 - Déterminisme environnemental
 - Sélection
 - Transgénèse
- Les solutions
 - Élevages *mono-sexe*
 - Triploïdes
 - Tétraploïdes
- **Problèmes liés à l'alimentation**

Conclusion

PROBLEMES LIES A L'ALIMENTATION

- crise de protéines de poissons pour l'alimentation des espèces carnivores (*4 kg de poisson sauvage pour nourrir 1 kg de poisson d'élevage*)
- mise au point d'aliments d'origine végétale (lupin, pois, soja, colza, maïs)
 - dosage des protéines, lipides, acides gras à longue chaîne, glucides
 - conséquences sur la composition de la chair et les propriétés organoleptiques (*omega 3 et acides gras poly-insaturés*)
 - sélection des espèces les plus tolérantes
 - tolérance maximum actuelle = 30 % d'aliments d'origine végétale dans la ration
- conséquences sur le milieu d'élevage
 - augmentation des taux de déchets et d'antibiotiques , etc...
 - nécessité de transgénèses pour améliorer la résistance à la dégradation biochimique du milieu
 - dégradation de la biodiversité
 - effondrement des populations
 - déséquilibre irréversible des écosystèmes

Biotechnologies en aquaculture

Historique

Notion de sexe

Biotechnologies en aquaculture

- Domestication
- Élevage en conditions naturelles
- Élevage semi-sauvage
- Les problèmes
 - Déterminisme environnemental
 - Sélection
 - Transgénèse
- Les solutions
 - Élevages *mono-sexe*
 - Triploïdes
 - Tétraploïdes
- Problèmes liés à l'alimentation

Conclusion

Conclusion

Remarques

- mises au point et pratiques progressives des biotechnologies
- combinaison de plusieurs technologies
- domestication de souches sélectionnées sur un ou plusieurs caractères
- un ou plusieurs transgènes sur une souche sélectionnée
- monosexage et polyploïdisation de souches transgéniques sélectionnées

Conclusion

Sourire

Quoi de commun entre un poisson et un poulet ?

Plus qu'il n'y paraît !

Tous deux sont

- nourris aux farines de poisson
- soignés aux antibiotiques
- parqués de manière plus ou moins dense dans des cages, bassins ou enclos...

L'aquaculture bio...

quand ???

comment ???



Conclusion

Perplexité

- Rappel d'une constatation déjà énoncée :
«La reproduction sexuée est une variable génétique d'ajustement aux fluctuations de l'environnement...»
- l'importance de la génétique en biologie est de plus en plus partagée en faveur de l'environnement....
Faut-il un «Grenelle de l'Aquaculture ...!!!!!!....???»
- la Science, dit-on, procède par approximations successives, mais doit réparer les dégâts de ses approximations...
Propos philosophiques d'Hervé Le Trent (environnementaliste,
Directeur de Recherches au CNRS et membre de l'Académie des Sciences) :
«Depuis quelques années, nous avons appris que nous ne sommes pas les maîtres et possesseurs de la nature , mais l'inverse...»
et s'interroge : *«l'Anthropocène pourrait-il être de courte durée...???»*

Merci de votre attention !