

Fiche leçon

Chapitre 3 : Biotechnologie

Durée du chapitre selon le programme scolaire : 8 semaines de 4 heures

Objectif général : L'apprenant doit être capable de s'initier à la biotechnologie.

Nom du créateur : ABRAHAM Luciano

Date de création : février 2026

Sources de documents :

- ✓ Le programme scolaire
- ✓ Le document d'accompagnement par le MEN
- ✓ http://mediatheque.accesmad.org/educmad/pluginfile.php/57545/mod_resource/content/0/Biotechnologie%20Presentation%20du%20secteur.pdf
- ✓ https://www.pierreguerin.com/sites/g/files/tkmtob276/files/styles/coh_medium/public/2023-08/Les%20cinq%20couleurs%20des%20biotechnologies.png.webp?itok=8y7rwE6l

Table des matières

I. La biotechnologie végétale	6
1. Les techniques d'extraction	7
a. L'extraction mécanique (manuelle)	7
b. Extraction par Alambic (hydrodistillation et entraînement à la vapeur)	7
2. Etude de cas : la vanille de Madagascar	9
3. Les techniques de transformation	9
4. La multiplication des végétaux	10
a. Multiplication Végétative (Traditionnelle)	10
b. La Micro-propagation (Moderne / In-Vitro)	12
II. La biotechnologie animale	17
1. L'aviculture	17
a. Les besoins nutritionnels du métabolisme	18
b. Aménagement biotechnologique de l'habitat (le poulailler)	19
c. Prophylaxie et calendrier de traitement sanitaire	21
2. La Pisciculture	23
a. Les principes fondamentaux de la pisciculture	23
b. La structure et types d'étangs	24
c. Conduite et suivi de l'élevage	29
d. Nutrition et fertilisation	30
3. L'apiculture	31
a. Connaissance de l'abeille et structure de la colonie	32

b.	Les ennemies et maladies de l'abeille (Pathologie apicole)	34
c.	L'habitat : La ruche et son installation	34
d.	Les techniques de gestion du rucher (Opérations apicoles).....	39
e.	La récolte et le conditionnement du miel	41

SVT Seconde

Première partie : Biologie

Chapitre 3 : Biotechnologie

La biotechnologie est l'ensemble de techniques utilisant les êtres vivants pour développer des produits, des procédés ou des services.

La biotechnologie concerne plusieurs domaines, et elle a été classée par un code couleur.

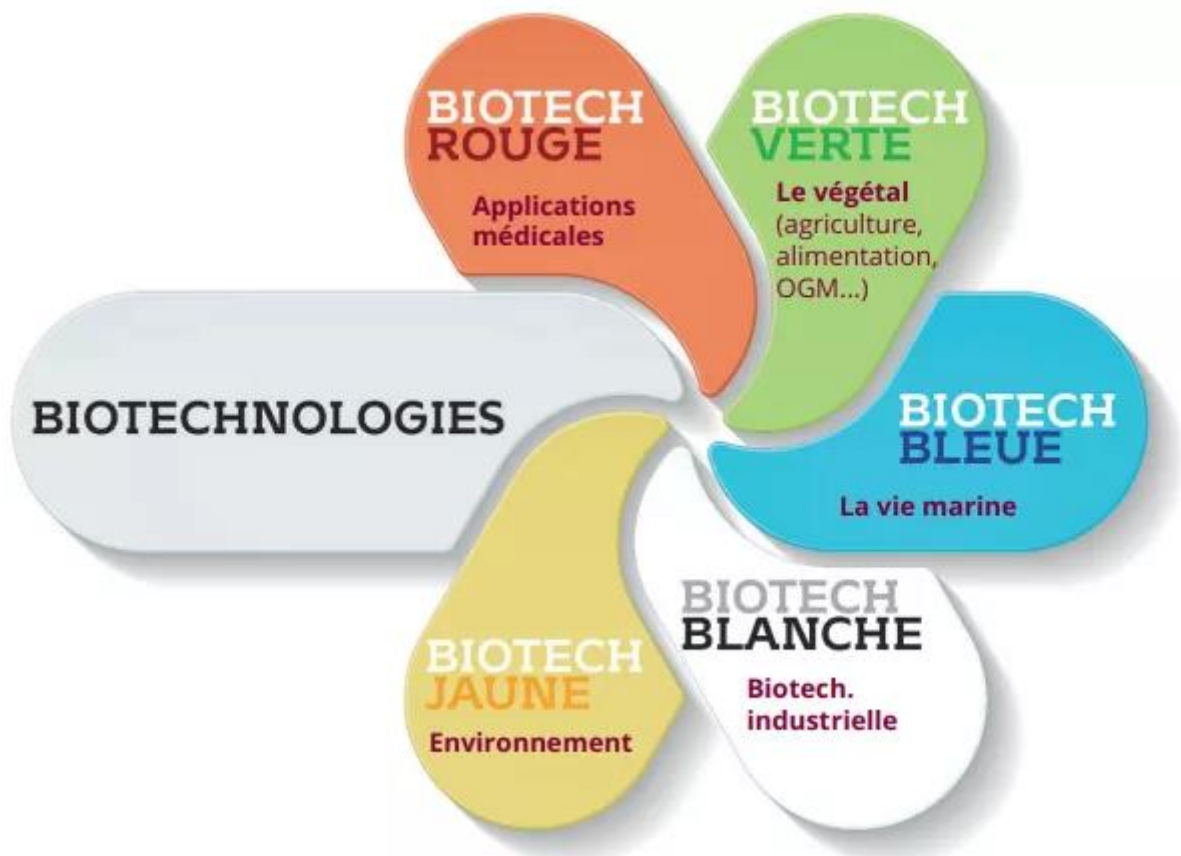


Figure 1: Les 5 codes couleurs des domaines d'application de la biotechnologie

Source : <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSvPuHGnv y4lb2YWAZksee30qT4mC0pllfsI6N4nXYPV28jpD>

1. **La biotechnologie rouge** (santé) : Recherche pharmaceutique, fabrication de vaccins, d'antibiotiques, développement de la thérapie génique, de diagnostic, et ingénierie tissulaire pour soigner les maladies.
2. **Biotechnologie verte** (Agriculture-Agroalimentaire) : Amélioration des cultures, des plantes résistantes à la sécheresse ou aux insectes : organismes génétiquement modifiés (OGM), biopesticides, et production de bioénergie (Energie renouvelable produite à partir de la matière organique : biomasse).
3. **Biotechnologie blanche** (Industrie) : Utilisation d'enzymes ou de micro-organismes (bactéries) pour des procédés industriels plus propres, biocarburants (carburant produit à partir de la biomasse pour remplacer les carburants fossiles).
4. **Biotechnologie bleue** (Marine) : Exploitation des organismes marins et aquatiques pour la santé, l'aquaculture, et les cosmétiques.
5. **Biotechnologie jaune** (Environnement) : Traitement des déchets, dépollution des sols et des eaux (bioremédiation), et gestion des écosystèmes.

La biotechnologie est donc une science qui existait depuis des années d'où la distinction de **la biotechnologie traditionnelle** qui utilise des organismes vivants entiers (micro-organismes) de manière empirique comme la fermentation pour la fabrication de pain, fromage, yaourt, vinaigre et le vin.

La **biotechnologie moderne** : née au XXe siècle avec la découverte de l'ADN ainsi elle manipule directement les ADN et les gènes (le patrimoine génétique) pour créer des produits précis et rapides surtout dans le domaine de la santé et de l'agriculture. On ne se contente plus d'utiliser l'organisme, on le "reprogramme"(OGM, Thérapie génique, clonage, insuline) pour obtenir des propriétés précises.

Nous allons étudier la biotechnologie, suivant les êtres vivants utilisés :

- ✓ **Biotechnologie animale** : ensemble de techniques faisant appel à des animaux et leurs composantes pour la production ou la transformation de substances à l'échelle industrielle
- ✓ **-Biotechnologie végétale** : fait appel à des végétaux et leurs composantes pour la production de substances à l'échelle industrielle.

I. La biotechnologie végétale

La biotechnologie végétale est un domaine essentiel des sciences de la vie et de la terre qui consiste à utiliser les propriétés biologiques des plantes et des micro-organismes pour produire des substances utiles ou améliorer les cultures. À Madagascar, elle joue un rôle stratégique dans la valorisation des ressources naturelles, permettant de transformer nos produits locaux (comme les plantes aromatiques ou la vanille) en produits à forte valeur ajoutée pour l'économie et la santé. Elle repose sur deux piliers complémentaires :

- ✓ Les techniques traditionnelles : Basées sur des savoir-faire ancestraux comme l'extraction manuelle, la fermentation ou le bouturage.
- ✓ Les techniques modernes : Qui utilisent des outils plus précis comme l'alambic pour l'hydrodistillation ou la culture in vitro pour la multiplication rapide des plants.

1. Les techniques d'extraction

L'extraction consiste à séparer une substance (arôme, huile, sucre) de la plante qui la contient

a. L'extraction mécanique (manuelle)

C'est la méthode la plus simple, utilisée depuis l'Antiquité.

Le Broyage / Pillage : On écrase la plante (avec un pilon ou un mixeur) pour libérer le jus. Exemple : Jus de fruits.

Le Pressage : On comprime fortement la matière pour en faire sortir le liquide. Exemple : Huile d'arachide.

b. Extraction par Alambic (hydrodistillation et entraînement à la vapeur)

L'alambic est l'appareil utilisé pour extraire les **Huiles Essentielles** (HE).

- ✓ **L'Hydrodistillation** (Directe) : La plante est plongée dans l'eau bouillante. La chaleur fait éclater les cellules odorantes. Problème : La chaleur directe peut abîmer les plantes fragiles.
- ✓ **L'Entraînement à la vapeur** (Indirect) : La plante est posée sur une grille. Seule la vapeur d'eau traverse la plante. C'est plus doux et préserve mieux les arômes.

Le principe en 4 étapes chimiques :

1. **Vaporisation** : La vapeur emporte les molécules odorantes (volatiles).
2. **Condensation** : Le mélange gazeux repasse à l'état liquide dans un réfrigérant.

3. **Décantation** : Dans un vase appelé "essencier", on sépare l'Huile Essentielle (qui flotte) de l'eau aromatique (hydrolat) : décantation naturelle.
4. **Finitions** : On peut ajouter du sel (**Relargage**) pour mieux séparer l'huile de l'eau, puis on filtre (ou utilisation d'une ampoule à décantation).

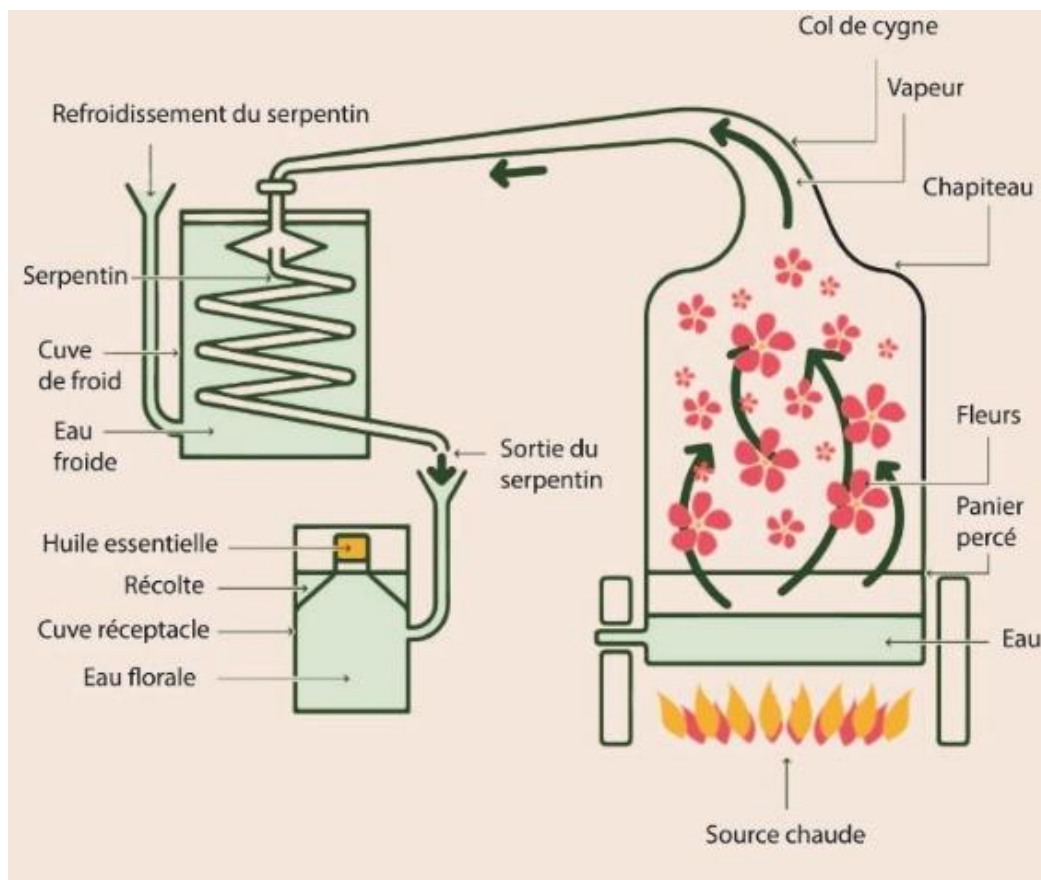


Figure 2: Distillation d'hydrolat avec un alambic

Source : https://i0.wp.com/fee-des-bulles.com/wp-content/uploads/2023/08/schema_distillation.jpg?w=700&ssl=1

2. Etude de cas : la vanille de Madagascar

La **vanille verte n'a pas d'odeur**. C'est la biotechnologie (transformation humaine) qui crée son arôme durant **6 mois**.

Étape	Action	Objectif
1. Échaudage	Trempage dans l'eau à 65°C (5-10 min).	Stopper la vie de la gousse et lancer la création de la vanilline.
2. Étuvage	Repos en caisses isolées (48h à 72h).	La vanille "sue" et prend sa couleur brune.
3. Séchage	10 jours au soleil, puis 2 mois à l'ombre.	Stabiliser la gousse et éviter les moisissures.
4. Affinage	Mise en malles en bois (plusieurs mois).	Développer et "sublimier" l'arôme final.

3. Les techniques de transformation

- ✓ **La fermentation alcoolique** : En milieu sans air (anaérobie), des micro-organismes transforment le sucre des fruits en alcool (éthanol).
- ✓ **Le Séchage (Déshydratation)** : On retire l'eau pour conserver le produit (ex: raisins secs). On peut sécher au soleil, au vent ou dans des tunnels chauffants.

4. La multiplication des végétaux

Cette technique consiste à obtenir de nouvelles plantes à partir d'une "plante mère".

a. Multiplication Végétative (Traditionnelle)

C'est une reproduction **asexuée** : le nouveau plant est un "clone" (copie identique) de la mère (tandis qu'une plante obtenue par les graines peut différer de la plante mère).

- ✓ **Naturelle** : La plante utilise ses propres organes (Stolons chez la fraise, Rhizomes, Tubercules comme la pomme de terre).

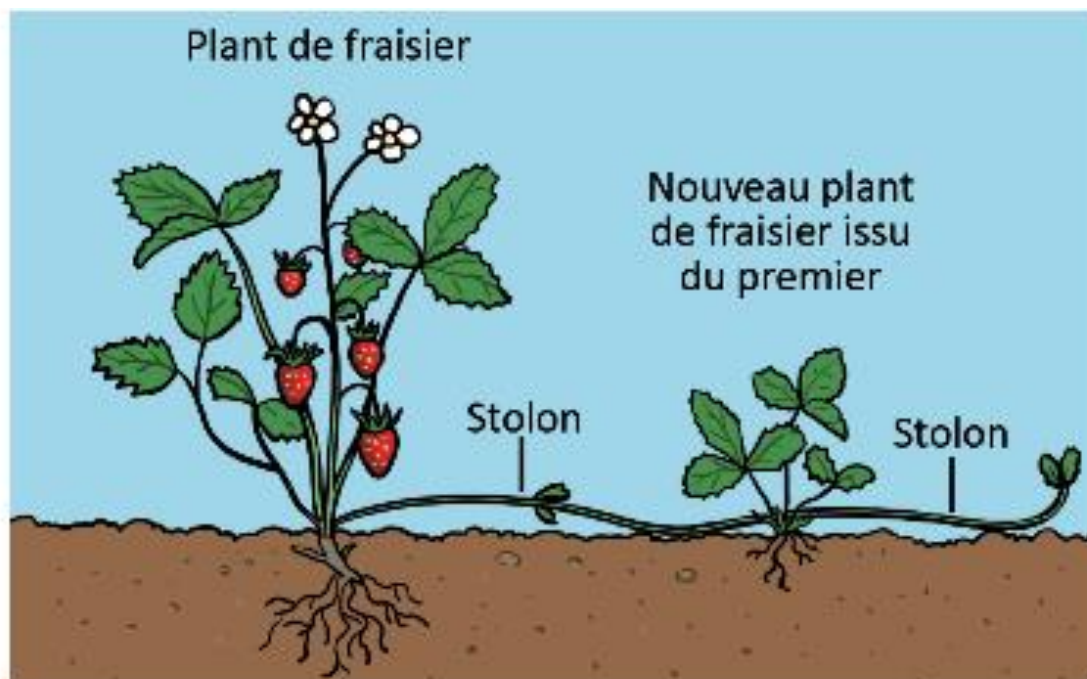


Figure 3: Schéma de la stolonisation d'un plant de fraisier

Source : <https://diy7ta1tt6jst.cloudfront.net/prod/okulus/ed07daba-d3eb-4606-909d-e97813d5690b>

✓ **Artificielle** (Action de l'homme) :

- **Bouturage** : On coupe un morceau de tige ou de feuille et on le met en terre pour qu'il fasse des racines.

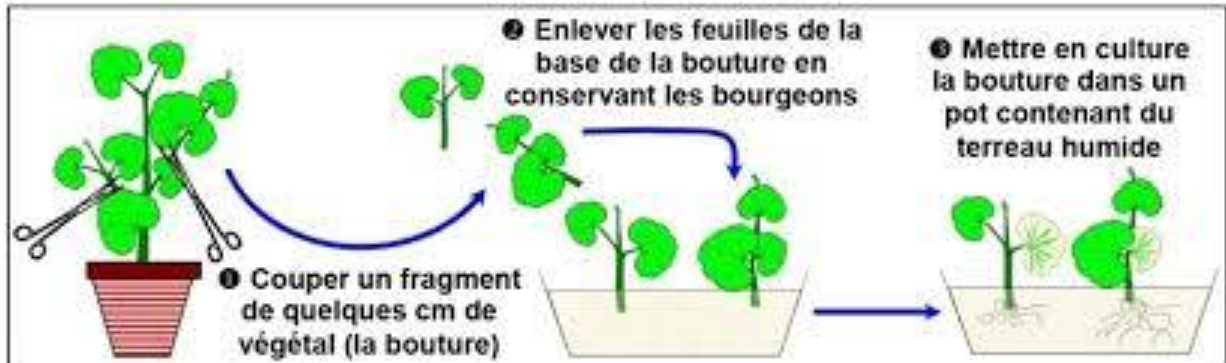


Figure 4: Schéma d'un bouturage

Source : https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSMgCPD92uQdHRqIN5nabLCh_p4SI4Dw2V6H4eZbynI6OjZDw6n

- **Marcottage** : On enterre une tige sans la couper de la mère pour qu'elle s'enracine.

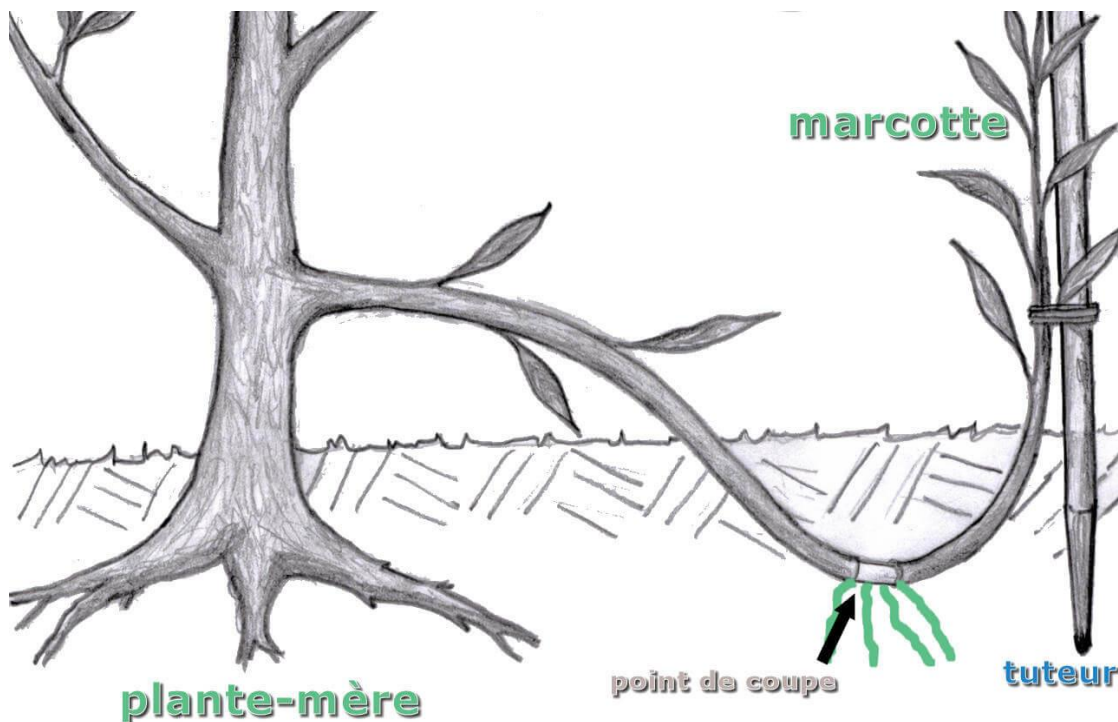


Figure 5 : Schéma d'un marcottage

Source : <https://www.aquaportail.com/pictures2107/marcottage.jpg>

- **Greffage** : On unit deux plantes différentes.

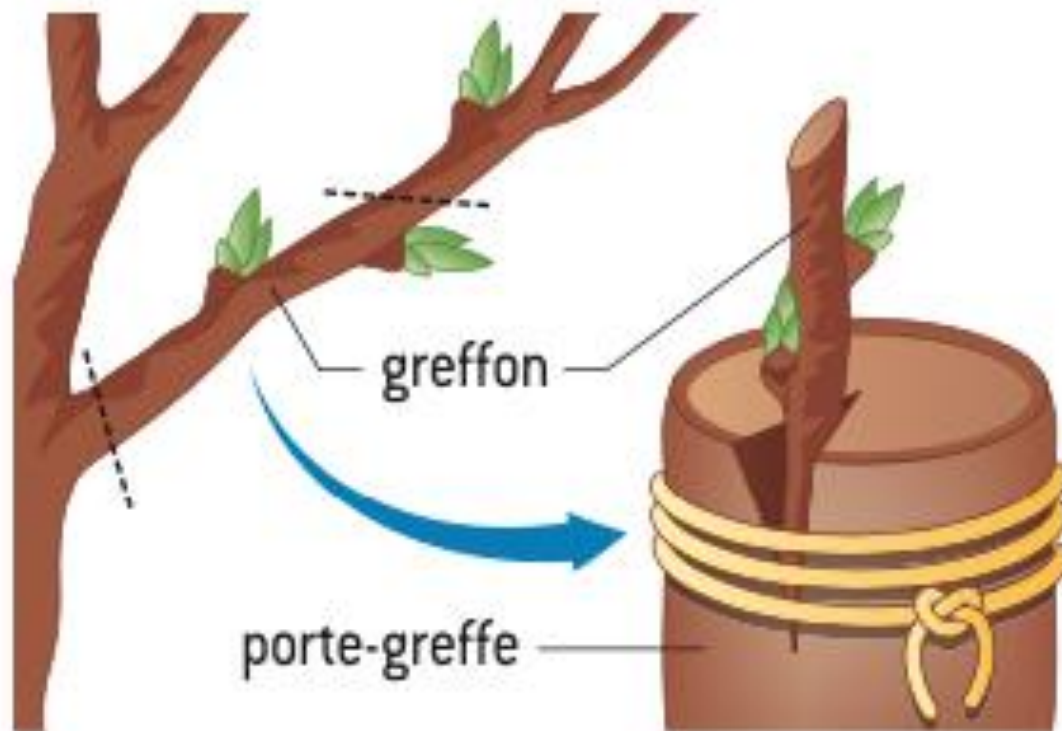


Figure 6: Schéma d'une greffe

Source : <https://diy7ta1tt6jst.cloudfront.net/prod/okulus/7e69ca2b-5465-40da-b683-5cb0a1288b14>

b. La Micro-propagation (Moderne / In-Vitro)

C'est la biotechnologie de pointe. On prélève quelques cellules de la plante et on les cultive dans un milieu nutritif (en tube à essai ou boîte de Pétri) sous des conditions très stériles.

Avantage : On peut créer des milliers de plantes identiques et sans maladies en très peu de temps.

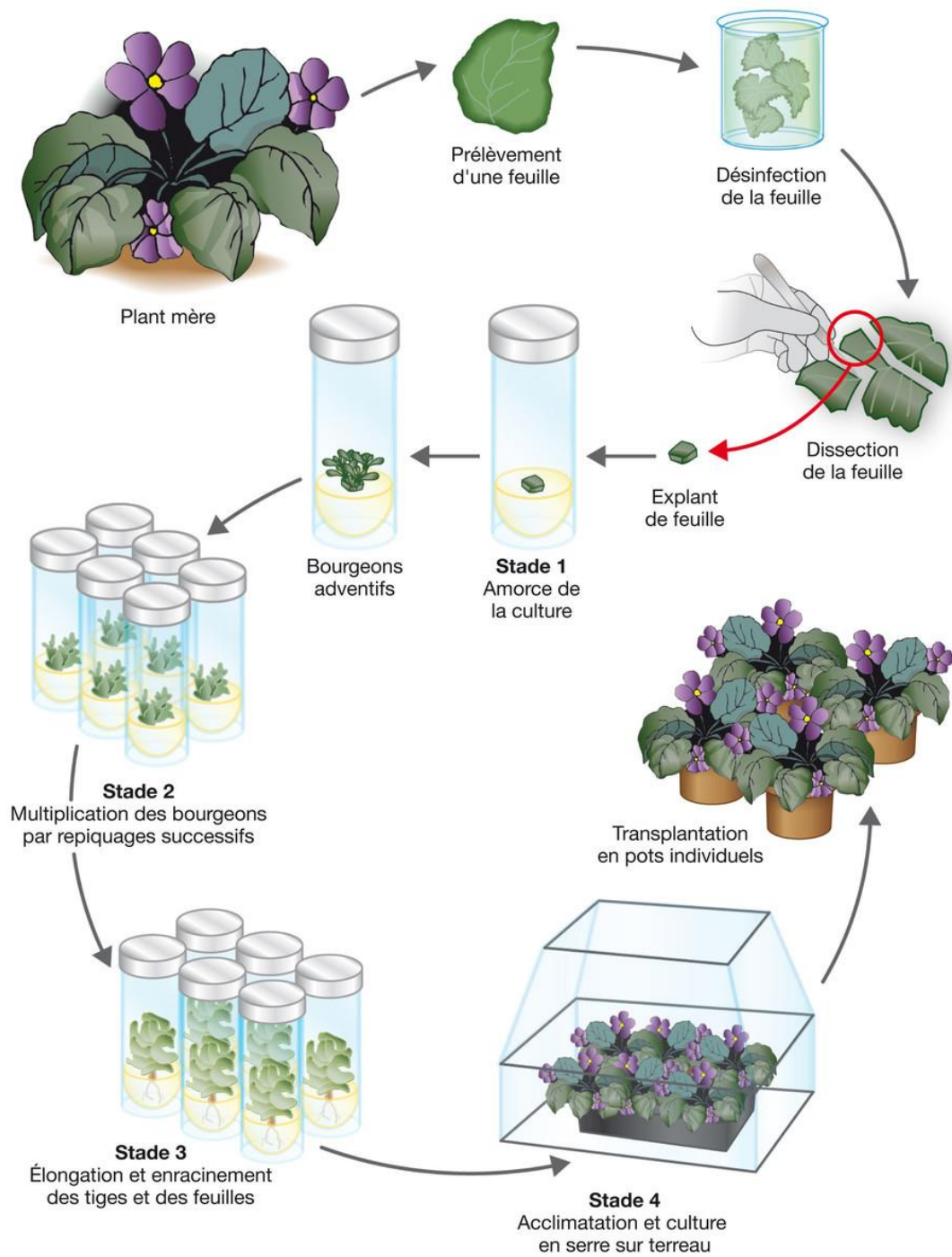


Figure 7: Micropropagation à partir d'une plante mère

Source : <https://monde.ccdmd.qc.ca/ressource/?id=121415&demande=desc>

Les principales étapes de la micropropagation

Étape 1 : Préparation de la plante mère

On choisit une plante mère : saine et vigoureuse ; exempte de maladies et de parasites ; présentant les caractères recherchés.

La plante mère est maintenue dans des conditions contrôlées et aseptiques afin d'obtenir des explants de bonne qualité.

Étape 2 : Prélèvement et établissement de l'explant

Un petit fragment de la plante mère est prélevé. Il peut s'agir d'un méristème, bourgeon, feuille, tige, etc.

L'explant est ensuite : prélevé et découpé ; désinfecté en surface ; rincé avec de l'eau stérile ; placé sur un milieu de culture adapté.

Le milieu de culture contient notamment des sels minéraux, des vitamines, une source de carbone comme le saccharose, ainsi que des régulateurs de croissance.

Étape 3 : Formation du cal et régénération

Selon le type d'explant et les conditions de culture, les cellules peuvent se multiplier et former une masse de cellules appelée cal.

La formation du cal est appelée callogenèse.

Le cal peut ensuite donner naissance à de nouvelles plantes par :

organogenèse : formation de pousses et de racines ;

embryogenèse somatique : formation d'embryons à partir de cellules somatiques.

La formation du cal n'est pas obligatoire dans toutes les méthodes de micropropagation. Certaines plantes peuvent produire directement des pousses à partir de l'explant.

Étape 4 : Multiplication des pousses

Les pousses obtenues sont transférées sur un nouveau milieu de culture afin de favoriser leur multiplication.

Une seule pousse peut ainsi donner plusieurs nouvelles pousses.

La multiplication dépend notamment de l'équilibre entre **les cytokinines et les auxines**.

Étape 5 : Enracinement

Lorsque les pousses atteignent une taille suffisante, on provoque la formation de racines adventives.

L'enracinement peut être réalisé :

in vitro : dans le milieu de culture ;

ex vitro : directement dans un substrat.

Les auxines favorisent généralement la formation des racines.

Étape 6 : Acclimatation des plantules

Les plantules obtenues in vitro sont fragiles et doivent être progressivement adaptées aux conditions extérieures.

Elles sont : débarrassées de l'agar ; transférées dans un substrat stérile ; placées en serre ; progressivement adaptées à une lumière plus forte, une humidité plus faible et une meilleure ventilation.

Cette étape permet aux plantules de passer des conditions in vitro aux conditions normales de croissance.

Remarque :

Cytokinines : hormones végétales qui stimulent principalement la division cellulaire et la formation des pousses. En micropropagation, une forte proportion de cytokinines favorise généralement la multiplication des bourgeons et des pousses.

Auxines : hormones végétales qui favorisent principalement l'élongation cellulaire, la formation des racines et, selon leur concentration, peuvent aussi participer à la formation du cal.

Pour plus d'information sur la micropropagation : <https://biologyreader.com/micropropagation-technique.html>

Lexique :

Phytothérapie : Soigner avec les plantes.

Hydrophobe : Qui ne se mélange pas à l'eau (comme l'huile).

Thermolabile : Qui est détruit par la chaleur.

Anaérobie : Milieu sans oxygène.

II. La biotechnologie animale

1. L'aviculture

La biotechnologie animale applique les principes scientifiques et techniques à l'élevage des animaux pour améliorer leur productivité. A Madagascar, l'amélioration de l'élevage du poulet local (Akoho gasy) repose sur la maîtrise de la sélection génétique, de la nutrition, de l'habitat et de la santé animale.

Pour optimiser le rendement biologique d'un élevage avicole, il faut tenir compte des conditions fondamentales de l'élevage :

- ✓ La sélection génétique : Choisir des reproducteurs (poules et coqs) vigoureux, sains et présentant de bonnes caractéristiques (croissance rapide, bonne ponte).
- ✓ Une alimentation équilibrée : Fournir des nutriments adaptés en qualité et en quantité pour couvrir les besoins de l'organisme.
- ✓ Un habitat optimisé (Biosécurité) : Offrir un poulailler propre, aéré et protecteur contre les intempéries et les prédateurs.
- ✓ La prophylaxie (Soins sanitaires) : Prévenir les maladies infectieuses et parasitaires par la vaccination et l'hygiène.
- ✓ Le suivi zootechnique : Surveiller les stades de développement (croissance, reproduction, couvaision) et accorder une attention particulière aux poussins (stade critique).

a. Les besoins nutritionnels du métabolisme

La ration alimentaire des volailles doit être équilibrée et contenir trois grandes catégories de nutriments :

- ✓ Les aliments énergétiques (glucides/ lipides) : Fournissent l'énergie nécessaire aux mouvements et aux fonctions vitales. Exemples locaux : les grains (Maïs), les tourteaux d'arachide, les tubercules comme le manioc (farine ou cuit).
- ✓ Les aliments plastiques ou constructeurs (riche en Protéines) : Permettent la construction des muscles, des plumes et la production des œufs. Exemples locaux : poudre de sang, poudre de poisson, termites, ...
- ✓ Les aliments fonctionnels (Vitamines et Minéraux) : Assurent le bon fonctionnement de l'organisme et la solidité des os et des coquilles d'œufs. Exemples locaux : Légumes, feuilles vertes, poudre d'os, coquilles d'œufs broyées,

Il faut faire attention au rythme de distribution et hydratation :

- ✓ **Fréquence** : La ration journalière est distribuée en deux repas : la première moitié tôt le matin (réveil métabolique) et la seconde moitié en fin d'après-midi (stockage d'énergie avant la nuit).
- ✓ **Hydratation** : L'eau participe à la thermorégulation. De l'eau potable, propre et fraîche doit être disponible en permanence, particulièrement lors des périodes de forte chaleur.

b. Aménagement biotechnologique de l'habitat (le poulailler)

Un bon poulailler conditionne la santé et le bien-être des volailles (réduction du stress thermique et des maladies).

- ✓ Le bâtiment : Construit préférentiellement avec des matériaux locaux isolants (toit en paille ou feuilles végétales pour éviter la surchauffe). La densité biologique optimale est de 4 à 5 poules par mètre carré (m²).
- ✓ La ventilation et l'exposition : Présence de nombreuses fenêtres pour renouveler l'air, orientées de manière à éviter l'engouffrement de la pluie et des vents dominants, tout en laissant entrer une lumière tamisée.
- ✓ Le sol et la litière : Sol en terre battue bien damé (facile à nettoyer). Il doit être recouvert d'une litière sèche de 10 à 15 cm (copeaux de bois, paille hachée, sciure : poussière provenant de la scie, ...). La litière absorbe les déjections et isole les pattes du froid.
- ✓ Le matériel d'élevage :
 - Perchoirs : Respecter une longueur de 1 m pour 6 poules (répond au comportement naturel de couchage en hauteur).
 - Pondoires : Prévoir 1 pondoire pour 5 à 6 poules pondeuses (zones sombres et calmes pour la ponte).
 - Abreuvoirs : Utiliser des systèmes artisanaux propres (ex: bouteille inversée sur socle) empêchant les poules de souiller l'eau.



Figure 8: Photo d'un kit basique de mangeoire (avec les compartiments) et d'abreuvoir en plastique pour les poussins ou les volailles.

Source : https://www.fermedebeaumont.com/36794-very_large_default/kit-basique-mangeoire-6-kg-abreuvoir-6-l-plastique-poussins-volailles.jpg

Règle de gestion d'élevage (Allotement) : Il est impératif de séparer les animaux par classes d'âge (poussins, poulets en croissance, adultes). Mélanger les groupes provoque des comportements d'agressivité (hiérarchie, cannibalisme) et favorise la transmission des maladies des adultes vers les plus jeunes.

c. Prophylaxie et calendrier de traitement sanitaire

La prophylaxie est l'ensemble des moyens biotechnologiques médicaux et sanitaires mis en œuvre pour empêcher l'apparition des maladies.

Tableau 1 : Calendrier de traitement sanitaire de la volaille (Source : Auteur à partir Doc Dac MEN)

Âge de la volaille	Mesures sanitaires et traitements	Objectifs biologiques
Semaine 1	Traitement antibiotique vitaminé (anti-stress)	Renforcement immunitaire et démarrage des poussins
Semaine 3	Vaccination contre la Maladie de Newcastle + Déparasitage interne (Vermifuge)	Immunisation contre le virus majeur et élimination des vers intestinaux
Semaine 4	Déparasitage externe (poudrage/bain des pattes)	Élimination des poux, puces et acariens (gale)
Semaine 8	Rappel de traitement antibiotique vitaminé	Soutien métabolique pendant la phase de croissance rapide
Semaine 16	1er Rappel de vaccination contre Newcastle + Déparasitage interne	Protection à long terme avant l'entrée en période de ponte



Figure 9: une représentation résumant les grandes lignes de l'aviculture

Source : <https://www.terreau-fste.org/ressource/fiompiana-akoho-gasy-nohatsaraina-i187>

2. La Pisciculture

La pisciculture est l'élevage rationnel des poissons. À Madagascar, elle constitue une biotechnologie clé pour assurer la sécurité alimentaire (apport en protéines) et générer des revenus.

a. Les principes fondamentaux de la pisciculture

La réussite d'un élevage piscicole repose sur l'interaction entre l'animal et son milieu. Elle exige :

1. **Le choix d'un site adéquat** : Disponibilité en eau de bonne qualité toute l'année et sol riche en argile (pour retenir l'eau).
2. **La sélection des espèces** : À Madagascar, on élève principalement le **Tilapia** (*Oreochromis niloticus*) pour sa rusticité et la **Carpe commune** (*Cyprinus carpio*) pour sa croissance rapide.



Figure 10: Photo d'un tilapia

Source : https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTaBwgObN8SBp_ErDMzVQL4sjW-yIXvpvQSLGsplf4jbjVbxYPL



Figure 11: Photo d'une carpe

Source : <https://media.s-bol.com/mlQYVPqVGMP/1200x472.jpg>

3. **Le contrôle du milieu (entretien et suivi)** : Aménagement des étangs, gestion de l'eau et alimentation.
4. **Le suivi sanitaire et la reproduction** : Suivi des maladies et production d'alevins.

b. La structure et types d'étangs

La taille des étangs varie selon le cycle biologique du poisson, mais il peut être de quelques centaines de mètres carrés à quelques hectares.

- **Petits étangs** : Utilisés pour le frai (reproduction) et l'alevinage (croissance des jeunes).
- **Grands étangs (jusqu'à quelques hectares)** : Dédiés au grossissement des poissons marchands.

En général, les étangs sont situés sur des terrains en pente douce. Voyons quelques exemples d'étangs.

Types d'étang selon l'approvisionnement en eau

- ✓ **Étang en diversion (dérivation)** : Alimenté par un canal qui détourne une partie de l'eau d'un ruisseau. C'est le modèle le plus sûr et le plus facile à contrôler.

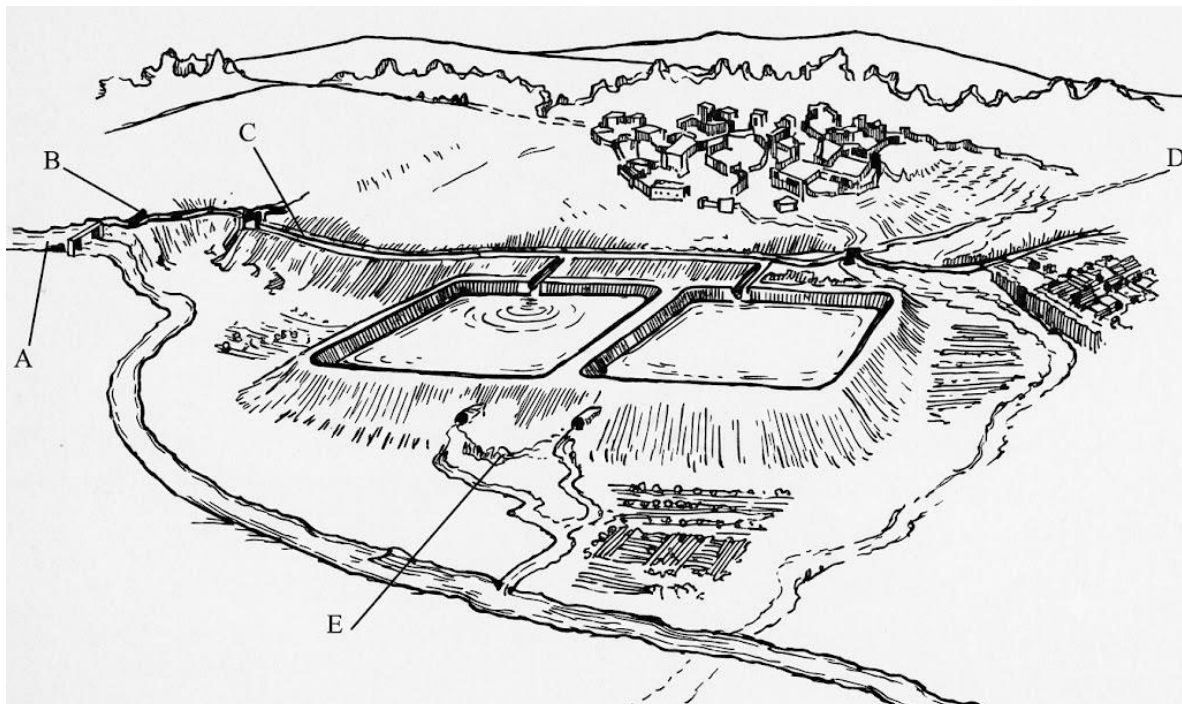


Figure 12: Etang en diversion (Source : Doc Dac_MEN)

A : ruisseau, B : Prise d'eau, C : Canal de diversion, D : Prise d'eau, E : Sortie d'eau

- ✓ **Étang de barrage** : Construit directement en travers du cours d'un ruisseau. Simple à mettre en place, mais sensible aux crues et à l'envasement.

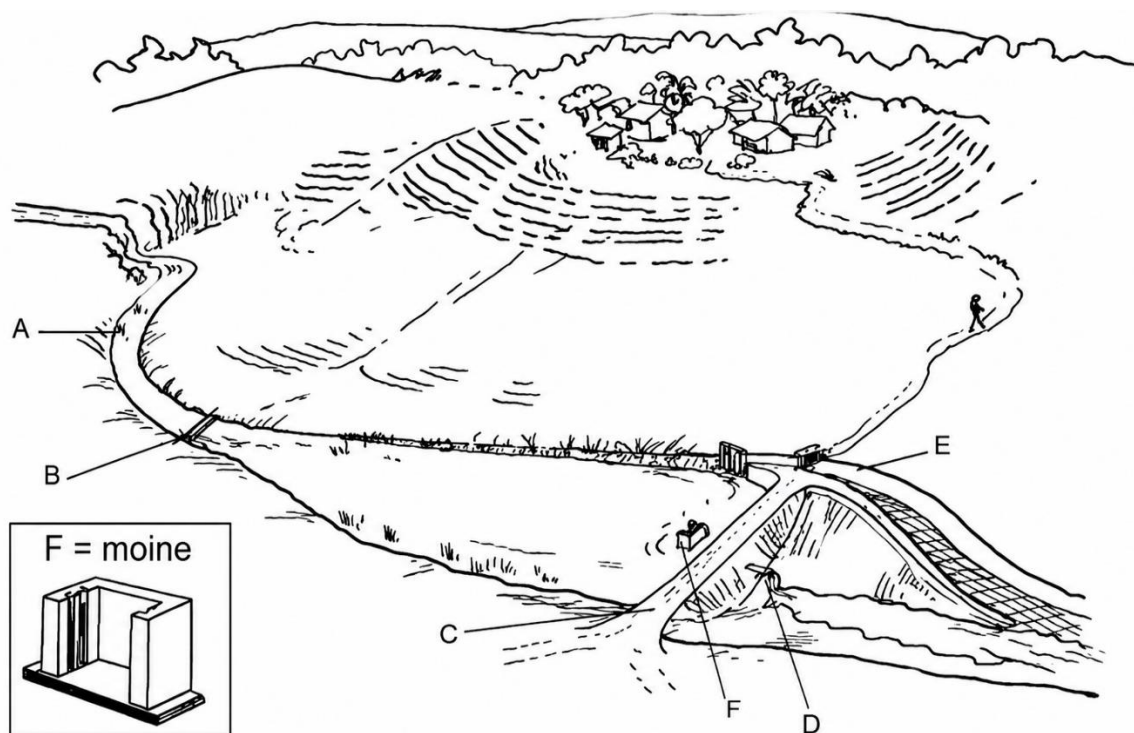


Figure 13: Etang de barrage (Source : Doc Dac_MEN))

A : ruisseau, B : Prise d'eau, C : Digue, D : sortie d'eau, E : trop plein et déversoir, F : moine (ouvrage d'évacuation d'eau)

Types d'étang selon le mode de construction

✓ **Étang endigué** : Construit au-dessus du niveau du sol.

Inconvénient : Nécessite souvent une pompe pour le remplir.

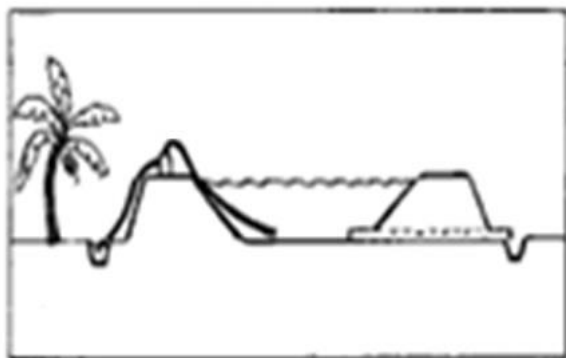


Figure 14: Etang endigué (Source : Doc Dac_MEN))

- ✓ **Étang creusé (excavé) :** Creusé entièrement dans le sol.

Inconvénient : Nécessite une pompe pour la vidange complète.

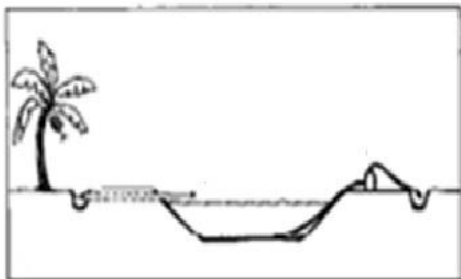


Figure 15: Etang creusé (Source : Doc Dac_MEN)

- ✓ **Étang partiellement creusé et endigué (Recommandé) :** La terre retirée lors du creusement sert à fabriquer des digues basses. On recherche une pente faible de **1 à 2 %** :

Le canal d'alimentation est situé légèrement *au-dessus* du niveau de l'étang.

Le canal de vidange est situé légèrement *au-dessous*.

Avantage : Le remplissage et la vidange se font entièrement par **gravité naturelle**, sans dépenses énergétiques (pas de pompe).

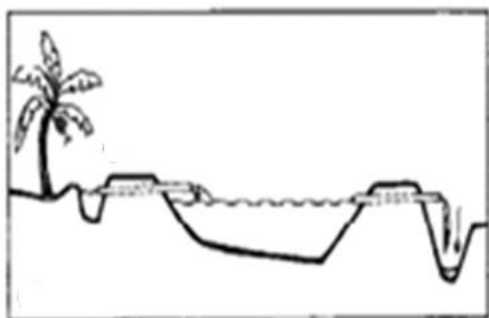


Figure 16: Etang partiellement creusé et endigué (Source : Doc Dac_MEN)

Remarque :

- ✓ Pour une bonne circulation et un gradient thermique optimal, la profondeur de l'eau doit être de 30 cm du côté peu profond (arrivée d'eau) et de 1 mètre du côté profond (zone de vidange).



Figure 17: Profondeur de l'étang (Source : DocDac_MEN)

- ✓ Pour la construction de la digue et du noyau en argile.
 - Les digues : qui retiennent l'eau au-dessus du niveau du sol initial, l'étanchéité est primordiale.
 - Le noyau en argile est une barrière imperméable insérée verticalement au centre de la digue, depuis les fondations.
 - Rôle du noyau en argile : Il renforce la structure de la digue et prévient les fuites d'eau par infiltration.

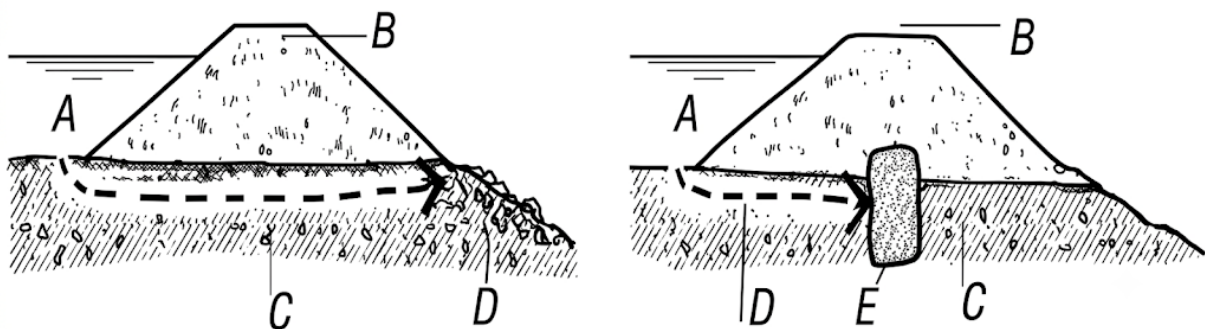


Figure 18: Le noyau en argile (Source : Doc Dac_MEN)

A : Eau de l'étang, B : Digue, C : Fondation perméable, D : Ligne d'infiltration, E : Noyau de l'étang.

c. Conduite et suivi de l'élevage

- ✓ Empoisonnement (ou la mise en charge)
- Après la mise en eau, il faut **attendre 4 à 7 jours** avant d'introduire les poissons pour permettre au milieu de se stabiliser (développement du plancton).
- Introduire délicatement les jeunes poissons (**alevins**).
- *Règle biologique cruciale* : S'assurer que la température de l'eau de transport des alevins est identique à celle de l'étang pour éviter un **choc thermique** mortel.
- ✓ L'entretien et la gestion quotidienne

Un bon pisciculteur effectue un suivi rigoureux :

1. **Contrôle de la qualité de l'eau** : Vérifier l'oxygène (les poissons pipent-ils l'air à la surface ?), la température, le pH, la couleur et la transparence (ou la turbidité : turbidimètre qui est une mesure optique indiquant le niveau de clarté ou de trouble d'un fluide : eau causée par des particules en suspension : limon, argile, algues qui absorbent, diffusent ou réfléchissent la lumière. C'est l'opposé de la limpidité).
2. **Inspection et Maintenance de la digue** : Inspecter les digues pour repérer les fuites, nettoyer les filtres des prises et sorties d'eau (comme le *moine* ou le déversoir) pour éviter les fuites d'alevins ou l'entrée de nuisibles.
3. **Surveillance biologique** : Observer le comportement alimentaire, éliminer les algues envahissantes et lutter contre les prédateurs (oiseaux pêcheurs, rats, grenouilles) en surveillant leurs empreintes.

d. Nutrition et fertilisation

Pour maximiser la production de l'étang, le pisciculteur utilise deux méthodes bien distinctes :

- **La Fertilisation (Alimentation indirecte) :** On apporte des engrais (ou compost = fumier) pour stimuler le développement des phytoplanctons (producteurs primaires) qui vont servir de nourriture naturelle et gratuite pour les alevins.
- **La nutrition (alimentation directe) :** On apporte des aliments solides composés d'ingrédients locaux pour nourrir directement les poissons lorsque le plancton ne suffit plus. On jette directement dans l'eau des aliments préparés par l'homme (les 3 types : tableau ci-dessous).

En pisciculture intensive ou semi-intensive, les poissons ont besoin d'aliments complémentaires riches en protéines, lipides et glucides.

Tableau 2 : La nutrition des poissons (Source : Doc Dac_MEN)

Composants	Type 1 (Classique)	Type 2 (Riche en protéines animales)	Type 3 (Équilibré)
Source de Glucides	Son de riz : 65 %	Farine de blé : 8 %	Son de riz : 61-65 % Blé : 12 %
Source de Protéines	Farine de poisson : 25 %	Farine de sang : 8 % Tourteaux de coton : 82 %	Tourteaux d'arachide : 18 % Farine de poisson : 4-8 %
Minéraux & Compléments	Farine de coprah : 10 %	Phosphate bicalcique : 2 %	Écailles d'huîtres broyées : 1 %
Objectif	Élevage standard	Croissance rapide	Économique et complet

3. L'apiculture

L'apiculture est la branche de la biotechnologie qui étudie l'élevage des abeilles pour exploiter leurs produits (miel, cire, pollen, gelée royale). À Madagascar, l'apiculture repose principalement sur la variété endémique *Apis mellifera unicolor* (l'abeille noire). C'est une activité économique majeure et un pilier de la biodiversité grâce à la pollinisation.



Figure 19: Abeille malgache : *Apis mellifera unicolor*

Source : https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTLb_SAAm7q2e02C1YIYLuhqcEdrAbNicgId4CNRwH0dtZRhjaF
https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ8eG5Un_ZeZwUSS8gDn8EBZcIgXX2N8IYYqsZ6N8ikB8ef3xKB

a. Connaissance de l'abeille et structure de la colonie

L'essaim (ou colonie) forme une société hautement organisée où les individus dépendent les uns des autres. Une colonie vit dans une ruche.

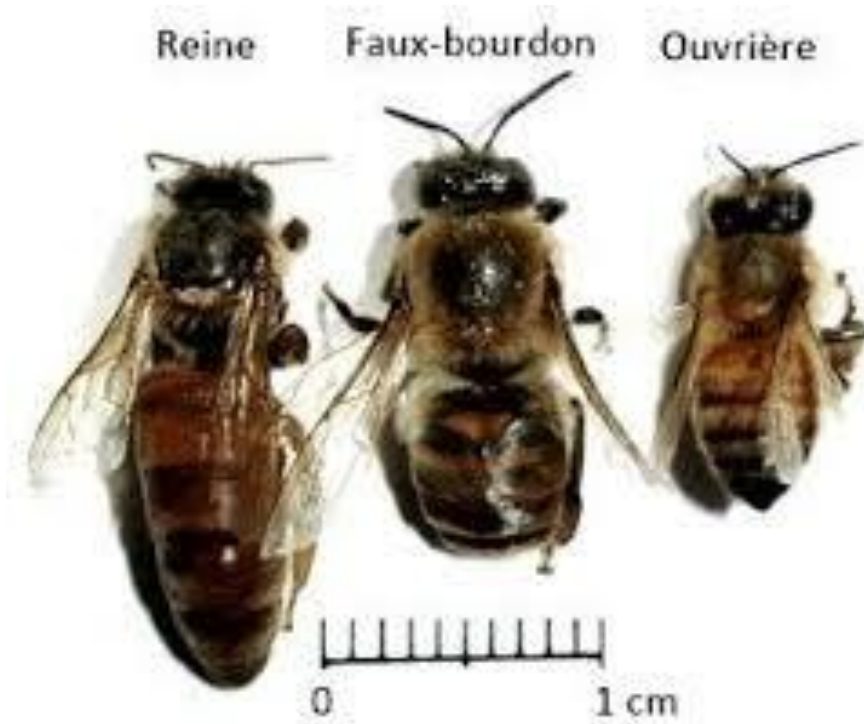


Figure 20 : Les trois types d'abeille

Source : <https://www.researchgate.net/publication/322753190/figure/fig16/AS:631605408313382@1527597872464/Les-trois-castes-constituant-la-colonie-dabeille-Apis-mellifera-Source-ADA.png>

Une colonie est formée par : une reine, les ouvrières et les faux bourdons.

➤ La Reine

- **Caractéristiques** : C'est l'unique femelle féconde de la colonie. Elle est plus longue que les autres.
- **Rôle** : Elle assure la survie de la colonie par une ponte intensive (jusqu'à 2 000 œufs par jour). La qualité de la reine détermine la force et la productivité de la ruche.

➤ Les Ouvrières

Ce sont des femelles stériles. Au cours de leur courte vie (quelques semaines), elles changent de fonction selon leur âge (**polyéthisme d'âge**) :

1. **Nettoyeuse** : Nettoie les alvéoles après les naissances.
2. **Nourrice** : Nourrit les jeunes larves avec la gelée royale puis le pain d'abeille.
3. **Architecte / Maçonne** : Produit de la cire pour construire et réparer les rayons.
4. **Magasinière** : Réceptionne le nectar apporté par les butineuses et le stocke.
5. **Ventileuse** : Bat des ailes pour réguler la température et l'humidité de la ruche.
6. **Gardiennne** : Protège l'entrée de la ruche contre les intrus.
7. **Butineuse** : Récolte le nectar, le pollen, l'eau et la propolis à l'extérieur.

➤ Le Faux Bourdon

- **Caractéristiques** : C'est le mâle. Plus robuste, corps trapu, poilu, de couleur sombre avec de gros yeux resserrés. Son vol est lourd et bruyant. Il ne possède pas de dard.
- **Rôle** : Sa seule fonction biologique est la fécondation de la jeune reine lors du vol nuptial.

b. Les ennemies et maladies de l'abeille (Pathologie apicole)

L'apiculteur doit surveiller la ruche pour lutter contre divers agresseurs :

Tableau 3 : Description des ennemies et maladies de l'abeille (Tableau créé par l'auteur à partir Doc Dac MEN)

Type d'ennemi	Nom	Description / Effets
Insectes parasites	Fausses teignes	Papillons nocturnes dont les larves détruisent la cire.
	Poux des abeilles	Petits insectes beiges fixés sur le thorax des abeilles.
Maladies microbiennes	Les Loques (bactéries)	Attaquent et tuent le couvain (les larves).
	La Diarrhée / Nosémose	Causée par un protozoaire (unicellulaire) qui détruit la paroi de l'intestin.
Acariens	Acarioses	Parasites internes qui bloquent les tubes respiratoires des abeilles.
Prédateurs locaux	Guêpes et Frelons	Attaquent les abeilles à l'entrée de la ruche.
	Fourmis et Termites	Envahissent la ruche pour voler le miel ou détruire le bois.
	Lézards et Batraciens	S'installent près du trou de vol pour gober les abeilles.

c. L'habitat : La ruche et son installation

On distingue 3 types de ruches :

- **Les ruches traditionnelles** : Faites à partir de matériaux locaux (troncs d'arbres évidés, poteries, écorces, paniers en paille ou roseaux tressés). Elles sont peu coûteuses mais ne permettent pas une inspection facile et détruisent souvent la colonie lors de la récolte.



Figure 21 : Récolte de miel à l'aide d'une ruche traditionnelle à partir d'un tronc d'arbre

Source : <https://blogs.icrc.org/hdtse/wp-content/uploads/sites/113/2020/06/somalia-beekeeping-drought-floods-beehive-bee-04-1024x683.jpg>

- **La ruche à cadres (ex : Langstroth) :** Ruche moderne avec des cadres mobiles. Permet de récolter le miel sans détruire les rayons de cire.



Figure 22: Photo d'un cadre de ruche en bois

Source : https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTlxbDK_DqFt5x29pm_l2iT5o4FaakZm4TKdZK3dcJHsCre6Uy0



Figure 23 : Photo d'une rangée de ruche en bois

Source : https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRdUkrHkMjm-9fYGYyRH8hb3_kZzePQk5JPUIf8Y6tEeefVoKe6

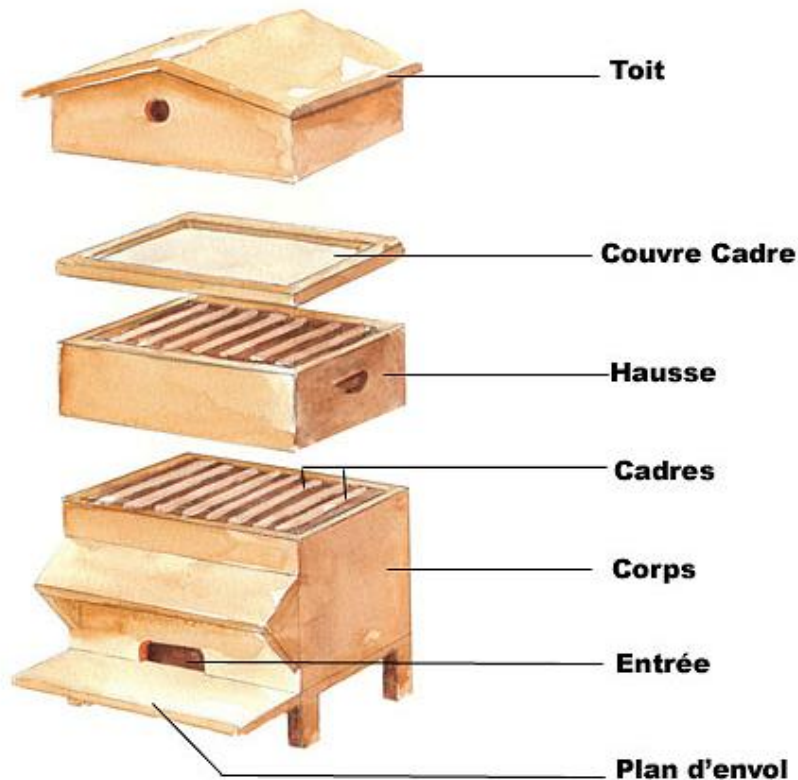
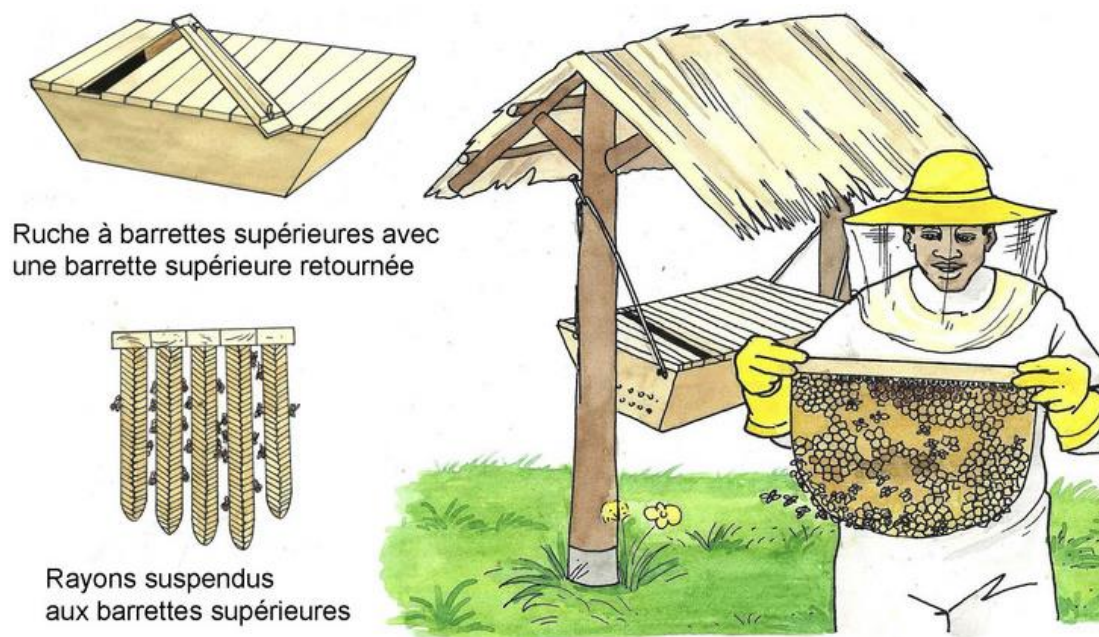


Figure 24: Les composants d'une ruche à cadre

Source : <https://blogger.googleusercontent.com/img/b/R29vZ2xl/AVvXsEjSD-23scWxg5GILfhD5Yjwf3SYJT20CMJpT663AMX5YjvbhuJSahjwcmjgnmqKokh-Er-3KsJw6r5a4mXAd9ZDI-TWcpnt8kkNq00tZ4amo160bRNU8Vcv8YIgVXMYn13HziQLPYCks2o/s1600/ruche-dadant.jpg>

- **La ruche à barrettes (ex : Kenya / KTB) :** Très adaptée à Madagascar. Plus économique que la ruche à cadres, elle utilise de simples barrettes de bois sur lesquelles les abeilles construisent naturellement leurs rayons.



Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique M10 Animaux : U1 Abeilles

6

Figure 25: Schéma d'apiculteur avec une barrette de la ruche à rayons amovibles

Source : https://www.organic-africa.net/fileadmin/_processed_/e/f/csm_Africa_Pres_M10-1_Bees_FR_Seite_06_4a25c03a0e.jpg

Concernant le choix des matériaux pour la construction des ruches : on utilise du bois d'une épaisseur de **20 à 24 mm** pour assurer une bonne isolation thermique (protection contre les fortes chaleurs diurnes et le froid nocturne sur les Hautes Terres).

Concernant l'installation de la ruche : pour maximiser la production et éviter les accidents, le rucher doit être :

- Éloigné des habitations et des voies de circulation (sécurité et le calme).
- Isolé des pâturages d'élevage pour protéger le bétail.
- **Orientation** : Orienté idéalement vers le **Nord ou le Nord-Est** à Madagascar (pour recevoir les premiers rayons de soleil du matin qui stimulent la sortie des butineuses).
- **Protection** : Abrité des vents dominants (alizés froids et secs de l'Est / pluies venant du Sud-Ouest) par une haie vive ou des arbres.

d. Les techniques de gestion du rucher (Opérations apicoles)

La division (Multiplication de l'exploitation)

La division est une méthode pour multiplier les bonnes souches en créant une nouvelle colonie à partir d'une souche forte et saine. Elle s'effectue en fin d'après-midi (dernière demi-heure avant la nuit).

1. Préparer une ruche vide (**Ruche A**) et la poser juste à côté de la ruche mère (**Ruche B**).
2. Transférer de la ruche B à la ruche A :
 - 2 rayons de couvain fermé (larves operculées prêtes à naître).
 - 1 rayon de couvain ouvert avec de jeunes œufs (indispensable pour que la ruche A puisse élever une nouvelle reine).
 - Quelques rayons de provisions (miel et pollen).

3. Compléter l'espace vide des deux ruches avec des barrettes ou cadres vides, puis fermer les toits.
4. Fermer le trou de vol de la ruche mère (B) et la déplacer à son nouvel emplacement définitif dans le rucher.
5. Placer la ruche A (la nouvelle) à l'emplacement exact qu'occupait la ruche B.
6. Résultat : Les butineuses de retour des champs rentreront dans la ruche A.
7. *Note* : Si les provisions sont insuffisantes, ajouter un nourrisseur (sirop de sucre) après l'opération (le transport).

La réunion

Utilisée pour fusionner une colonie orpheline ou faible avec une colonie forte.

- *Règle d'or* : **Faible + Faible = Toujours faible**. On réunit toujours une colonie faible à une colonie **FORTE**.
- *Cette technique est facile surtout avec des ruches à cadres*

Technique pratique (En fin de journée) :

1. Repérer et éliminer la reine de la colonie la plus faible.
2. Placer la ruche forte au-dessus de la ruche affaiblie (sans reine).
3. **Séparation temporaire** : Placer entre les deux corps de ruche une feuille de papier journal enduite de sirop et percée de petits trous (faits par la pointe d'un crayon), **ou** saupoudrer généreusement les abeilles des deux colonies avec de la **farine de maïs**.

4. Au cours de la nuit, les abeilles vont grignoter le papier ou se nettoyer de la farine. Cela harmonise l'odeur de la ruche (*phéromone*), évitant les bagarres. Les deux colonies fusionnent pacifiquement.

e. La récolte et le conditionnement du miel

- **Pour la récolte :** Enfumoir (pour calmer les abeilles), voile, combinaison, gants, brosse à abeilles, couteau à désoperculer (pour ouvrir les alvéoles scellées par les abeilles et libérer le miel avant l'extraction par centrifugation. La cire récupérée est ensuite fondue et filtrée pour être réutilisée et fabriquer de nouvelles cires gaufrées ou valorisée).



Figure 26 les outils en apiculture

Désoperculation : <https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTjpvCSwg8EBItMcoa82hAh0fHawujuRDe9h9Qulfdli4B-y9I6>

Brosse à abeille : https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTBTc6E02_D4RyfMvwoWbY4inTMGMCZ5ra0YunhQXxxLP8Zi_vj

Un rayon de miel brute avec ses alvéoles hexagonales emplies de miel doré et entourées de cire naturelle. <https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS2smqIoROFmQG3nbtKw3v4Ufgj5HbOtEtNrdzdsMFs3R7IMMvV>

Un enfumoir d'apiculteur en action : [https://encrypted-](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQPNqplxw1MLtHfEdheEQ98_mq56YWH1CRmhWE5Cpa-NFi2nMk0)

[tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQPNqplxw1MLtHfEdheEQ98_mq56YWH1CRmhWE5Cpa-NFi2nMk0](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQPNqplxw1MLtHfEdheEQ98_mq56YWH1CRmhWE5Cpa-NFi2nMk0)

Tenue de protection et l'enfumoir : [https://encrypted-](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS2VZGcV_YH_UdCf536wGdXVR0oD10NM_jq7Uu--h2elHHmhBlm)

[tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS2VZGcV_YH_UdCf536wGdXVR0oD10NM_jq7Uu--h2elHHmhBlm](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS2VZGcV_YH_UdCf536wGdXVR0oD10NM_jq7Uu--h2elHHmhBlm)

- **Pour le conditionnement :** Extracteur (ou pressoir), tamis, écumoire, tonnelet de stockage, maturateur, pots de conditionnement.
 - **Le processus de conditionnement :**
- **L'extraction :** Doit s'effectuer dans des conditions d'hygiène et de propreté rigoureuses, dans une pièce à température assez élevée pour fluidifier le miel.
- **La filtration et décantation :**
 - **Filtrage initial (un filtrage rapide) :** Passage à travers un tamis à grandes mailles pour retenir les gros morceaux de cire.
 - **Entreposage thermique :** Placer le miel dans un fût haut et étroit dans une enceinte maintenue à 28°C.
 - **Écumage :** Retirer à l'aide de l'écumoire la mousse et les impuretés qui flottent à la surface.
 - **Filtrage final :** Soutirer le miel par le bas du fût à travers un filtre en nylon très fin (indispensable pour éliminer les micro-débris et les premiers cristaux).
- **La "maturation" (Clarification) :** Le miel filtré est stocké dans une cuve appelée « maturateur » pendant 24 heures à 28°C. Cela permet aux dernières bulles d'air créées par les manipulations de remonter à la surface.
- **Le stockage :** Le miel fini doit être mis en pots hermétiques et stocké dans un endroit frais (idéalement autour de 12°C) et sec, car le miel absorbe facilement l'humidité de l'air (hydrophile).