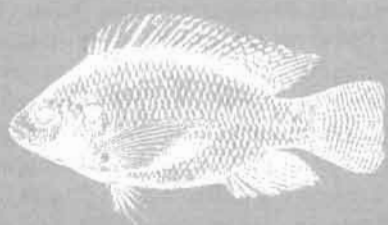


L' *aquaculture*



Même si l'on a pu montrer que le tilapia *Oreochromis niloticus* était élevé en étangs artificiels par les Égyptiens, il y a près de 4 000 ans, il n'en reste pas moins que le continent africain, à la différence de l'Asie, n'a pas de tradition en pisciculture. Au début du siècle, l'aquaculture était encore totalement inconnue sur le continent. Les premières études sur les tilapias datent du XIX^e siècle, et les premières tentatives pour développer l'aquaculture remontent aux années quarante.

Les tentatives pour introduire l'aquaculture en Afrique, vers les années cinquante, s'inscrivent dans la recherche d'une diversification des sources de protéines animales destinées à promouvoir l'autosuffisance alimentaire des populations rurales. Les premiers essais effectués avec des tilapias à la station de la Kipopo, créée en 1949 (ex-Congo belge), ayant donné des résultats prometteurs, les administrations coloniales entamèrent des actions de vulgarisation. En 1957, était créée la station piscicole de Kokondekro, près de Bouaké en Côte-d'Ivoire, à des fins de recherche et de formation. Les premiers essais portèrent sur des espèces aujourd'hui abandonnées car de rendement médiocre : *Tilapia zillii*, *Tilapia rendalli*, *Oreochromis macrochir*. Ce n'est que vers les années soixante-dix que l'on s'aperçut que les performances zootechniques d'*Oreochromis niloticus* (ex-*Tilapia nilotica*) et de ses hybrides avec diverses espèces voisines surclassaient nettement celles de la plupart des autres tilapias. C'est aussi à partir de cette période que l'on commença à s'intéresser à l'identification d'autres espèces de poissons africains ayant un potentiel intéressant pour la pisciculture.

Malgré une aide massive pour promouvoir la pisciculture familiale, à l'image de l'Asie, les résultats furent décevants. En 1992, l'estimation de la production piscicole n'atteignait que 24 000 tonnes pour l'Afrique au sud du Sahara, alors que la production mondiale était de 9,4 millions de tonnes (FAO, 1994). Même s'il est très difficile de disposer de chiffres fiables sur les quantités réellement produites, dans un contexte où la commercialisation des produits aquatiques se fait le plus souvent de façon informelle, la pisciculture africaine reste encore embryonnaire.

De nombreuses explications ont été avancées pour expliquer les difficultés rencontrées dans le développement de l'aquaculture en Afrique (LAZARD *et al.*, 1990 b) :

► d'ordre social, les populations rurales n'ayant pas de traditions et donc d'expérience dans ce domaine ;

► d'ordre technique, dans la mesure où, jusqu'à une époque récente, les techniques d'élevage n'étaient pas encore parfaitement maîtrisées, ce qui avait pour conséquence une production médiocre en qualité et en quantité ;

► d'ordre économique, la pisciculture développée dans le contexte d'une activité de subsistance à caractère familial se pratiquant le plus souvent sans esprit de rentabilité.

Dans une étude récente, relative aux pays d'Afrique francophone, LAZARD *et al.* (1991) distinguent plusieurs types de pisciculture sur la base de critères de développement dont ils dressent le bilan. Il ressort notamment que le soutien à la pisciculture d'autoconsommation (dont le produit est destiné à l'approvisionnement du pisciculteur et de sa famille), par les organisations internationales et les ONG, s'est soldé globalement par un échec ; en particulier par manque d'une motivation économique suffisante des pisciculteurs au regard des investissements humains et matériels nécessaires. Il apparaît aussi que tous les projets de pisciculture industrielle, mettant en œuvre des unités de production de grande dimension, ont jusqu'ici échoué par rapport à leur objectif initial, à savoir produire un poisson à un coût inférieur à son prix de vente. La *pisciculture artisanale* de petite production marchande commence en revanche à se développer, notamment en zone périurbaine, et semble offrir le contexte le plus favorable pour l'approvisionnement en intrants et la commercialisation du poisson. C'est sur cette pisciculture artisanale ou de type PME que se fondent actuellement les meilleurs espoirs. Mais le développement de l'aquaculture sur le continent africain nécessitera encore un certain temps. Comme l'écrivent LAZARD *et al.* (1991), « dans l'état actuel des choses, il ne faut pas craindre de bannir le mot pisciculture du vocabulaire de certaines régions où les contraintes à son implantation et à son développement rendent sa rentabilité à peu près inaccessible ». Certes, des progrès restent à faire sur le plan technique, mais plusieurs espèces d'origine africaine, telles que le *Tilapia* ou le *Clarias*, sont déjà produites en quantité en Asie. C'est probablement sur le plan social, culturel et économique qu'il faut rechercher en priorité les raisons du manque actuel d'ancrage et d'essor de cette activité.

Les espèces utilisées en pisciculture

La production aquacole de l'Afrique subsaharienne repose essentiellement sur deux groupes d'espèces autochtones : les tilapias (12 000 tonnes) et les poissons-chats (7 000 tonnes), et des espèces introduites dont les carpes (2 000 tonnes). Historiquement, ce sont les tilapias qui ont fait l'objet des premiers travaux d'expérimentation aquacole en Afrique, principalement au Zaïre et au Congo, en particulier du fait de leur reproduction aisée en captivité. Par la suite, différentes espèces ont été testées en vue de déterminer leurs potentialités aquacoles. Ainsi, au début des années soixante-dix, on a mis en évidence, en République centrafricaine, le fort potentiel aquacole du poisson-chat *Clarias gariepinus*, sur lequel d'importants travaux de recherche ont été menés. Puis, dans les années quatre-vingt, d'autres espèces d'intérêt aquacole ont été identifiées, notamment en Côte-d'Ivoire, sur la base de leur appréciation par les consommateurs et de leurs

LE TILAPIA, UN « POULET AQUATIQUE »

Surnommés poulets aquatiques, les tilapias ont des caractéristiques biologiques particulièrement intéressantes pour l'aquaculture : ils ont un bon taux de croissance, même avec une alimentation contenant peu de protéines ; ils tolèrent une large gamme de conditions environnementales (oxygénation, salinité

des eaux, etc.) ; ils se reproduisent facilement en captivité et sont peu sensibles aux manipulations ; ils sont très résistants aux maladies et infections parasitaires ; ils sont appréciés des consommateurs.

(voir planche couleur hors texte « L'aquaculture »)

performances zootechniques. Le cycle biologique de certaines d'entre elles est maintenant totalement maîtrisé, ce qui a permis l'amorce de leur production aquacole.

Les tilapias, qui regroupent les trois genres *Oreochromis*, *Sarotherodon* et *Tilapia*, sont incontestablement les poissons africains les plus populaires sur le plan aquacole.

Oreochromis niloticus fut l'un des premiers à être cultivé et reste l'espèce la plus commune (voir encadré « Le tilapia, un "poulet aquatique" »). Mais de nombreuses autres espèces ont également été utilisées : *O. aureus*, *O. macrochir*, *O. mossambicus*, *Tilapia rendalli*, *T. guineensis*, *Sarotherodon melanotheron*. Ce dernier, fréquent dans les milieux estuariens et lagunaires ouest-africains, apparaît plus particulièrement adapté à un élevage en eaux saumâtres.

Beaucoup de ces espèces sont maintenant répandues dans le monde entier, soit qu'elles aient été introduites dans des milieux naturels pour améliorer la pêche, soit qu'elles servent de base à la production aquacole (fig. 155). La production aquacole mondiale des tilapias a ainsi connu une augmentation considérable au cours des dix dernières années et est estimée à près de 500 000 tonnes en 1992, dont 95 % d'*Oreochromis* (statistiques FAO, 1994). Paradoxalement, la pisciculture africaine ne représente que 2 à 3 % de la production mondiale des tilapias, alors que ces espèces sont originaires d'Afrique, laquelle représente donc le réservoir génétique pour les élevages réalisés sur les autres continents. L'essentiel de la production mondiale provient actuellement d'Asie.

L'intérêt pour les poissons-chats est plus récent. Trois espèces sont actuellement bien étudiées pour la domestication : *Clarias gariepinus*, *Heterobranchus longifilis*, *Chrysichthys nigrodigitatus* (HECHT *et al.*, 1996 ; OTÉMÉ *et al.*, 1996) (voir encadré « *Heterobranchus longifilis* : une espèce qui a de l'avenir »). La reproduction contrôlée de ces espèces en captivité est maîtrisée, mais l'élevage larvaire reste la phase la plus contraignante des filières d'élevage. Le potentiel aquacole d'autres poissons-chats, tels que *Clarias isheriensis*, *Bathyclarias loweae*, *Heterobranchus isopterus* ou *H. bidorsalis*, a également fait l'objet d'une évaluation. *Clarias gariepinus* a été introduit en Asie dans les années soixante-dix. Cette espèce, cultivée en tant que telle ou utilisée comme l'un des parents en hybridation avec diverses espèces de *Clarias* asiatiques, contribue désormais de façon significative à la production aquacole des poissons-chats sur ce continent.

La domestication de nouvelles espèces autochtones africaines d'eau douce est envisagée. Il s'agit par exemple de *Gymnarchus niloticus*, *Parachanna obscura*, *Schilbe mandibularis*, *Labeo coubie* ou *Lates niloticus*.

Malgré l'abondance et la diversité des Cyprinidae dans les eaux continentales africaines, aucune espèce indigène n'a réellement été domestiquée jusqu'ici. Il y a

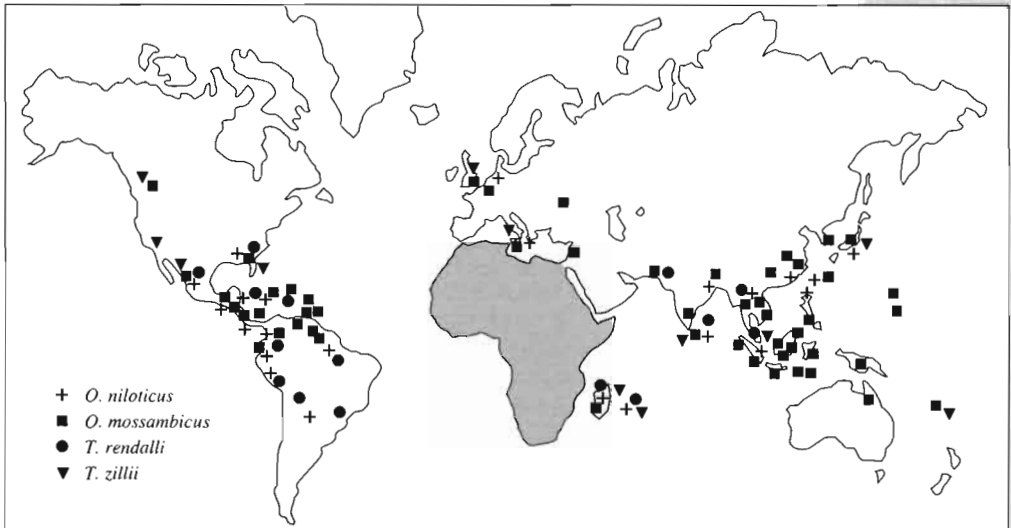


FIGURE 155

Répartition actuelle de quelques espèces de tilapias introduites à des fins aquacoles ou pour le développement de la pêche.

eu en revanche quelques tentatives pour introduire des Cyprinidae asiatiques comme la carpe commune (*Cyprinus carpio*), la carpe argentée (*Hypophthalmichthys molitrix*), la carpe marbrée (*Hypophthalmichthys nobilis*) et la carpe herbivore (*Ctenopharyngodon idella*). La carpe commune a ainsi été introduite en premier lieu à Madagascar puis disséminée dans une dizaine d'autres pays dont le Kenya, le Cameroun, le Malawi, la Côte-d'Ivoire et le Nigeria.

L'un des intérêts de la démarche d'identification d'espèces autochtones, visant à déterminer celles ayant un potentiel intéressant pour l'aquaculture, est de mettre en évidence des espèces négligées et mal connues révélant un potentiel aquacole supérieur à celui d'une espèce sœur ou d'un genre très voisin utilisé jusqu'alors (LEGENDRE, 1992 ; LAZARD et LEGENDRE, 1994). Tel est le cas par exemple de *Chrysichthys nigrodigitatus* par rapport à *C. maurus* ou celui de *Heterobranchus longifilis* par rapport à *Clarias gariepinus*. Cette démarche s'inscrit aussi dans un souci de diversification.

Récemment, des études ont été entreprises au niveau intraspécifique pour caractériser les populations naturelles d'espèces déjà identifiées pour leur intérêt en pisciculture et pour comparer les performances zootechniques des populations génétiquement bien différenciées. Des performances de croissance très supérieures ont ainsi été mises en évidence chez une population de *Sarotherodon melanotheron* originaire du Sénégal en comparaison avec la population de la lagune Ébrié en Côte-d'Ivoire (GILLES, 1995). Ce résultat ouvre des perspectives prometteuses pour l'élevage des tilapias dans les eaux saumâtres ouest-africaines, milieux dans lesquels *Oreochromis niloticus* s'adapte très mal.

La maîtrise de la reproduction

L'approvisionnement des élevages en alevins constitue encore un véritable goulet d'étranglement pour de nombreuses espèces d'intérêt aquacole qui ne se reproduisent pas spontanément en captivité. Dans la majorité des cas, le déve-

HETEROBRANCHUS LONGIFILIS : UNE ESPÈCE QUI A DE L'AVENIR

Certaines espèces de Siluriformes sont très intéressantes pour l'aquaculture en raison de leur robustesse et de leur croissance rapide. C'est le cas notamment pour *Heterobranchus longifilis*, présent dans une grande partie des bassins fluviaux de l'Afrique intertropicale, et dont les caractéristiques biologiques sont particulièrement favorables à une exploitation piscicole : capacité à supporter des conditions hypoxiques grâce à son organe de respiration aérienne, régime alimentaire omnivore, fécondité élevée et reproduction quasi continue, potentiel de croissance remarquable (10 grammes par jour). Les recherches ont permis de déterminer les besoins

et les comportements alimentaires (KERDCHUEN, 1992) et de préciser le cycle de reproduction en milieu d'élevage (LEGENBRE, 1992 ; NUÑEZ *et al.*, 1995). Les techniques d'induction hormonale et de fécondation artificielle sont bien contrôlées (LEGENBRE et OTÉMÉ, 1995), de même que les techniques d'élevage larvaire (KERDCHUEN et LEGENBRE, 1994 ; OTÉMÉ et GILLES, 1995). Les poissons ont atteint en moyenne 900 g en six mois, à partir d'un poids moyen de 25 g, lors d'essais de grossissement en étangs d'eau douce, ce qui laisse entrevoir des perspectives intéressantes pour la pisciculture africaine (OTÉMÉ, 1995).
(voir planche couleur « L'aquaculture »)

l'ovulation des gonades s'effectue normalement chez les poissons en élevage, mais la maturation finale des ovocytes, l'ovulation et la ponte ne se produisent pas. Cette situation indique que les mécanismes associés à l'ovulation et à la ponte sont sous la dépendance de stimuli exogènes, qui sont à la fois distincts de ceux impliqués dans la vitellogenèse et absents dans l'environnement habituel des élevages. C'est le cas par exemple chez tous les poissons-chats actuellement utilisés en pisciculture africaine.

La collecte de juvéniles en milieu naturel est une alternative qui peut permettre de surmonter cet obstacle. Cette méthode présente cependant de nombreux désavantages :

variabilité interannuelle des captures, risque de mélange de plusieurs espèces aux performances inégales, aucune possibilité d'amélioration génétique. Il est donc généralement souhaitable, sinon nécessaire, de s'affranchir des ressources naturelles et de maîtriser complètement la production d'alevins à partir des géniteurs captifs. Cela implique soit de fournir aux poissons les stimuli environnementaux nécessaires à l'ovulation, soit de la provoquer par le biais de traitements hormonaux.

Les tilapias se distinguent nettement de la plupart des autres poissons par leur capacité à se reproduire spontanément, précocement et à un rythme soutenu en captivité. Ce trait biologique a eu, du reste, des conséquences paradoxales : d'un côté, cette facilité d'obtention des alevins a favorisé le démarrage des élevages, mais, d'un autre côté, elle a aussi induit une limitation importante pour le développement de la pisciculture de ces espèces en étang du fait de la surpopulation et du nanisme en résultant. Le contrôle de la reproduction chez les tilapias a pour objectifs principaux, d'une part, d'empêcher la reproduction anarchique des poissons en phase de grossissement et, d'autre part, de parvenir à la synchronisation des pontes dans le contexte d'une production massive et organisée d'alevins de même âge.

INDUCTION DE LA MATURATION OVOCYTAIRE ET DE L'OVULATION ET OBTENTION DES ŒUFS

La reproduction est sous le contrôle de l'axe cerveau-hypophyse-gonade (LEGENBRE et JALABERT, 1988 ; GOOS et RICHTER, 1996). Chez les espèces qui effectuent leur maturation gonadique mais ne se reproduisent pas sponta-

nément en captivité, les hormones nécessaires à la gamétogenèse sont produites en quantités suffisantes. Cependant, la maturation finale des ovocytes, l'ovulation et la ponte ne se produisent pas, du fait de l'absence du pic de sécrétion de l'hormone gonadotrope ou gonadotropine (GTH), d'origine hypophysaire, dont elles dépendent. En aval, au niveau de la gonade, cette décharge de gonadotropine qui précède l'ovulation a pour effet de déclencher la synthèse d'un stéroïde inducteur de la maturation ovocytaire (17 α -hydroxy-20 β -dihydroprogestérone) par les cellules du follicule. En amont, la libération de la gonadotropine par l'hypophyse est sous le contrôle positif d'une hormone hypothalamique, le GnRH (*Gonadotropin Releasing Hormone*), et sous le contrôle négatif de la dopamine. Ces contrôles hypothalamiques sont eux-mêmes dépendants des facteurs de l'environnement *via* le système nerveux central.

En aquaculture, il est possible de provoquer la maturation ovocytaire et l'ovulation en intervenant aux différents niveaux de cet axe. Cela peut être fait en jouant sur les facteurs externes et en fournissant au poisson les stimuli nécessaires à la ponte (présence de substrat de ponte particulier, par exemple) ou par le biais de divers traitements hormonaux. Selon les espèces et les méthodes utilisées pour provoquer l'ovulation, les œufs sont obtenus soit par ponte naturelle, soit après collecte des gamètes par massage abdominal des géniteurs et fécondation artificielle.

Des méthodes d'induction de la ponte sans utilisation d'hormones ont notamment été développées chez *Chrysichthys nigrodigitatus* et chez *Clarias gariepinus*.

L'observation du comportement reproducteur en milieu naturel des *Chrysichthys* a permis de recréer en captivité les conditions favorables à leur reproduction, en fournissant aux poissons un substrat de ponte adéquat. Basée sur ce principe, la reproduction contrôlée de *C. nigrodigitatus* a été obtenue par « mariage forcé », en confinant des couples sexuellement matures durant deux à quatre semaines dans des réceptacles de ponte constitués par un tube en PVC. Dans ce système, un rôle des phéromones (substances chimiques émises par le partenaire) apparaît vraisemblable dans le déclenchement du comportement reproducteur. Après la ponte, les œufs sont collectés et placés dans des incubateurs en écloserie. Cette méthode, développée et appliquée à grande échelle en Côte-d'Ivoire, permet l'obtention de pontes chez plus de 80 % des femelles (HEM *et al.* 1994).

Chez *Clarias gariepinus*, qui se reproduit dans le milieu naturel en saison des pluies ou au moment de la montée des eaux, les pontes en captivité peuvent être provoquées par simulation de la crue, en plaçant des géniteurs sexuellement matures dans un étang nouvellement rempli après une période d'assèchement. Toutefois, contrairement aux tilapias qui effectuent une garde parentale de leurs œufs et alevins, *C. gariepinus* disperse ses œufs dans le milieu lors de la ponte. À l'éclosion, les larves, de petite taille (2 mg), sont soumises dans l'étang à une intense prédation par les batraciens et les insectes aquatiques, et au cannibalisme. De ce fait, le nombre d'alevins produits par cette méthode est généralement très faible.

Les techniques d'induction hormonale de la maturation ovocytaire et de l'ovulation suivies d'une fécondation artificielle sont souvent préférées car elles permettent un meilleur contrôle sur toutes les phases de la reproduction puis

de l'élevage des larves (LEGENDRE *et al.*, 1996). Elles autorisent en outre la conservation des gamètes et diverses manipulations génétiques, telles que l'hybridation interspécifique, la gynogenèse ou l'induction de la polyploïdie. Toutes ces techniques nécessitent cependant de disposer d'un personnel qualifié et d'écloseries bien équipées.

Les premières méthodes d'induction hormonale de l'ovulation étaient fondées sur une action gonadotrope directe au niveau des follicules, soit par injection d'extraits hypophysaires, soit par des préparations de GTH ou des injections de gonadotropine chorionique humaine (hCG). Chez *H. longifilis*, par exemple, l'induction de l'ovulation est facilement obtenue par une seule injection intramusculaire de hCG.

L'utilisation des hormones hypothalamiques en pisciculture est plus récente. Il s'agit des analogues du LH-RH mammalien (*Luteinising Hormone-Releasing Hormone*) ou du sGnRH (*salmon Gonadotropin Releasing Hormone*). Chez de nombreuses espèces dont *C. gariepinus*, l'injection de LH-RHa seul ne suffit cependant pas à provoquer la décharge ovulante de gonadotropine et il est nécessaire de lui associer d'autres substances, telles que le pPimozide ou le Domperidone, pour obtenir l'ovulation. En plus de l'action stimulante du LH-RHa, ces substances permettent de lever l'inhibition exercée par la dopamine sur la libération de la gonadotropine par l'hypophyse. Des solutions prêtes à injecter et contenant les deux types de produits en mélange sont maintenant disponibles dans le commerce, ce qui facilite grandement leur utilisation.

Enfin, la possibilité de provoquer l'ovulation par injection d'hormones stéroïdes a été démontrée expérimentalement chez *Clarias gariepinus*, mais reste peu utilisée dans la pratique.

CONTRÔLE DU CYCLE SEXUEL

Si certaines espèces comme les tilapias ou les Clariidae ont une activité sexuelle tout au long de l'année dans certaines régions, d'autres présentent une saison de reproduction limitée à quelques mois dans l'année. Dans cette dernière situation, il est utile d'étendre l'obtention des pontes en dehors de la saison de reproduction naturelle, de façon à pouvoir disposer d'un approvisionnement plus régulier en alevins. La gamétogenèse est sous le contrôle des facteurs de l'environnement ; en les modifiant artificiellement, il est possible d'influer sur le développement des gonades. Chez *Chrysichthys nigrodigitatus* en Côte-d'Ivoire, par exemple, les pontes débutent fin août et s'achèvent en décembre. On a cependant pu montrer que, lorsque les femelles en vitellogenèse sont placées en eau recyclée thermorégulée à 20 °C, le développement des gonades est fortement ralenti et la ponte peut ainsi être retardée de plus de trois mois. Cette dernière est alors obtenue en faisant remonter progressivement la température de 20 °C à 29 °C (température ambiante naturelle). Toutefois, le coût de fonctionnement du circuit de refroidissement reste encore peu compatible avec les exigences économiques de la production. Chez cette même espèce élevée en milieu lagunaire, on a par ailleurs mis en évidence que la gamétogenèse ne se déroule normalement que lorsque la salinité de l'eau reste inférieure à 3 g/l (HEM *et al.*, 1994).

Le contrôle du sexe

Dans la mesure où, chez les Cichlidae par exemple, le mâle a une meilleure croissance que les femelles, il y a intérêt à obtenir des populations monosexes mâles qui ont un meilleur taux de croissance. Cela présente en outre l'avantage d'éviter une reproduction non souhaitée. On a donc eu recours, dans un premier temps, à une sélection manuelle, d'après l'apparence de la papille urogénitale, mais cette technique n'est applicable qu'à des poissons de 20 à 50 grammes environ. En outre, les risques d'erreur ne sont pas négligeables. Une solution pour en limiter les conséquences est d'associer un poisson prédateur aux tilapias pour consommer les alevins éventuellement produits pendant la phase de grossissement. Cette combinaison des méthodes de sexage manuel et d'association tilapia-prédateur est considérée comme efficace et reste encore la plus utilisée dans le contexte de la pisciculture artisanale africaine, car la plus simple à mettre en œuvre (LAZARD, 1990 b).

On peut également envisager une inversion hormonale du sexe et la masculinisation d'une population d'alevins par l'incorporation d'un stéroïde synthétique (17 α -méthyltestostérone) dans la nourriture (BAROILLER et JALABERT, 1989). Cette méthode présente l'avantage de ne plus avoir à éliminer la moitié du stock de juvéniles constitué par les femelles, comme c'est le cas avec le sexage manuel. L'approche relativement empirique adoptée jusqu'ici a permis de déboucher rapidement sur des traitements masculinisants efficaces à 100 %, aujourd'hui appliqués à grande échelle en Asie. Mais il y a des interrogations sur le devenir des produits de dégradation de l'hormone masculinisante chez des animaux destinés à la consommation humaine, ainsi que sur leurs conséquences écologiques potentielles. Une solution possible réside dans l'utilisation d'hormones naturelles impliquées dans le processus de la différenciation sexuelle, comme la 11 β -hydroxy-androstenedione dont l'efficacité masculinisante a été démontrée chez *O. niloticus* (BAROILLER et TOGUYENI, 1996).

Des travaux sont également en cours sur la thermosensibilité du sexe chez les alevins de tilapias : lorsque ces alevins sont exposés à des températures au-dessus de 34 °C durant la période de différenciation sexuelle, au cours des 10-13 jours qui suivent la fécondation, il y a production d'une proportion élevée de mâles (BAROILLER *et al.*, 1996).

Des méthodes génétiques de contrôle du sexe — gynogenèse, androgenèse ou hybridation interspécifique — ont aussi été utilisées pour la production de lignées monosexes. L'hybridation est présentée plus loin. Le principe de la gynogenèse, dans laquelle seul le matériel génétique femelle participe au développement de l'embryon, est le suivant : la fécondation des ovules est réalisée avec des spermatozoïdes irradiés. Cela n'empêche pas le spermatozoïde de pénétrer dans l'ovule et de provoquer le développement de l'œuf, mais détruit son ADN, éliminant ainsi toute contribution génétique paternelle. L'état diploïde normal de l'embryon est ensuite restauré par des traitements chimiques ou des chocs physiques (température, pression) qui bloquent la première division cellulaire. Le principe de l'androgenèse est très voisin, mais dans ce cas c'est le matériel génétique femelle qui est détruit par irradiation des ovules. Les deux types de lignées, gynogénétique et androgénétique, ont été produits chez *Clarias gariepinus* à l'échelon expérimental (VOLCKAERT *et al.*, 1994 ; BONGERS *et al.*, 1995).

L'alimentation

Le régime alimentaire des tilapias est généralement omnivore à tendance microphage ou herbivore, alors que les *Clarias* et les *Heterobranchus* sont omnivores à tendance carnassière. Cette caractéristique des Clariidae a conduit à les utiliser parfois comme prédateurs associés dans les élevages de tilapias.

En milieu d'élevage, de nombreux travaux ont porté sur l'utilisation d'aliments bruts ou composé, constitués à partir de sous-produits agricoles et agro-industriels disponibles en zone tropicale (JAUNCEY et ROSS, 1982). Les données acquises sur les besoins nutritionnels des espèces africaines restent limitées et portent plus particulièrement sur les besoins en protéines et en énergie, et sur le rapport protéine/énergie optimale dans la ration. Pour les juvéniles de tilapias, le besoin en protéines dans l'aliment semble se situer aux alentours de 35 % de protéines brutes, quels que soient l'espèce et son comportement alimentaire dans le milieu naturel (LUQUET, 1990). Chez les Clariidae, les meilleures croissances sont obtenues avec des aliments contenant 35 à 50 % de protéines brutes. En tenant compte des rations auxquelles les aliments sont distribués, cela correspond à un besoin absolu de 15 à 20 g de protéines brutes par kilogramme de poisson et par jour, avec un rapport protéine/énergie de 20 à 30 mg de protéines par kilojoule d'énergie digestible (WILSON et MOREAU, 1996).

En plus de la composition des formules alimentaires, les modalités de distribution des aliments composés (ration alimentaire, fréquence et période de nourrissage, présentation de l'aliment) sont à prendre en considération car elles peuvent significativement influencer sur l'efficacité alimentaire et la croissance. Ainsi, chez *H. longifilis*, une même formule alimentaire est utilisée beaucoup plus efficacement par le poisson lorsqu'elle est distribuée sous forme de granulés plutôt que sous forme pulvérulente (KERDCHUEN, 1992). Chez cette même espèce, une amélioration très sensible de la croissance est obtenue lorsque les poissons sont nourris en continu plutôt qu'en repas fractionnés. Une distribution des aliments pendant la nuit conduit également à de meilleures performances que lorsque les poissons sont nourris durant le jour (KERDCHUEN et LEGENDRE, 1991). À l'inverse, le tilapia *O. niloticus* est une espèce diurne, chez laquelle la prise alimentaire s'effectue essentiellement pendant la phase d'éclaircissement (TOGUYENI, 1996).

Chez certaines espèces, les larves n'ont pas encore totalement achevé le développement de leur tractus digestif au moment de la première alimentation et ont des exigences comportementales et alimentaires particulières, bien différentes de celles des juvéniles ou des adultes. C'est notamment le cas de *Clarias gariepinus* et d'*Heterobranchus longifilis*. Pour ces poissons, de bons résultats de croissance et de survie sont obtenus en éclosion en nourrissant les larves avec des nauplii d'*Artemia* (petit crustacé) comme premier aliment. Mais des solutions plus autonomes sont à rechercher dans le contexte de nombreux pays africains où ces proies doivent être importées. Dans ce sens, l'utilisation de proies zooplanctoniques disponibles localement peut s'avérer satisfaisante, que celles-ci soient produites dans des élevages associés ou utilisées *in situ* dans les étangs de pisciculture. Pour être efficace, cette dernière méthode nécessite néanmoins de protéger les larves de leurs prédateurs dans des cages de petit maillage et demande une connaissance appro-

fondie et un bon contrôle de l'écosystème étang (LEGENDRE, 1992). Récemment, des progrès ont été faits dans l'identification d'aliments artificiels adaptés aux besoins nutritionnels spécifiques des larves. L'utilisation d'un aliment composé à base de levures et de foie de bœuf permet ainsi d'obtenir des taux de survie élevés chez *H. longifilis* (KERDCHUEN, 1992 ; KERDCHUEN et LEGENDRE, 1994). Mais la croissance reste toutefois inférieure à celle obtenue avec des *Artemia* ou du zooplancton, indiquant une couverture encore imparfaite des besoins.

Structures d'élevage et écosystèmes aquacoles

Il est d'usage de distinguer les systèmes d'élevage extensifs et les systèmes intensifs.

Les élevages extensifs se caractérisent schématiquement par une faible densité d'empoissonnement et une alimentation des poissons reposant essentiellement sur la production de la nourriture naturelle qu'ils peuvent trouver dans l'écosystème d'élevage. Ils sont souvent pratiqués sur de grandes étendues. La production en poissons y est faible, de l'ordre de 1 à 1,5 tonne par hectare et par an. Le coût de production du poisson est réduit.

Les élevages intensifs correspondent généralement à des mises en charge en poissons élevées, au recours systématique à une alimentation composée ou autres intrants, à un renouvellement de l'eau important dans la structure d'élevage. Du fait de l'utilisation d'intrants (fertilisants, aliments), et éventuellement d'énergie (pompage), le coût de production du poisson est élevé. La production en poissons atteint généralement 5 à 20 tonnes par hectare et par an.

Il est à noter qu'un même type d'écosystème aquacole peut être utilisé de façon plus ou moins extensive ou intensive, selon la densité d'empoissonnement choisie et la nécessité de recourir ou non à une alimentation composée plus ou moins élaborée et complète. Cela amène à la définition de systèmes de production de type intermédiaire que l'on peut qualifier de semi-intensifs.

Ces différents types de pisciculture ne sont pas exclusifs les uns des autres et le choix du système de production dépend *in fine* des espèces à cultiver et de l'environnement physique, socio-économique et humain prévalant localement.

Un grand nombre de structures ou d'écosystèmes aquacoles ont été employés en pisciculture africaine.

Les étangs, qui sont des bassins creusés dans le sol, alimentés en eau par gravité ou par pompage à partir d'un cours d'eau voisin, restent de loin la structure d'élevage la plus répandue sur le continent.

Les cages flottantes sont constituées par une structure flottante supportant une poche grillagée et immergée contenant les poissons (COCHE, 1982 ; PARREL *et al.*, 1986). Ces cages sont installées de préférence dans des plans d'eau profonds (au moins 2 m) à l'abri des vagues. Par rapport aux élevages en étang, les densités de stockage sont plus élevées. En outre, pour les *Oreochromis* et *Sarotherodon*, qui pratiquent l'incubation buccale, l'élevage en cage limite le problème de reproduction anarchique et de prolifération car les œufs sont perdus à travers les mailles du filet au moment de la ponte.

« ACADJAS »

Le terme « acadja » désigne une technique de pêche pratiquée dans les lagunes du Bénin et dans quelques autres lagunes d'Afrique de l'Ouest (PLIYA, 1980). Le principe est celui du récif artificiel, dans lequel on utilise des amas organisés de branchages immergés en zone peu profonde, qui servent de support au développement des épiphytes et des micro-organismes et accroissent la productivité naturelle. L'acadja fournit également des abris aux juvéniles de plusieurs espèces, notamment des Cichlidae lagunaires. On estime entre

30 et 40 tonnes la quantité de branchages nécessaire à la construction d'un hectare d'acadja (WELCOMME, 1972 b), et le renouvellement annuel est de 50 % car le bois est attaqué par les tarets. Il en résulte un impact non négligeable sur la végétation terrestre environnante. Dans les acadjas bien gérés, la production de la pêche peut atteindre entre 5 à 20 tonnes par hectare et par an. Près des trois quarts de la récolte sont constitués par le tilapia euryhalin *Sarotherodon melanotheron*.
(voir planche couleur
« L'aquaculture »)

Les *enclos* sont des parcs délimités par une nappe verticale de filet, enfoncée dans le sédiment et soutenue par des pieux (HEM, 1982). Les hauts fonds lagunaires sableux, dont la profondeur est d'un mètre environ, sont les sites les plus propices à l'installation de ce type de structure. En lagune Ébrié (Côte-d'Ivoire), les enclos sont plus particulièrement utilisés pour l'élevage des poissons-chats, *Chrysichthys* et *Heterobranchus*. S'ils peuvent aussi convenir à l'élevage d'*Oreochromis niloticus* ou de *Sarotherodon melanotheron*, ils se sont en revanche avérés totalement inadaptés à la cul-

ture de *Tilapia guineensis* en raison du comportement nidificateur de cette espèce (risque de perte des poissons par soulèvement du filet délimitant l'enclos ; difficulté de recapture, les nids servant de refuge aux poissons pendant les pêches).

La très productive pratique des *acadjas* (voir encadré « Acadjas »), telle qu'elle est réalisée dans les lagunes du Bénin (PLIYA, 1980), ne semble pas jusqu'ici avoir été introduite de manière suivie dans d'autres pays. Mais différents essais d'association du principe des acadjas et de celui des enclos (« acadjas-enclos ») ont été menés en Côte-d'Ivoire dans le but de réduire l'utilisation d'une alimentation artificielle dans les élevages de *S. melanotheron* (HEM et AVIT, 1994 ; HEM *et al.*, 1994). L'introduction d'amas organisés de branchages (*acadjas*) dans les enclos permet d'augmenter la productivité biologique naturelle, et donc la nourriture directement disponible pour les poissons. Une voie similaire consiste à utiliser des tiges de bambou fichées verticalement dans le sédiment, de manière à accroître la surface colonisable par les végétaux et les micro-organismes (voir encadré « Acadjas-enclos »). Le même principe peut également être appliqué dans les étangs.

La mise en eau de nombreux *petits barrages* à usage agricole dans l'ensemble de la zone sahélo-soudanienne, au cours des deux dernières décennies, a été l'occasion de pratiquer l'empoissonnement avec des espèces microphages telles que *O. niloticus* qui utilise une niche écologique vide. L'exploitation de ces retenues d'eau est assimilable à une forme très extensive de pisciculture en étang.

En définitive, comme le soulignent LAZARD et LEGENDRE (1994), les techniques extensives de production piscicole, qui demandent une véritable gestion d'écosystème, apparaissent comme celles requérant un niveau intensif de connaissances et posant le plus de problèmes de reproductibilité. À l'opposé, les techniques qualifiées d'intensives apparaissent comme les plus simples à

mettre en œuvre par les pisciculteurs, à condition de bénéficier d'un encadrement technique qualifié. Dans les deux cas, la technicité constitue la condition de base à une bonne mise en œuvre des différents modèles d'élevage.

Manipulations génétiques et aquaculture

En aquaculture, l'objectif est de produire au plus vite des poissons de taille commercialisable. Pour cela, on a essayé de sélectionner les souches les plus performantes et l'une des voies possibles est l'amélioration génétique, qui consiste à remplacer une population constituée de certains génotypes par d'autres génotypes ayant des performances supérieures en aquaculture. De tels programmes de sélection ont été menés avec succès pour des espèces tempérées comme la truite, mais sont encore préliminaires pour les espèces africaines. Cependant, un certain nombre de centres d'élevage des tilapias commencent à appliquer les principes de la génétique quantitative. Le programme GIFT (Genetic Improvement of Farmed Tilapia) de l'ICLARM, par exemple, consiste à collecter différentes souches de tilapias et à évaluer leurs caractéristiques de croissance dans des milieux différents.

On a également tenté de modifier artificiellement les performances des espèces en recherchant des caractéristiques intéressantes au travers de la production d'hybrides ou d'autres manipulations génétiques comme l'induction de la polyploïdie.

La polyploïdie se réfère à des individus comportant des jeux de chromosomes supplémentaires. Un individu possède normalement deux jeux de chromosomes dans ses cellules, il est diploïde. La triploïdie concerne les individus avec trois jeux de chromosomes et la tétraploïdie concerne les individus avec quatre jeux. Ces deux situations peuvent être obtenues chez les poissons en soumettant les œufs fécondés à des chocs thermiques ou à une pression élevée, ou encore à un traitement chimique. Les individus triploïdes sont stériles et, en théorie, l'énergie assimilée sous forme de nourriture, non utilisée pour la croissance des gonades et la reproduction, est alors disponible pour une croissance somatique accrue. De plus, les noyaux des cellules polyploïdes sont plus gros que ceux des cellules diploïdes et, chez certaines espèces, le volume cytoplasmique de la cellule augmente en proportion. Il en résulte, dans quelques cas, une taille des cellules plus grande et une augmentation globale de la taille corporelle. Chez *Clarias gariepinus*, des triploïdes ont été produits par application de chocs froids sur les œufs (HENKEN *et al.*, 1987). Aucune différence de croissance ou d'efficacité d'utilisation des aliments n'a été observée entre les *Clarias* diploïdes et triploïdes, mais chez ces derniers la quantité de chair restant après éviscération est sensiblement plus élevée.

Le croisement entre espèces voisines peut conduire à l'obtention d'individus hybrides présentant des caractéristiques intéressantes pour l'élevage : stéri-

ACADJAS-ENCLOS

L'acajja-enclos est une méthode d'élevage dérivée de la pêche traditionnelle en acajja, dans laquelle les branchages sont remplacés par des bambous piqués verticalement dans le sédiment lagunaire. L'empoissonnement avec le tilapia *Sarotherodon melanotheron* peut être naturel ou artificiel, et la production peut atteindre 3 à 8 tonnes par hectare et par an dans la lagune Ébrié, sans aucun apport d'aliment exogène (HEM et AVIT, 1994 ; HEM *et al.*, 1994).

(voir planche couleur « L'aquaculture »)

lité, lignées monosexes, croissance ou résistance aux maladies supérieure aux parents, combinaison de traits biologiques présents séparément chez les espèces parentales, entre autres. Les performances des hybrides sont toutefois peu prévisibles *a priori* et doivent être testées expérimentalement.

Chez les tilapias, on s'est ainsi aperçu que le croisement entre certaines espèces d'*Oreochromis* conduisait à la production d'hybrides à 100 % mâles (WOLFARTH et HULATA, 1981). Ces hybrides étaient intéressants car ils permettaient à la fois de disposer de tilapias mâles, dont la croissance est plus rapide que celle des femelles, et d'empêcher toute reproduction non désirée dans les élevages. Cependant, dans la pratique, il s'est avéré très difficile de maintenir cette production de pourcentages très élevés de mâles en hybridation, en particulier du fait d'une contamination des souches parentales de géniteurs par des descendants hybrides (phénomène d'introgession). À l'heure actuelle, l'utilisation de ces hybrides a cédé le pas à d'autres méthodes de contrôle du sexe plus faciles à mettre en œuvre et plus efficaces, telle l'inversion hormonale.

L'hybridation artificielle entre deux espèces de Clariidae, *Clarias gariepinus* et *Heterobranchus longifilis*, a été réalisée en Côte d'Ivoire (LEGENDRE *et al.*, 1992). Les deux espèces ont une morphologie proche mais diffèrent très nettement par l'existence d'une longue nageoire adipeuse chez *H. longifilis*, alors que *C. gariepinus* en est dépourvu. En outre, le caryotype est $2n = 56$ pour *C. gariepinus* et $2n = 52$ pour *H. longifilis* (TEUGELS *et al.*, 1992). Les individus hybrides présentent plusieurs caractéristiques morphologiques intermédiaires, en particulier une petite adipeuse et un caryotype également intermédiaire, $2n = 54$. Les hybrides sont parfaitement viables et leur survie est similaire à celle des parents. Ces hybrides ne sont pas entièrement stériles et un petit nombre d'alevins a pu être obtenu en seconde génération. Cependant, les individus avec des gonades fertiles produisent beaucoup moins de spermatozoïdes et d'ovocytes que leurs parents, et les gamètes sont de mauvaise qualité. Sur le plan de la croissance, les performances obtenues dans divers pays africains où cette hybridation a été tentée conduisent à des résultats contrastés (OTÉMÉ *et al.*, 1996). Dans certains cas, les hybrides montrent une croissance supérieure à celle des deux parents alors que, dans d'autres, leur croissance ne dépasse pas celle de la plus performante des deux espèces parentales, à savoir *Heterobranchus longifilis*.