ANNEXE D.
RÉFÉRENCES POUR LA CONCEPTION DES BASSINS, BÂTIMENTS ET INSTALLATIONS

Cette annexe présente les vérifications pratiques et les calculs qui sous-tendent les installations décrites au chapitre 6. Ses figures et valeurs d'exemple constituent des aides préliminaires à la planification, et non des plans d'exécution certifiés. Aucune valeur numérique ci-dessous ne doit être considérée comme un minimum réglementaire français, une préférence démontrée chez l'hippopotame ou une charge de calcul acceptable sans vérification indépendante pour les animaux et le terrain concernés.

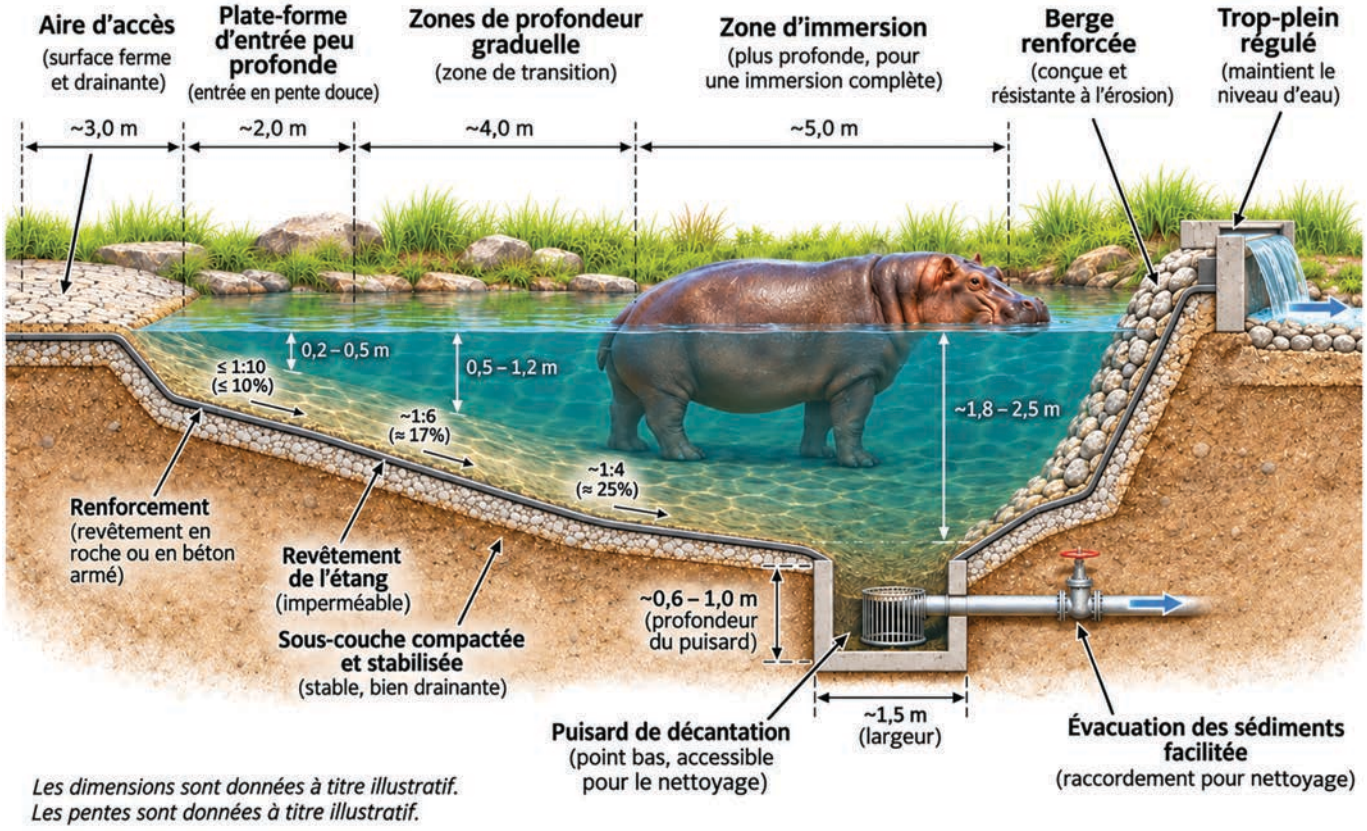
Deux catégories doivent rester distinctes. Les recommandations d'élevage documentées exigent un accès sûr à une eau adaptée à l'espèce, la possibilité d'échapper à la promiscuité, des séparations fiables, des sols antidérapants, une aire de repos sèche appropriée, un drainage entretenable et une protection contre les températures extrêmes. Les dimensions, températures, débits et charges donnés en exemple sont des hypothèses d'ingénierie choisies pour exposer une méthode ; ils ne constituent pas des standards biologiques. L'éleveur doit consigner les mesures réelles des animaux, les effectifs présents, les sols, les ressources en eau, le climat hivernal et les conditions des autorisations avant tout dimensionnement des ouvrages.

Cette annexe peut être téléchargée à l'adresse suivante :

https://greybarnfarm.com/publishing/laiterie-hippo

D.1. Profil du bassin, pentes et volume utilisable

Élément à déterminer	Référence ou méthode préliminaire
Accès et profondeur	Prévoir un palier stable, une marge peu profonde, une zone intermédiaire et une immersion plus complète ; offrir plusieurs sorties utilisables lorsque le groupe et le site le permettent. Pas de rupture brusque de pente près d'un itinéraire habituel.
Profondeurs illustratives	Pour le dessin seulement : 0,3 à 0,5 m en bordure ; 0,8 à 1,2 m en zone de transition ; 1,5 à 2,0 m en section plus profonde. Ce ne sont ni des normes recommandées ni des profondeurs adaptées à tous les petits ou adultes.
Pente d'entrée illustrative	Une pente de 1:12 représente 1 m de dénivelé vertical pour 12 m de distance horizontale (8,3 %). Une pente de 1:20 correspond à 5 %. Aucune n'est un maximum validé pour l'espèce ; l'adhérence sur sol mouillé et les déplacements des animaux sont déterminants.
Substrat et berges	Évaluer la portance, l'érosion, l'adhérence sur sol mouillé, les infiltrations, les réseaux enterrés, l'accès pour le nettoyage et les transitions d'entrée renforcées. Rendre les dispositifs d'enlèvement des sédiments inaccessibles aux animaux présents.



Coupe conceptuelle cotée d'un bassin montrant une approche stable, une entrée peu profonde, des zones de profondeur progressive, une aire d'immersion, une berge renforcée, un trop-plein contrôlé et un puisard à sédiments accessible. Toutes les dimensions et pentes indiquées sont données à titre d'exemple.

Pour une différence de niveau de 0,75 m, une rampe théorique de pente 1:12 occupe 0,75 × 12 = 9,0 m à l'horizontale, hors paliers et transitions. Une rampe courte dessinée à côté d'un bassin profond peut donc être irréalisable avec la pente supposée. La conception doit permettre les demi-tours, prévoir une seconde sortie lorsque cela est possible et assurer l'exclusion des animaux pendant la vidange ou l'enlèvement des

sédiments.

Une première estimation du volume d'eau peut s'écrire $V \approx A \times d$, où A représente la surface en plan de l'eau (m^2) et d la profondeur moyenne estimée (m). Pour un bassin illustratif de 16 m × 10 m et de 1,10 m de profondeur moyenne, $V \approx 160 \times 1{,}10 = 176\ m^3$. Cela ne détermine pas la capacité d'accueil d'un nombre quelconque d'hippopotames. Des courbes de niveau relevées ou un modèle tridimensionnel du bassin sont nécessaires à une estimation de construction ; le volume au niveau de fonctionnement et le volume pendant le nettoyage doivent être calculés séparément.

D.2. Alimentation en eau, drainage et sédiments

L'eau douce destinée à l'abreuvement et à l'hygiène laitière, l'appoint des bassins, l'eau de bassin recirculée, les eaux de lavage contaminées, les boues et les eaux de ruissellement propres des toitures constituent des flux distincts. L'eau d'un bassin ne saurait servir d'alimentation sanitaire aux équipements en contact avec le lait. Des réseaux séparés, des disconnexions ou d'autres protections antiretour agréées, des vannes d'isolement, des points de prélèvement et des plans lisibles des réseaux comptent davantage que la couleur d'une conduite sur un croquis.

Calcul / contrôle	Méthode de calcul et conséquences pour la conception
Remplissage après nettoyage	Un bassin de 176 m^3 rempli en 12 h exige 176 ÷ 12 = 14,7 m^3/h (environ 4,1 L/s) au point d'alimentation ; ajouter les pertes réelles, les pertes de charge et les restrictions d'approvisionnement avant de choisir une pompe.
Exemple d'évaporation	Avec une hypothèse de 3 mm/jour sur 160 m^2, la perte est de 0,003 × 160 = 0,48 m^3/jour. Ce calcul exclut les infiltrations, éclaboussures, nettoyages, débordements et variations saisonnières réelles.
Pentes de drainage	Indiquer la pente de chaque local humide et cour de service vers un point de collecte accessible. Vérifier par nivellement qu'une barrière fermée ou un parc isolé ne détourne pas les eaux sales vers une aire de repos sèche.
Traitement et rejet	Prévoir un dégrillage grossier, une décantation des sédiments, un traitement facultatif de l'eau recirculée, un isolement hors ligne, l'enlèvement des boues, un trop-plein contrôlé et une élimination des eaux usées légalement autorisée.

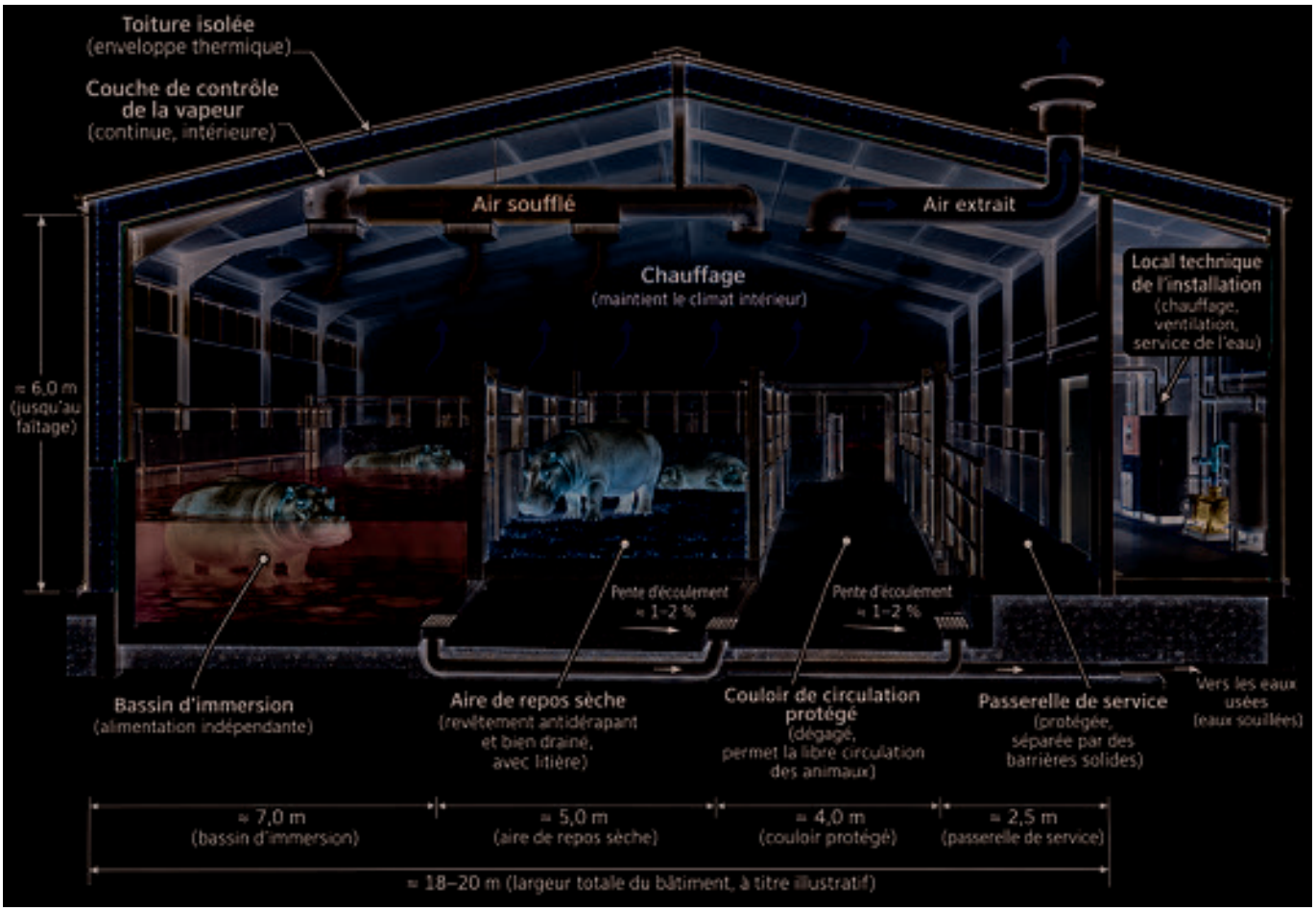
Un débit de recirculation hypothétique de 4 m^3/h permettrait de renouveler théoriquement 176 m^3 en 44 h (176 ÷ 4), mais ce seul taux de renouvellement ne renseigne aucunement sur la maîtrise des solides, de la charge bactérienne et de la qualité de l'eau. La protection de l'aspiration, la capacité de dégrillage, la rétention des matières en suspension, le contre-lavage des filtres, la hauteur manométrique et l'élimination sûre des matières retirées gouvernent le choix du traitement. Les eaux propres des toitures peuvent souvent être séparées des eaux de lavage des animaux, tandis que les eaux provenant des cours occupées doivent être considérées comme potentiellement contaminées. Les volumes de rétention des pluies et les voies de débordement nécessitent un calcul propre au site, fondé sur les précipitations et le bassin versant.

L'ingénieur doit établir le bilan hydrique en période de sécheresse comme en usage courant : prélèvements autorisés, besoins de remplissage, stockage, précipitations, évaporation, infiltration et fréquence des nettoyages. Une ressource d'eau d'urgence doit réellement pouvoir être acheminée par la route et

raccordée aux installations disponibles, et non simplement figurer sur le plan. Selon les procédures françaises de la « loi sur l'eau », un bassin, un prélèvement, un rejet ou une modification de zone humide peut relever d'une ou plusieurs catégories IOTA ; l'autorité locale doit déterminer les exigences applicables à l'ensemble du projet.

D.3. Bâtiments d'hivernage et espaces de circulation

Un bâtiment d'hivernage doit disposer d'aires distinctes d'immersion intérieure et de repos au sec, d'une zone protégée réservée au personnel et aux services, de portes et barrières sûres restant verrouillées en cas de coupure d'alimentation et d'un enclos de remplacement lorsqu'un bassin ou un parc est indisponible. Évitez les impasses sans visibilité et les trajets imposant de traverser un autre groupe d'animaux. La largeur libre des portes et passages doit être vérifiée en fonction de l'animal le plus grand prévu en déplacement normal, en ajoutant les dégagements, équipements et espaces de giration déterminés par le concepteur.



Coupe conceptuelle d'un bâtiment d'hivernage montrant une enveloppe isolée avec maîtrise de la vapeur d'eau, des bassins d'immersion alimentés indépendamment, des aires de repos sèches, une circulation protégée pour les soigneurs, des évacuations en pente, une ventilation par insufflation et extraction et un local technique accessible en toute sécurité. Les dimensions et flèches de chauffage sont illustratives.

Système	Éléments à démontrer dans le dossier de conception
Confinement et accès	Largeur et hauteur des animaux mesurées ; assemblages et fondations robustes ; commandes de barrières protégées ; positions sûres d'arrêt et de verrouillage ; entretien accessible depuis l'extérieur des espaces occupés.
Zones sèches et humides	Aucun débordement du bassin vers la litière ; surfaces antidérapantes mais non abrasives ; drainage sans danger pour les pieds à quatre doigts ; grilles couvertes et dimensionnées pour les charges ; espace permettant de se coucher et se relever sans obstacle.
Enveloppe climatique	Isolation de l'enveloppe, maîtrise de la condensation, résistance à la corrosion, étanchéité à l'air, distribution d'air neuf, emplacement de l'extraction et commandes distinctes pour les petits vulnérables ou les animaux en convalescence.
Services et isolement	Locaux techniques et électriques hors de portée des animaux ; bassins pouvant être isolés ; drainage d'isolement indépendant ou séparé de façon sûre ; réparations accessibles sans entrer dans les parcs occupés.

Pour une ouverture de couloir, une première vérification utile est : largeur libre = largeur corporelle mesurée + dégagement latéral nécessaire. Par exemple, une largeur corporelle hypothétique de 1,7 m à laquelle s'ajoutent 0,4 m de chaque côté donne 2,5 m ; ni cette largeur supposée de l'animal ni cette marge ne constituent des valeurs de conception normalisées. Le dégagement réel doit tenir compte du mouvement des épaules et de la tête, de la position du petit, des demi-tours, des vantaux et des déplacements d'urgence sans exposer un soigneur. La conception d'un passage repose sur une succession d'espaces pour tourner, observer, arrêter et séparer, et non sur une seule largeur d'ouverture.

D.4. Calculs de chauffage, de ventilation et d'humidité

La perte thermique préliminaire à travers l'enveloppe est $Q_e = \Sigma(U \times A \times \Delta T)$, exprimée en watts, où U désigne le coefficient de transmission thermique ($W/m^2 \cdot K$), A la surface (m^2) et ΔT l'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur (K). À titre de simple calcul, une enveloppe totale de 620 m^2, avec U = 0,45 et un écart de 23 K, donne environ 6,4 kW. Les portes, ponts thermiques, contacts avec le sol, chauffage de l'eau et occupations intermittentes ne sont pas pris en compte.

Pour le chauffage de l'air neuf, une première estimation utile est $Q_v \approx 0{,}33 \times q \times \Delta T$ watts, avec un débit d'air q en m^3/h. Pour q = 1 500 m^3/h et ΔT = 23 K supposés, $Q_v \approx 11{,}4$ kW avant récupération de chaleur. Ces conditions de fonctionnement supposées ne constituent ni une température ambiante recommandée ni un taux de renouvellement d'air propre à l'hippopotame. Le débit d'air doit plutôt être déterminé d'après la production d'humidité, la qualité de l'air, l'occupation, la maîtrise de l'ammoniac et des odeurs, et la nécessité d'éviter les courants d'air froids.

L'eau intérieure ajoute une charge latente distincte. À titre d'ordre de grandeur, l'évaporation de 10 kg d'eau par heure représente environ 6,8 kW de charge latente, pour une enthalpie de vaporisation d'environ 2,45 MJ/kg ; ce débit est un exemple, non une prévision pour un bassin à hippopotames. La surface de l'eau, l'activité, sa température, le point de rosée de l'air, les mouvements d'air et les éclaboussures déterminent l'évaporation réelle. Les spécialistes du chauffage, de la ventilation, de la climatisation et de l'enveloppe doivent calculer ensemble cette charge ; les méthodes de conception des piscines intérieures

fournissent un cadre, mais non des consignes propres à l'animal.

D.5. Équipements de secours et hébergement d'urgence

Distinguez les charges électriques essentielles de la puissance thermique. Un exemple comprenant des pompes à eau de 8 kW, une ventilation de 5 kW, des équipements de chauffage critiques alimentés électriquement de 6 kW et des alarmes et éclairages de 1 kW totalise une puissance de fonctionnement de 20 kW. Une marge illustrative de 30 % porte cette valeur à 26 kW, mais le dimensionnement du groupe électrogène exige aussi de tenir compte des courants de démarrage, de la séquence des moteurs, du facteur de puissance, du combustible disponible, des dispositifs de transfert et de tout chauffage électrique effectivement en service. Il ne faut pas choisir la puissance nominale du groupe sur cette seule somme.

La vérification des installations d'urgence est matérielle : un parc ou bassin de remplacement sûr, un trajet protégé pour y accéder, un drainage fonctionnel, une alimentation en eau, de la chaleur, un accès vétérinaire et la possibilité de tenir séparés les animaux incompatibles. Consignez les barrières qui se ferment ou restent fermées lors d'une coupure de courant, les pompes pouvant être contournées, l'autonomie sur batterie des alarmes et commandes et le nombre d'heures pendant lesquelles les réserves vérifiées de combustible et d'eau peuvent alimenter les équipements essentiels. Un plan de secours sans espace réellement utilisable pour les animaux n'est pas un plan de secours.

D.6. Remise du projet et fondements documentaires

Avant la construction ou la réception, conservez les plans cotés conformes à l'exécution, les niveaux de drainage relevés, les études géotechniques et de stabilité des berges, les schémas de circulation des animaux et des services, les droits d'approvisionnement en eau, les autorisations de rejet, les calculs certifiés des barrières et portes, les dossiers de sécurité électrique et d'essai du groupe électrogène, les calculs de ventilation et de déperdition thermique, ainsi que les procédures d'entretien et d'isolement. Réexaminez les hypothèses lorsque les groupes, les animaux, la ressource en eau ou l'organisation de l'hivernage changent.

Fondements techniques (et non textes réglementaires français propres aux hippopotames laitiers) : Global Federation of Animal Sanctuaries, Standards for Rhinoceros, Hippopotamus and Tapir Sanctuaries (2019), notamment les dispositions sur l'hébergement, les bassins, le confinement et les températures ; ASHRAE Handbook—HVAC Applications, « Indoor Swimming Pools » (2023), pour les méthodes de calcul de l'humidité et de l'évaporation ; et la nomenclature française IOTA de la « loi sur l'eau », notamment la rubrique 3.2.3.0, sous réserve de l'interprétation locale en vigueur. Les calculs et exemples chiffrés de cette annexe sont expressément provisoires.