

ROB : séance du 11/02/2025

Problème de sélection d'individus d'une espèce animale en voie d'extinction en vue de leur transfert dans des programmes d'élevage en captivité

1 Introduction

L'effet combiné de la croissance de la population humaine, de la diminution des habitats naturels et des changements climatiques a entraîné une baisse de la diversité et de la vitalité des espèces. L'Union internationale pour la conservation de la nature (International Union for Conservation of Nature (IUCN)) prévoit qu'un vertébré terrestre sur quatre est actuellement menacé d'extinction.

Pour les espèces gravement menacées, la protection fournie par les zoos peut être nécessaire pour assurer leur survie à long terme. C'est ainsi que ces derniers ont adopté un rôle plus actif dans la conservation des espèces menacées. Par conséquent, lorsqu'ils sélectionnent des individus à transférer dans des populations nouvelles ou existantes, les responsables de zoos doivent tenir compte des effets génétiques sur toutes les populations concernées. La préservation de la biodiversité dépend fortement de la préservation de la diversité génétique. Une perte de diversité génétique dans une population est généralement corrélée à une réduction rapide de l'aptitude à la reproduction. C'est pourquoi, lors de la création d'une nouvelle sous-population sauvage ou zoologique, une planification intensive et minutieuse est nécessaire pour s'assurer que toutes les populations sous le contrôle des responsables du zoo restent aussi peu modifiées génétiquement que possible. C'est un défi car l'ajout et le retrait d'individus modifient la composition génétique de la population. En outre, il est généralement nécessaire de prendre en compte d'autres aspects de la gestion, tels que les considérations logistiques et biologiques liées au transfert d'individus entre sous-populations, par exemple les frais de transport, les contraintes d'espace et la répartition par âge du groupe transféré. Une planification efficace est nécessaire pour garantir que le groupe d'individus sélectionnés pour le transfert bénéficie au mieux de la viabilité génétique de toutes les sous-populations tout en satisfaisant à ces contraintes.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre problème de sélection d'individus d'une espèce animale en voie d'extinction en vue de leur transfert dans des programmes d'élevage en captivité dans un nouveau zoo ou site sauvage. Notre objectif sera de déterminer un programme mathématique pour identifier un groupe d'individus à transférer qui maximise la diversité génétique au sein de deux sous-populations. L'application numérique traitera du cas spécifique du condor de Californie.

2 Données et contraintes du problème

La mesure de la diversité génétique s'appuie sur des informations recueillies à partir d'un pédigrée complet de l'espèce menacée. Une estimation courante de la diversité génétique est le lien de parenté moyen.

Pour N individus d'une population, le lien de parenté moyen, noté \bar{M} , est calculé comme suit.

$$\bar{M} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N k_{ij}}{N^2}$$

avec k_{ij} , le coefficient de parenté représentant la probabilité d'obtenir deux allèles identiques lors du tirage aléatoire d'un allèle à un même locus chez 2 individus i et j . Par exemple, k_{ij} est égal à 0 entre deux individus n'ayant aucun ancêtre commun, à 0.25 entre un individu et un de ses parents (non apparenté au second parent et non consanguin), à 0.5 entre deux individus d'un même clone non consanguin et à 1 entre deux individus de la même lignée pure. Par ailleurs, l'auto-parenté k_{ii} d'un individu i varie de 0.5 à 1 selon son degré de consanguinité. La population de base à laquelle les résultats font référence est composée des fondateurs du pédigrée, c'est-à-dire des individus pour lesquels aucun parent n'est connu, et qui sont alors supposés non apparentés entre eux et non consanguins.

Considérons un groupe de N individus à pédigrée (que nous appellerons la population source). Ces individus peuvent se trouver dans divers lieux, zoos ou sites sauvages). Notre objectif est de retirer $d \leq N$ de la population source pour créer une nouvelle population zoologique ou sauvage (la population de transfert) de manière à minimiser la somme des liens de parenté moyens entre la population source (privée des d individus) et la population de transfert.

3 Travail demandé

Question 1 : Définir les variables de décision et modéliser ce problème sous la forme d'un programme quadratique en variables 0-1.

Question 2 : Linéariser l'objectif du modèle trouvé à la Question 1 pour obtenir un PL0-1.

Question 3 : Dans cette question, l'objectif est de résoudre des instances liées à la sauvegarde du condor de Californie.



Le condor de Californie est l'une des espèces d'oiseaux les plus rares au monde. Grâce à un effort de conservation sans précédent, comprenant des programmes complets d'élevage en captivité et de réintroduction, cette espèce est en voie de rétablissement.

Dans le dossier Instances_ROB6, vous trouverez 14 fichiers .dat chacun donnant la valeur de N et une matrice k des coefficients de parenté par paire et d'auto-parenté. N varie de 10 à 140. Pour les petites instances ($N \leq 70$), tester différentes valeurs de d allant de 10% à 50% de N . Pour les autres, fixer d à 50% de N .

Présenter les résultats dans un tableau en reportant pour chaque jeu de données, le temps de calcul, le nombre de noeuds développés dans l'arbre de recherche, la valeur de l'objectif.