

Les tables d'histoire de vie

Marc Girondot

marc.girondot@universite-paris-saclay.fr



1

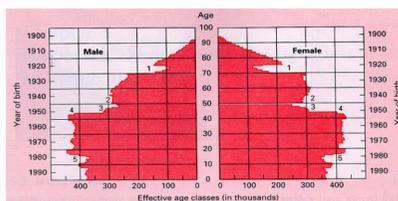
Traits d'histoire de vie

- La théorie des histoires de vie est une branche de la biologie évolutive. Elle analyse ce qui cause les différences de valeur adaptative (« fitness ») entre les différents génotypes et phénotypes retrouvés dans la nature.
- Les traits d'histoire de vie principaux sont : la taille à la naissance, le patron de croissance, l'âge à maturité, la progéniture (nombre de jeunes, taille et sex-ratio), les investissements reproducteurs âge et taille-dépendants, la mortalité âge et taille-dépendante et la durée de vie.

2

Pyramide des âges

Population en France au 1 janvier 1992

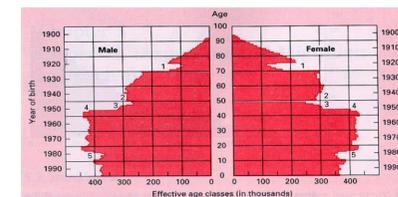


Une cohorte est l'ensemble des individus nés dans un même intervalle de temps.
L'intervalle choisi dépend de l'espèce et de l'objectif de l'étude.

3

Suivi d'une cohorte

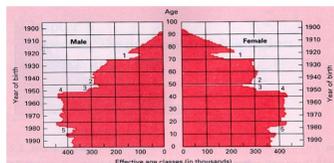
- Sur l'axe x, on a l'effectif des différentes cohortes.
- Le terme pyramide vient de l'observation générale de la forme qui est due au fait qu'en moyenne, une cohorte de niveau supérieur est en nombre plus faible que la cohorte inférieure.



4

Passer d'une cohorte à l'autre

- Le passage d'une cohorte à l'autre s'effectue en prenant en compte la mortalité.

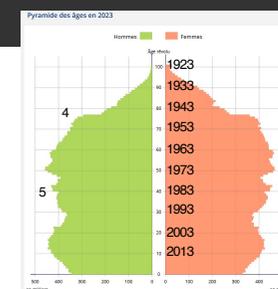
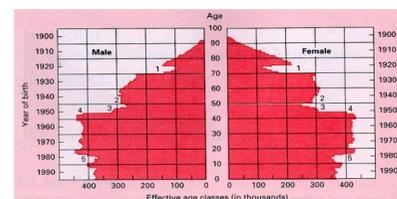


- L'effectif d'une cohorte dépend de son effectif à la naissance et des événements de mortalité durant chaque période de temps (année ici).

5

Pyramide des âges

Population en France

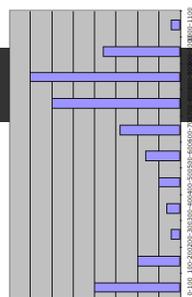


La comparaison dans le temps permet d'avoir accès aux événements de décès dépendant de l'âge ainsi qu'aux phénomènes d'immigration et d'émigration.

6

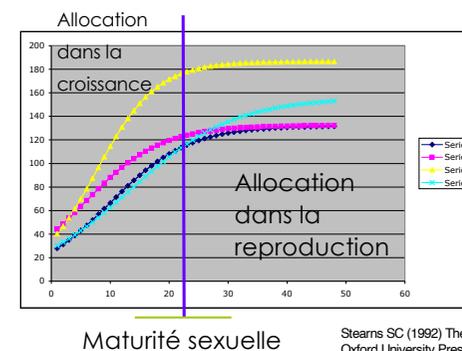
Pyramide des tailles

- On peut faire un graphique semblable avec les tailles.
- Si la taille est un bon indicateur de l'âge (croissance continue au cours de la vie) alors ce graphique amène une information concordante à celle obtenue avec une pyramide d'âge.
- Si la taille n'est pas un bon indicateur de l'âge, alors la distribution des tailles des individus au sein d'une population n'amène que peu d'information sur la structure en âge de la population.



7

Modèle de croissance des individus



Stearns SC (1992) The evolution of life histories. Oxford University Press, New York

8

Comment modéliser la croissance des organismes ?

- La croissance d'un organisme peut être vue comme la croissance du nombre de cellules dans un milieu avec des ressources limitées.
 - C'est exactement la formulation du modèle de Verhulst que l'on a vu en dynamique des populations.
- En conséquence, le modèle de Verhulst est une des alternatives possibles pour modéliser la croissance des individus.



Verhulst P.F. 1838. Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement. Correspondance Mathématique et Physique 10:113-121.

$$masse = \frac{a}{1 + e^{-rt}}$$

9

Différentes équations



■ Bertalanffy, L. von 1938. A quantitative theory of organic growth. Hum. Biol., 10 (2): 181-213.

$$y = A[1 - B \exp(-kt)]^{(1/(1-m))}$$



■ Gompertz B. 1825. On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies. y = a exp (- C exp(-kt)) Philos Trans R Soc Lond [Biol] 115:513-585.

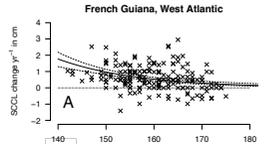
10

Limites

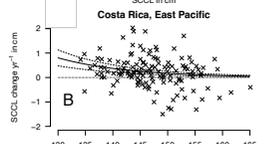
- Toutes ces équations représentent une croissance déterminée, c'est-à-dire qu'il y a une asymptote.
- La généralité de ce type de modèle est très fortement remise en cause.



French Guiana, West Atlantic

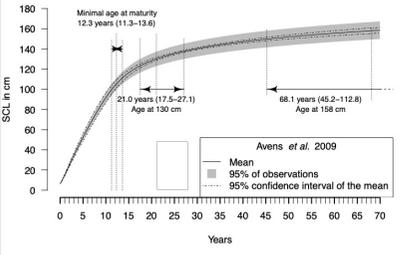


Costa Rica, East Pacific



11

Nouveau modèle



Minimal age at maturity: 12.3 years (11.3-13.6)

21.0 years (17.5-27.1) Age at 130 cm

68.1 years (46.2-112.8) Age at 158 cm

Avens et al. 2009

- Mean
- 95% of observations
- 95% confidence interval of the mean

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = \alpha h \ln\left(\frac{K}{x}\right) x & \leftarrow \text{Gompertz} \\ \frac{dK}{dt} = \beta h \left(\frac{1}{1+e^{(1/S)(M-x)}}\right) & \leftarrow \text{Linéaire} \end{cases}$$

↑ Asymptote
↑ Âge de transition

↑ Qualité habitat

Chevallier D, Mourrain B, Girondot M (2021) Modelling leatherback biphasic indeterminate growth using a modified Gompertz equation. Ecological Modelling. 109037

12

Maturité sexuelle

- La maturité sexuelle est une caractéristique définie à l'échelle de l'individu;
- La zone d'infléchissement de la croissance correspond à une caractéristique de la population.
- La relation entre maturité sexuelle des individus et la maturité sexuelle à l'échelle de la population est complexe et pas clairement définie.

13

Comment construire une pyramide des âges

- Connaître l'âge des individus

14

Marquage des individus

- Le suivi des individus se fait par une technique qui s'appelle Capture-Marquage-Recapture.



15

Photoidentification

- Queue de cachalot *Physeter macrocephalus* ou de rorquals



- L'automatisation de la comparaison est un frein au développement de cette technique

16

Photoidentification

- Tête de tortue luth *Dermochelys coriacea*
 - McDonald, D. L. & Dutton, P. H. 1996. Use of PIT tags and photoidentification to revise remigration estimates of leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*) nesting in St. Croix, U.S. Virgin Islands, 1979-1985. *Chelonian Conservation and Biology*, 2, 148-152.

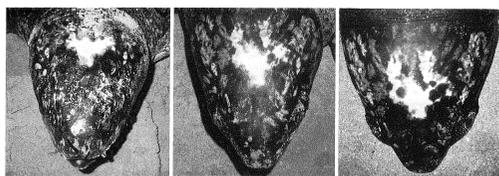
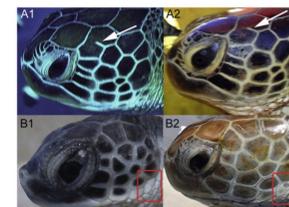


Figure 2. Pink spot photographs taken in the 1986, (center) 1990, and (right) 1992 of turtle # VII131. Unlike most pink spots, this one did change considerably from year to year. However, in spite of the increasing black pigmentation within the pink spot, and the difference in angle between photographs, the general outline remained recognizable. Identification was also facilitated by other markings on the head.

17

Photoidentification (2)

- CARPENTIER A. S., C. JEAN, M. BARRET, A. CHASSAGNEUX AND S. CICCIONE 2016. Stability of facial scale patterns on green sea turtles *Chelonia mydas* over time: A validation for the use of a photo-identification method. — *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 476: 15-21.



Special cases in the evolution of green sea turtle facial scale patterns over time. Photographs represent a free-ranging individual (series A) and a captive-reared individual (series B) with time intervals of 1310d and 1034d, respectively. Series A shows an example of an unchanged incomplete edge over time (indicated by the white arrows). Series B illustrates an example of two scales merging into one throughout development (indicated by the red squares).

18

Blessures caractéristiques

- Traces de combats chez le dauphin de Risso *Grampus griseus*

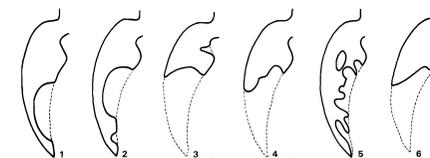


19

Blessures caractéristiques

- Fretey, J. 1992. A technique for identifying adult female leatherback turtles by their injuries. In: *Proceedings of the first international congress of chelonian pathology* (Ed. by Tortues, S. V. d.), pp. 43-56. Gonfaron, Var, France

- Nombreux faux positifs ou négatifs



20

Amputation des phalanges

- Classique chez les lézards, par exemple:

- Tsellarius, A. Y. & Tsellarius, E. Y. 2009. Longevity and factors of mortality in the rock lizard *Darevskia braueri* (reptilia, sauria) based on long-term observations in the navagir ridge. *Zoologičeskij žurnal*, 88, 1276-1280.

- Chez les lézards, il est connu que les doigts coupés ne régénèrent pas et cela permet d'obtenir un code permanent.



21

Effet de l'amputation des phalanges

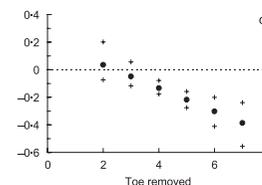


Fig. 2. Predicted change in return rate for each toe removed, allowing for linear changes in the effect of toe clipping with each toe removed (equation 3, model B): (a) Clarke (1972); (b) Lemckert (1996); (c) Williamson & Bull (1996); (d) Lüddecke & Amézquita (1999). Circles are the means of the posterior distribution and the crosses represent the limits of the 95% credibility intervals. Negative values represent an adverse effect of toe clipping.

- Mccarthy, M. A. & Parris, K. M. 2004. Clarifying the effect of toe clipping on frogs with Bayesian statistics. *Journal of Applied Ecology*, 41, 780-786.

22

Effet de l'amputation des phalanges

- Mccarthy, M. A. & Parris, K. M. 2004. Clarifying the effect of toe clipping on frogs with Bayesian statistics. *Journal of Applied Ecology*, 41, 780-786.

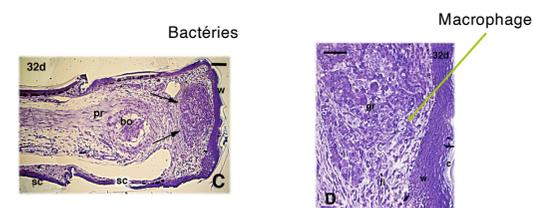
- « Nous avons constaté que l'effet de la coupure de doigts sur le taux de retour des amphibiens augmentait avec le nombre de doigts enlevés.

- Notre étude a des implications importantes pour le traitement éthique des animaux. »

23

Est-ce logique ?

- Alibardi L (2019) Microscopic observations on amputated and scarring lizard digits show an intense inflammatory reaction. *Zoology (Jena)* 139: 125737



Histologie des excroissances à 32 jours post-amputation.

24

Capture-Marquage-Recapture

Les modèles de Capture-Marquage-Recapture ne permettent pas d'avoir accès à l'âge absolu des individus, mais seulement leur âge relatif par rapport à la première capture.

Même dans le cas de saturation de marquage, on ne peut jamais exclure une immigration ou un animal non encore capturé.

25

skléros : dur
khronos : temps
logos : étude

Accès à l'âge absolu La sclérochronologie

L'âge depuis la naissance

26

Croissance chez les arbres

Flux de sève brute : circule dans les vaisseaux du bois, xylème
Flux de sève élaborée : Elle circule globalement vers le bas et très lentement dans le phloème

FIG. 141. — Croissance en épaisseur et structure secondaire d'une tige de Hêtre.
a : structure primaire; b : tige à la fin de sa première année; c : tige de 2 ans.

27

Dendrochronologie

■ Permet d'obtenir l'âge d'un arbre

Attention, si le prélèvement est effectué sur une branche, on a l'âge de la branche et non celui de l'arbre.

28

Utilisation pour la datation absolue

■ La taille des cernes peut-être utilisée pour reconstruire les conditions climatiques du passé.

The diagram illustrates how tree growth is affected by climate. On the left, a tree is shown with its roots in a 'WATER TABLE' and 'ROCK SUBSTRATA'. Below it, two cross-sections of tree rings are shown: one with uniform width and one with varying width. The graph on the right, titled 'Real and Reconstructed Spring Temperature (C) Santa Fe, NM Fritts, 1985', plots temperature from 1840 to 1960. The 'Real' temperature is shown as a jagged line, and the 'Reconstructed' temperature is shown as a smoother line. The graph is divided into 'Verification' (1840-1900) and 'Calibration' (1900-1960) periods.

RINGS OF UNIFORM WIDTH PROVIDE LITTLE OR NO RECORD OF VARIATIONS IN CLIMATE. RINGS OF VARYING WIDTH PROVIDE A RECORD OF VARIATIONS IN CLIMATE.

29

On combine différentes informations

The diagram shows a vertical stack of information sources: trees, buildings, and geological layers. Below these, a horizontal timeline from -2000 to 1999 AD is shown, with various lines representing different data series.

30

Precise dating of the Norfolk timber circle

This curious monument on the English coast has survived for more than four millennia.

In August 1998, the site of a subcircular ring of 55 oak timbers surrounding a large inverted oak tree was discovered within the intertidal zone at Holme-next-the-Sea, Norfolk (52.58° N, 00.33° E). The circle, the first surviving example discovered in Britain, was in serious danger of destruction by tidal erosion, so it was imperative that detailed archaeological investigations be undertaken, including dating. Information provided by tree-ring analysis and radiocarbon measurements was combined using a bayesian approach¹, resulting in a precise absolute dating for the structure.

Combining the information from both dating techniques, including unmeasured partial rings on the outside of the tree-ring samples, reveals that the upturned tree in the centre of the monument died, or was felled, in April to June 2050 BC. The surrounding posts were felled in April to June of the following year, 2049 BC.

Bayliss, A., Groves, C., McCormac, G., Baillie, M., Brown, D. & Brennard, M. (1999) Precise dating of the Norfolk timber circle. *Nature* 402, 479.

31

Squelettochronologie

Etude des lignes d'arrêt de croissance (LAC ou Line of Arrested Growth, LAG, en anglais)

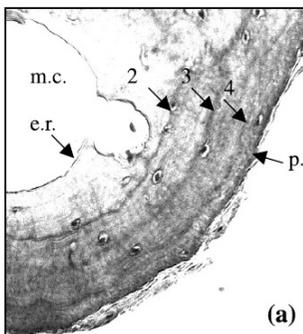
Section transversale d'une phalange d'un sonneur à ventre de feu de 5 ans, *Bombina orientalis*. Il n'y a pas de résorption endostéale. Quatre LACs sont présentes.

Population age structure and growth in four syntopic amphibian species inhabiting a large river floodplain
Dan Cogălniceanu and Claude Miaud

32

Os enchondral de vertébré poïkilotherme

Squelettochronologie: biais possible, la résorption endostéale



Section transversale de l'humérus d'un triton commun, *Triturus vulgaris*, de 5 ans. La LAC la plus ancienne est érodée.

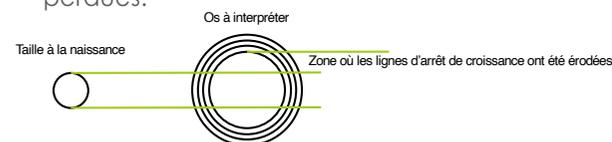
Population age structure and growth in four syntopic amphibian species inhabiting a large river floodplain

Dan Cogălniceanu and Claude Miaud

33

Comment détecter l'érosion

- L'os enchondral se dépose par couche circulaire se superposant vers l'extérieur puis peut intervenir un remaniement interne.
- On peut établir la taille moyenne d'un os à la naissance et l'utiliser comme référence sur les os plus âgés pour un rétro-calcul du nombre de LAC perdues.



34

Autres biais de la squelettochronologie

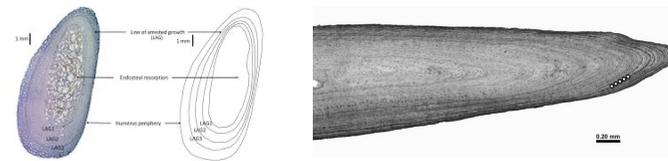
- Marque d'estivation
- Double-marques d'hivernage
- Absence de marque d'hivernage
- Les marques sont très compactées à partir de la maturité sexuelle.
- On peut utiliser des méthodes équivalentes avec les écailles des chéloniens, cependant les marques peuvent s'effacer par abrasion avec l'âge.



35

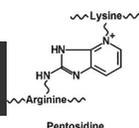
Autres biais de la squelettochronologie

- Les lignes d'arrêt de croissance peuvent correspondre à un patron de migration ou de reproduction qui peut ne pas être annuel.
- Morales-Mérida, B.A., Pilcher, N.J., Girondot, M., 2024. How old is a turtle? Challenges in interpreting age information in sea turtles. *Ecologies* 5, 502-511.



36

Méthodes alternatives



- L'accumulation de pentosidine (un sous-produit de la modification post-traductionnelle du collagène) a été aussi testée chez une tortue aquatique continentale (*Kinosternon flavescens*).
- Les concentrations de pentosidine étaient extraordinairement faibles et positivement corrélées avec l'âge de cette tortue démontrant une accumulation, mais les concentrations étaient trop variables pour permettre des estimations précises de l'âge des tortues d'âge inconnu.
 - Iverson, J.B., Stahl, R.S., Furcolow, C., Kraus, F., 2017. An evaluation of the use of pentosidine as a biomarker for ageing turtles. *Conservation Physiology* 5, cow076.

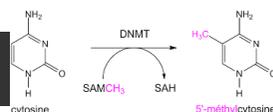
37

Les otolithes et la sclérochronologie

- L'otolithe est une concrétion minérale de carbonate de calcium (CaCO_3) trouvée dans le système vestibulaire de l'oreille interne des vertébrés (surtout chez les poissons téléostéens) et un constituant normal de cet organe.
- Les otolithes apparaissent dès le début de l'ontogénèse : la larve de poisson possède déjà ses otolithes à l'éclosion et leur croissance se poursuit durant toute sa vie par formation successive de couches concentriques en périphérie.
 - Lors des périodes de forte croissance (saison chaude), la formation de cristaux d'aragonite est accélérée par la forte disponibilité en calcium dans le milieu. En période de croissance ralentie (saison froide), la concentration en cristaux d'aragonite est plus faible et des dépôts hyalins se forment en périphérie.

38

Méthylation de l'ADN



- Il existe une variabilité interindividuelle et intersites sur la méthylation de l'ADN; il a été proposé qu'elle puisse être dépendante de l'âge des individus:
 - Mayne, B., Mustin, W., Baboolal, V., Casella, F., Ballorain, K., Barret, M., Vanderklift, M.A., Tucker, A.D., Korbie, D., Jarman, S., Berry, O., 2022. Age prediction of green turtles with an epigenetic clock. *Molecular Ecology Resources* 22, 2275-2284.
- Mais la quantification de la méthylation de l'ADN donne un résultat proche de ce qu'on attend s'il était purement aléatoire et donc à ce stade peut être considéré comme un faux-positif :
 - Morales-Mérida, B.A., Pilcher, N.J., Girondot, M., 2024. How old is a turtle? Challenges in interpreting age information in sea turtles. *Ecologies* 5, 502-511.

39

Les cycles de vie

Relation entre longévité et reproduction

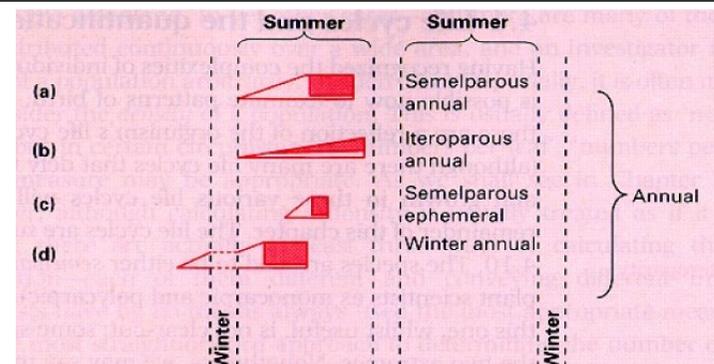
40

Cycles de vie

- Semelpares (parfois appelé monocarpique chez les plantes) - un seul évènement de reproduction au cours de la vie
- Itéropares (parfois appelé polycarpique chez les plantes) - évènements multiples de reproduction au cours de la vie

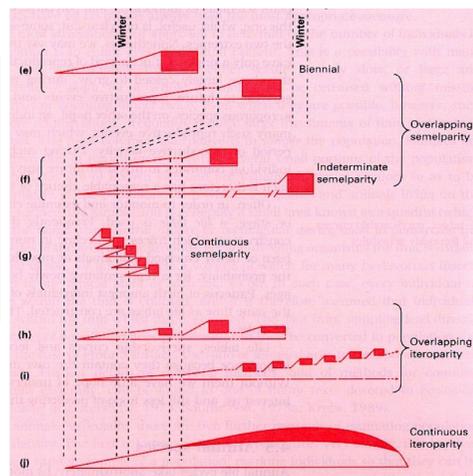
41

Cycles de vie de longévité faible



42

Cycles de vie de forte longévité



43

Tables de vie et de fécondité

- Dans l'objectif de suivre ces cycles de vie dans le détail, on construit des tables de vie (life tables) à partir desquelles on peut tirer les courbes de survie (survivorship curves).
- La fécondité sera aussi intégrée à ces tables pour fournir des tables de fécondité (fecundity schedules).

44

Table de vie

- Table de vie d'une cohorte chez une sauterelle- décrit le suivi d'une seule cohorte d'individus.
- Les nombres d'individus (valeurs a_x) sont transformées en données proportionnelles pour comparaison (l_x).

| Stage (x) | Number observed at start of each stage a_x | Proportion of original cohort surviving to start of each stage l_x |
|----------------|---|---|
| Eggs (0) | 44 000 | 1.000 |
| Instar I (1) | 3513 | 0.080 → 3 513 / 44 000 |
| Instar II (2) | 2529 | 0.058 → 2 529 / 44 000 |
| Instar III (3) | 1922 | 0.044 |
| Instar IV (4) | 1461 | 0.033 |
| Adults (5) | 1300 | 0.030 |

45

Table de fécondité

- La table de fécondité représente la production âge-spécifique des œufs chez la sauterelle.
- Le nombre d'œufs pondus est indiqué dans la colonne F_x et cela permet de calculer le nombre d'œufs par adulte survivant à tous les stades m_x ($22\ 617 / 1\ 300 = 17$) et $l_x m_x$ étant le nombre d'œufs mis en proportion de la taille initiale de la cohorte dans le stade (44 000).

| Stage (x) | Number observed at start of each stage a_x | Proportion of original cohort surviving to start of each stage l_x | Eggs produced in each stage F_x | Eggs produced per surviving individual in each stage m_x | Eggs produced per original individual in each stage $l_x m_x$ |
|----------------|---|---|--------------------------------------|---|--|
| Eggs (0) | 44 000 | 1.000 | — | — | — |
| Instar I (1) | 3513 | 0.080 | — | — | — |
| Instar II (2) | 2529 | 0.058 | — | — | — |
| Instar III (3) | 1922 | 0.044 | — | — | — |
| Instar IV (4) | 1461 | 0.033 | — | — | — |
| Adults (5) | 1300 | 0.030 | 22 617 | 17 | 0.51 |

46

Le taux net de reproduction λ

- Les tables de vie de cohorte peuvent être résumées en une seule valeur, le taux net de reproduction (basic reproductive rate) λ qui est le nombre moyen de descendants produits à la fin de la cohorte par adulte initial.
- Ce taux peut être calculé par: $\lambda = \sum l_x m_x$

| Stage (x) | Eggs produced in each stage F_x | Eggs produced per surviving individual in each stage m_x | Eggs produced per original individual in each stage $l_x m_x$ |
|----------------|--------------------------------------|---|--|
| Eggs (0) | — | — | — |
| Instar I (1) | — | — | — |
| Instar II (2) | — | — | — |
| Instar III (3) | — | — | — |
| Instar IV (4) | — | — | — |
| Adults (5) | 22 617 | 17 | 0.51 |

$\lambda = 22617/1300 = 17$
 $\lambda = 22617/44000 = 0.51$

47

Exemple de table avec des catégories de jours

| Age interval (days) $x - x'$ | Number surviving to day x a_x | Proportion of original cohort surviving to day x l_x | F_x | m_x | $l_x m_x$ |
|---------------------------------|--------------------------------------|---|--------|-------|-----------|
| 0-63 | 996 | 1.000 | — | — | — |
| 63-124 | 668 | 0.671 | — | — | — |
| 124-184 | 295 | 0.296 | — | — | — |
| 184-215 | 190 | 0.191 | — | — | — |
| 215-264 | 176 | 0.177 | — | — | — |
| 264-278 | 172 | 0.173 | — | — | — |
| 278-292 | 167 | 0.168 | — | — | — |
| 292-306 | 159 | 0.160 | — | — | — |
| 306-320 | 154 | 0.155 | — | — | — |
| 320-334 | 147 | 0.148 | — | — | — |
| 334-348 | 105 | 0.105 | — | — | — |
| 348-362 | 22 | 0.022 | — | — | — |
| 362- | 0 | 0.000 | — | — | — |
| | | | | 53.0 | 0.33 |
| | | | 485.0 | 3.13 | 0.49 |
| | | | 802.7 | 5.42 | 0.80 |
| | | | 972.7 | 9.26 | 0.97 |
| | | | 94.8 | 4.31 | 0.10 |
| | | | — | — | — |
| | | | 2408.2 | — | 2.41 |

$\lambda = 2.41$

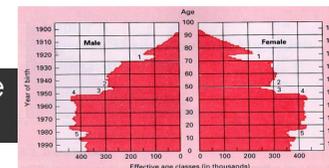
48

Rappel: Croissance géométrique

- La fraction de la taille de la population d'une année par rapport à celle de l'année précédente (ou du pas de temps précédent) est λ
- $\lambda = N_{t+1} / N_t$ t est une unité arbitraire de temps
- Donc $N_{t+1} = N_t \lambda$
- $N_t = N_0 \lambda^t$

49

Lien avec la pyramide des âges



- Soit une pyramide des âges effectuée l'année Y .
- L'effectif à la naissance pour l'année t est notée $n(0, t)$. La première barre de cet histogramme est donc $n(0, Y)$. Le nombre $n(1, Y)$ est égal à $n(0, Y-1) \cdot P(0, Y-1)$.
- $P(0, Y-1)$ est la proportion survivante de la classe 0 l'année précédente ($Y-1$), c'est donc bien ceux qui passent dans la classe d'un an l'année Y . On peut généraliser:

$$n(x, Y) = n(0, Y-x) \cdot \prod_{i=0}^{x-1} P(i, Y-x+i)$$
- Notez que l'émigration ou l'immigration n'est pas prise en compte.

50

Les problèmes inverses

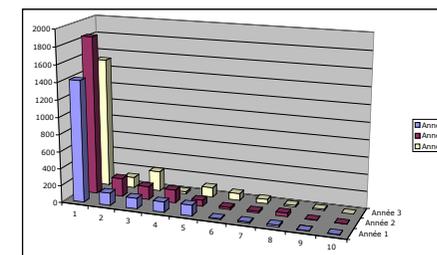
- Un thème récurrent de l'étude des problèmes inverses est que les taux des paramètres vitaux ne sont pas totalement identifiables si on ne connaît que la dynamique de la population ou sa structure, parce que de multiples combinaisons de taux démographiques peuvent produire la même dynamique.
- Par exemple, pour passer de 1 à 2 ours d'hier à aujourd'hui, il est possible qu'un soit né cette nuit ou bien il a pu y avoir 101 naissances et 100 décès, ou toute combinaison entre les deux.

McCallum, H., 1999, Population parameters: Estimation for ecological models. Wiley-Blackwell.

51

Suivi d'une structure d'âge

- On peut par contre tirer une information démographique lorsque la structure d'âge d'une même population est suivie.
- Par contre, là encore, des hypothèses fortes doivent être effectuées (notamment sur la forme des distributions).



Gross K., Craig B.A., Hutchison W.D. 2002. Bayesian estimation of a demographic matrix model from stage-frequency data. Ecology 83:3285-3298.

52

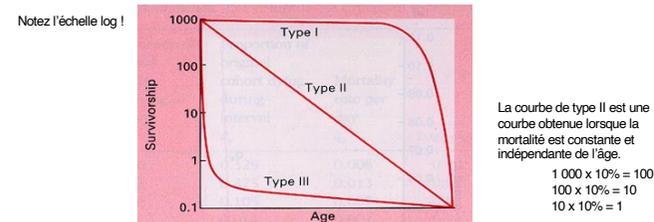
Suivi d'une structure d'âge

- Le nombre d'individus de chaque classe dépend du nombre dans la classe précédente l'année $t-1$, de la survie, de l'émigration, de l'immigration et de la probabilité de capture.
- Le nombre dans la classe 0 dépend de la fécondité de chaque classe l'année $t-1$.

53

Courbes de survie

- Survivorship curves were classified by Pearl and later Deevey into types I (convex or "late loss"), II (straight or "constant loss") & III (concave or "early loss")



54

Longévité

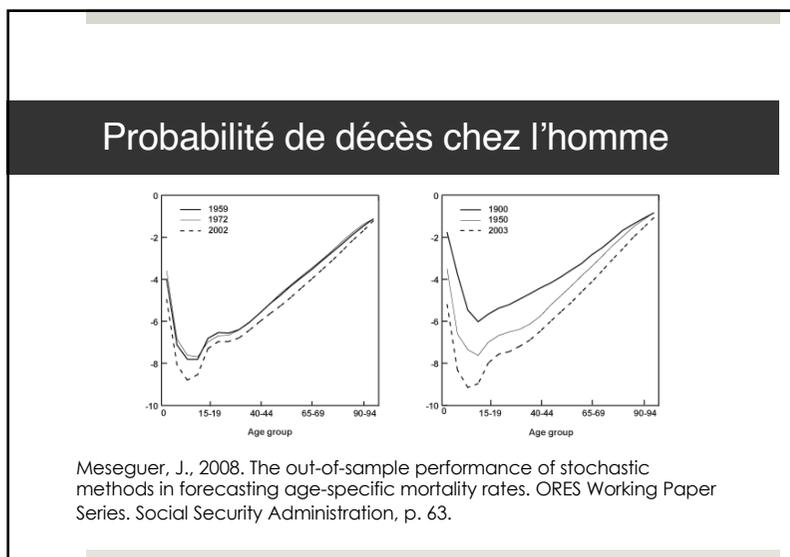
- La longévité est la durée de vie d'un individu ou la durée de vie moyenne si on parle d'une population. Elle correspond à l'espérance de vie d'un individu à la naissance, si tous les facteurs influençant la démographie restent identiques à ce qui est défini.
- L'espérance de vie est une mesure statistique de la durée pendant laquelle un organisme pourra vivre, sur la base de l'année de naissance, son âge actuel et d'autres facteurs démographiques, y compris le sexe.

55

Espérance de vie

- La mesure la plus couramment utilisée de l'espérance de vie est l'espérance de vie à la naissance (LEB – life expectancy at birth) qui est notée e_0 (nombre d'années restant à vivre en moyenne pour un individu d'âge 0).
- La valeur e_5 permet de décrire l'espérance de vie d'un individu encore vivant à 5 ans donc en éliminant la mortalité infantile. Notez que la longévité moyenne attendue d'un individu est alors $5+e_5$

56



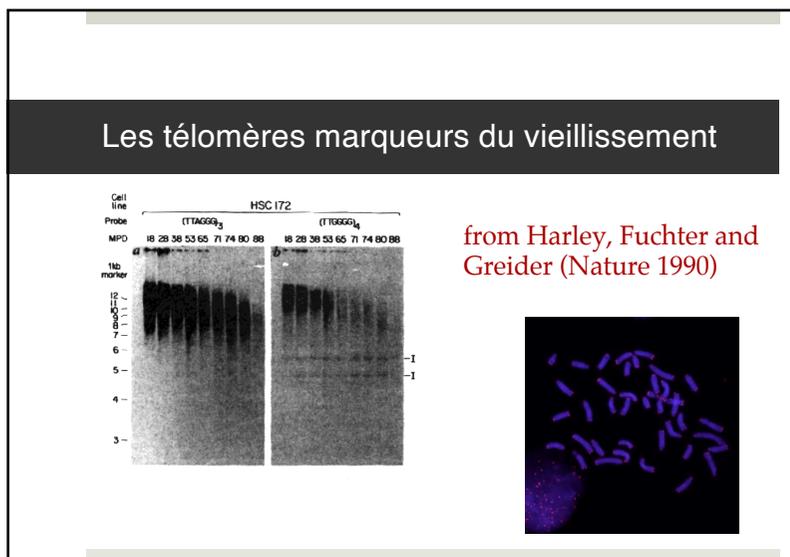
57

Vieillesse, sénescence et sénilité

- Le vieillissement est un phénomène à base purement temporelle qui implique que l'on est plus âgé au temps $t+1$ qu'au temps t
- La sénescence est un phénomène qui conduit à une déficience physiologique progressive
- La sénilité correspond au développement de pathologies spécifiques de l'âge

MONACO T. O., P. S. P. SILVEIRA 2009. Aging is not senescence: a short computer demonstration and implications for medical practice. — *Clinics* 64 (5): 451-457.

58



59

Réduction de la taille des télomères

modified from Blackburn (Nature, 1991)

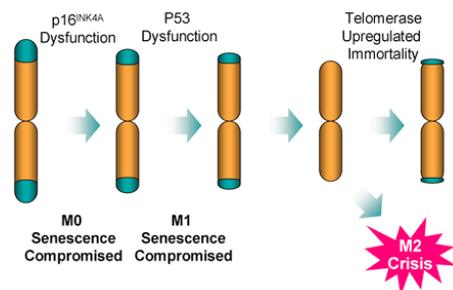
During replication of DNA, the 3'→5' strand is completely replicated.

On the contrary, replication uses RNA intermediates for the duplication of the 5'→3' strand and replication progresses by small fragments (known as Ogasaki fragments).

This strand cannot be completely replicated and a small part of the telomere end is lost at each cell division.

60

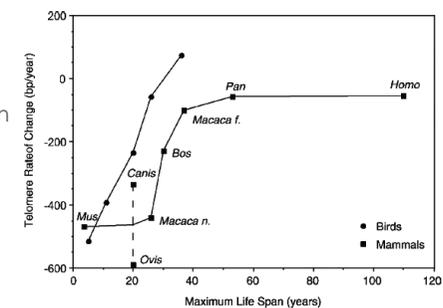
Les télomères comme cause de la sénescence cellulaire



61

Taille des télomères et longévité moyenne

- Telomeres shorten more slowly in long-lived birds and mammals than in short-lived ones.
- Haussmann MF, Winkler DW, O'Reilly KM, Huntington CE, Nisbet IC, Vleck CM.



62

Le cas d' *Emys orbicularis*

La sénescence existe-t-elle chez les tortues ?

- Pas de maladies liées à l'âge
- Augmentation des capacités reproductrices au cours du vieillissement

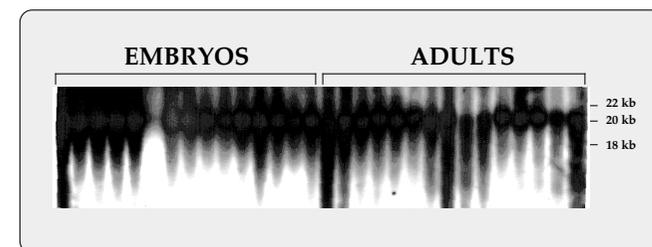


Cistude d'Europe

Analyse de la taille des télomères, marqueur du vieillissement chez les vertébrés et une des causes de la sénescence.

63

Télomères chez *E. orbicularis*



64

Difficultés d'observer la sénescence

- En conditions naturelles, les organismes pourraient mourir avant d'atteindre l'âge de la sénescence.
- La compétition inter-individus pour l'accès aux ressources peut produire une augmentation de la mortalité en fonction de l'âge qui n'est pas de la sénescence.