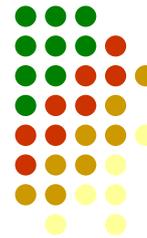


Master SIE - Sciences et Ingénierie de l'Environnement

Fonctionnement des écosystèmes



Edward Mitchell
François Freléchoux
& Pascal Vittoz



Laboratoire des systèmes écologiques
EPFL - ENAC - ISTE - ECOS

ECOS

ECOLOGICAL SYSTEMS LABORATORY

Master SIE - Sciences et Ingénierie de l'Environnement

Fonctionnement des écosystèmes



Ecosystèmes périurbains et urbains

Pascal Vittoz

Faculté des géosciences et de l'environnement
DEE, Faculté de biologie et médecine
Bâtiment Biophore, Université de Lausanne

Pascal.vittoz@unil.ch




UNIL | Université de Lausanne
Faculté des géosciences
et de l'environnement

ECOS
ECOLOGICAL SYSTEMS LABORATORY

Plan du cours

- Bibliographie
- Définition
- Caractéristiques du climat urbain
- Flore et végétation urbaines
- Faune urbaine
- Aménagements urbains et nature

Bibliographie

- Wittig R. (1991) Ökologie der Grosstadtflora. Fischer, 261 p.
- Sukopp H. & Wittig R. (1998) Stadtökologie. Ein Fachbuch für Studium und Praxis. Fischer, 474 p.
- Hoffer-Massard et al. (2006); Droz et al. (2006) Flore de Lausanne et de sa région. Rossolis, 2 vol.

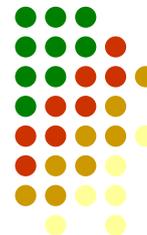
Définitions

- Urbain: relatif à la ville (\neq rural)
Agglomération (ville + banlieue) de plus de 2000 habitants
- Ecologie urbaine: partie de l'écologie qui étudie les biocénoses, biotopes et écosystèmes urbains
- Ecologie urbaine: étude pluridisciplinaire et planification de la ville dans le but d'améliorer les conditions de vie urbaine dans un contexte de développement durable

1. Caractéristiques du climat urbain

Quelles sont les caractéristiques du climat urbain ?

Quelles conditions des organismes en ville doivent-ils subir ?

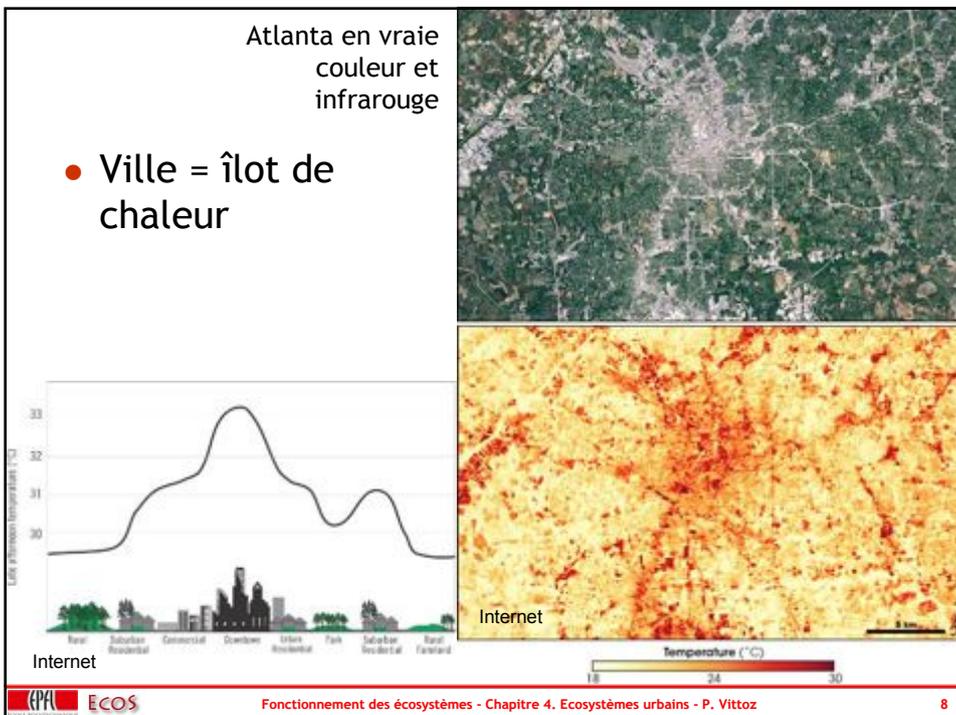


Température

- Les villes sont plus chaudes que les campagnes environnantes
 - Moyenne annuelle: + 0.5-1 °C
 - Minimaux hivernaux: + 1-3 °C
 - Différences maximales: + 3-10 °C
- La période de gel est réduite de 25 %
- La période de végétation allongée de 8-10 jours
- Espèces méridionales favorisées

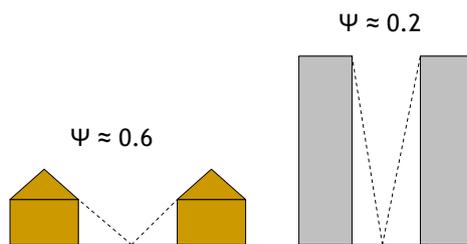
Atlanta en vraie couleur et infrarouge

- Ville = îlot de chaleur

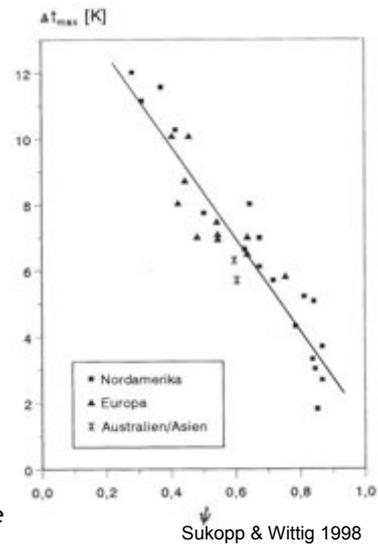


Absorption du rayonnement infrarouge augmentée

- Pollution atmosphérique
- Matériel à forte capacité calorifique
- Géométrie des rues



Ψ = facteur visibilité du ciel
 Ψ = surface visible/surface potentiellement visible



Production de chaleur

- Chauffage des maisons
- Moteurs à combustion

Ville	Population	Besoins énergétiques	Energie humaine	Energie naturelle
		par habitant [1000 MJ]	[W/m ²]	[W/m ²]
Fairbanks (Alaska, 64°N)	30'000	740	19	18
Berlin (Allemagne, 52°N)	2'300'000	67	21	57
Montreal (Canada, 45°N)	1'100'000	221	99	52
Los Angeles (USA, 34°N)	7'000'000	331	21	108
Singapur (1°N)	2'100'000	25	3	110

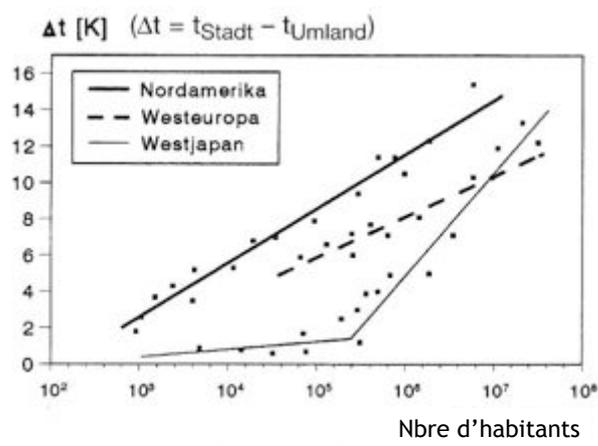
Sukopp & Wittig 1998

Diminution de l'évaporation

- Evaporer de l'eau demande de l'énergie
=> refroidit l'air
- Forêts, champs stockent l'eau et elle ne s'évapore que lentement (évapotranspiration)
=> maintiennent un climat frais
- En ville, absence de végétation et l'eau disparaît dans les canalisations

Influence de la taille de la ville

- Plus la ville est grande, plus il y fait chaud



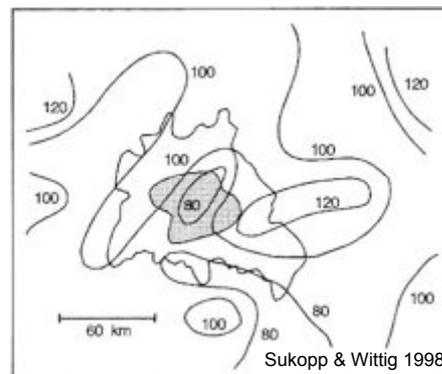
Humidité et précipitations

- Humidité relative de l'air réduite de 6 % en moyenne annuelle (2 % en hiver, 8 % en été)
 - Absence d'humidité dans le sol ou la végétation (eau de pluie rapidement drainée)
 - Température de l'air plus élevée => diminution de l'humidité relative
- Partiellement compensé par la libération de vapeur d'eau par les moteurs et chauffage

Augmentation des précipitations ?

- Îlot de chaleur => augmentation des nuages de convection (cumulus)
- Poussières de la pollution forment des noyaux de condensation
- Vent déplace en altitude ces nuages

Pourcentage des précipitations à Berlin et environ



Vent

- Diminution des vents (obstacle des bâtiments) de 25 % en moyenne
 - Effet rafraîchissant affaibli, apport d'air plus frais limité
 - Pollution pas "nettoyée" par le vent
- Bâtiments élevés (quartiers de gratte-ciels) peuvent créer des turbulences locales
- Vents nocturnes dus aux différences de température entre ville et campagne

Lumière nocturne

- Eclairage nocturne important
 - Réverbères
 - Bâtiments
 - Décorations
 - Publicités

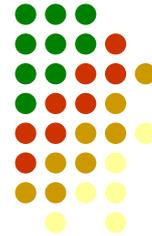


L'Europe de nuit
vue par satellite

2. Flore et végétation urbaines

Quelles sont les caractéristiques de la flore urbaine ?

Quels types de végétation rencontre-t-on ?



Définitions

Plante

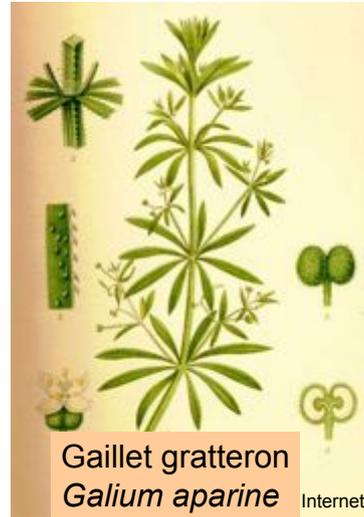
- Rudérale: croît dans un site fortement marqué par la pression humaine (terrain vague, décombres, bord de chemin)
- Adventice: originaire d'une autre contrée et qui colonise un territoire sans qu'on l'y ait sciemment introduite; espèce indésirable, présente dans une culture
- Hémérochore (=anthropochore): espèce non indigène mais profitant des perturbations humaines pour s'installer

Origine des espèces

- Apophytes: espèces indigènes qui ont profité des premiers défrichements



Ortie
Urtica dioica



Gaillet gratteron
Galium aparine

Internet

- Archéophytes: espèces étrangères arrivées dès les débuts de l'agriculture ou à l'époque romaine



Internet



Coquelicot
Papaver rhoeas

Orge des rats
Hordeum murinum



Internet

- Néophytes: espèces arrivées après 1500, essentiellement d'Amérique

Passerage drave
Cardaria draba



Internet



Internet



Internet

Vergerette du Canada
Conyza canadensis

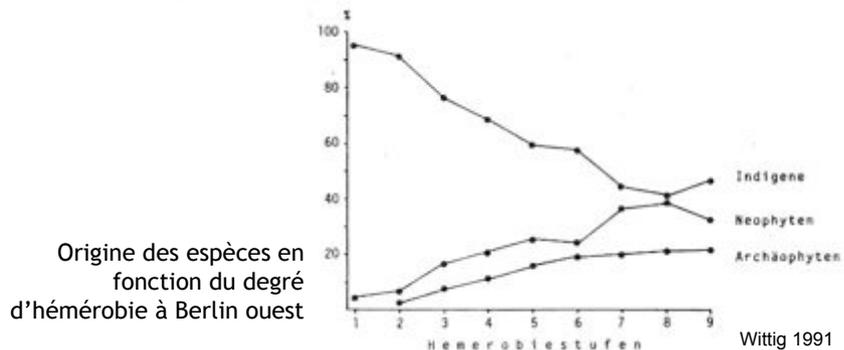
Amaranthe réfléchie
Amaranthus retroflexus

Où trouver la flore urbaine ?



Hémérobie

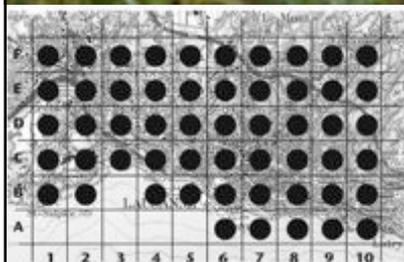
- Hémérobie: intensité du dérangement et des perturbations humaines
 - 1: pas de dérangements, ou très faible
 - 9: dérangements extrêmes



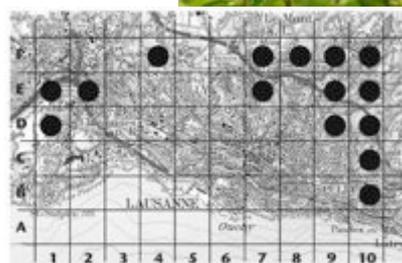
Séneçon vulgaire
Senecio vulgaris



Germandrée sauge-des-bois
Teucrium scorodonia

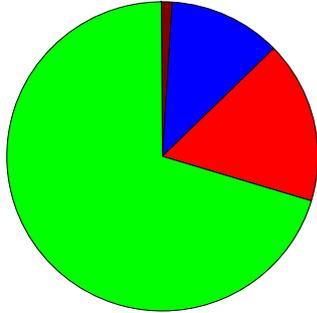


Droz et al. 2006

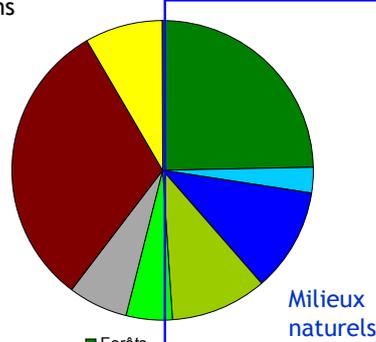


Quelques statistiques pour Lausanne

1363 espèces recensées à Lausanne et environs



- Cultivées
- Néophytes européens
- Néophytes extra-européens
- Indigènes (yc archéophytes)



- Forêts
- Montagnes
- Marais / aquatiques
- Prairies maigres
- Prairies grasses
- Pionnières
- Mauvaises herbes
- Echappées de jardin

Selon Droz et al. 2006

Adaptations à la vie rudérale

- Ecologie
 - héliophiles
 - Résistantes au piétinement

Grand plantain
Plantago major

Coquelicot
Papaver rhoeas



Internet

- **Ecologie**
 - nitrophiles
 - résistance aux herbicides et pollution

Amarante réfléchie
Amaranthus retroflexus



Internet

Fausse camomille
Matricaria discoidea



Internet

- **Adaptation aux conditions sèches**
 - petite taille (surface de transpiration réduite)

Renouée des oiseaux
Polygonum aviculare



Internet



Internet

- capacité à supporter une déshydratation

Oxalide des fontaines
Oxalis fontana



- photosynthèse en C4 (meilleure efficacité de la photosynthèse en conditions sèches)



Internet

Digitaire sanguine
Digitaria sanguinalis

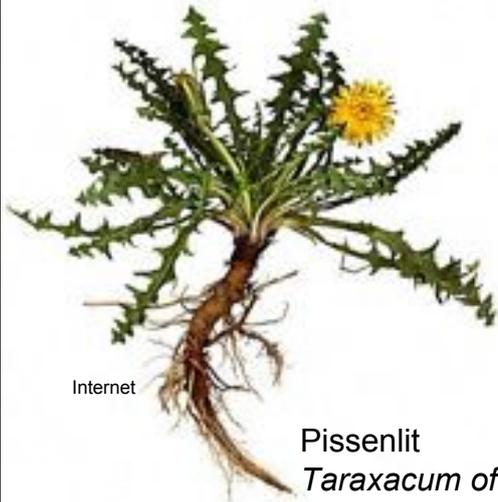


Internet

Sétaire verte
Setaria viridis

- enracinement profond

Coquelicot
Papaver rhoeas



Internet

Pissenlit
Taraxacum officinale



Internet

- Phénologie
 - croissance rapide et cycle court
 - longue période de floraison ou plusieurs cycles annuels

Galinsoga à petites fleurs
Galinsoga parviflora
Cycle complet en 4 semaines



Internet

- Floraison et fécondation
 - floraison rapide
 - fécondation indépendante de pollinisateurs



Séneçon vulgaire
Senecio vulgaris

Internet

- Fructification
 - grande production de graines
 - bonne dispersion des graines

Bardane
Arctium sp.
Dispersion par l'homme

Dent-de-lion
Taraxacum sp.
Dispersion par le vent



Internet



Internet

© Paul Hofmann

- longue dormance
- germination étalée dans le temps



Internet

Pensée tricolore
Viola tricolor



Internet

Fumeterre officinale
Fumaria officinalis

Principaux écosystèmes urbains

- Profondeur du sol
- Degré d'imperméabilisation
- Type de substrat
- Intensité lumineuse
- Fréquence des interventions
- Intensité du piétinement
- Eutrophisation
- ...
- Hasards de la dispersion des graines

Pavés

- Un peu de sol, légère infiltration de l'eau
- Piétinement intense

Sagine couchée
Sagina procumbens



Internet



Pavé ajourés



Pieds des murs, bords de routes

- Fissures entre trottoir et murs
- Très peu d'infiltrations, très sec
- Parfois fertilisés par les chiens



Graviers et voies CFF

- Sol souvent limité, très drainant
- Très fort rayonnement
- Désherbages chimiques fréquents



Voies CFF peu ou pas
utilisées et non
entretenu



F. Hoffer-Massard

Murs

- Fissures naturelles ou non dans les murs
- Ensoleillement parfois très intense => très sec





Pied des arbres et des haies

- Forte variabilité d'entretien
- Important apport d'azote
- Meilleure rétention de l'eau (parfois arrosé en été)





C. Bornand

Pieds de haies et bosquets

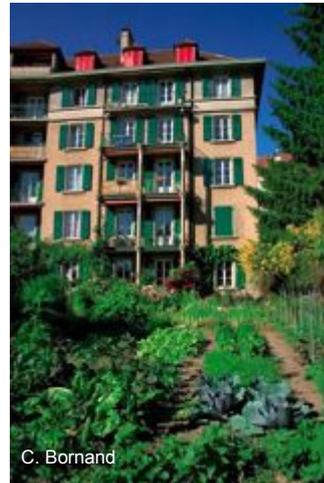
Friches

- Surfaces laissées à l'abandon de toutes tailles
- Succession primaire naturelle: gravier/goudron fissuré - espèces pionnières - pelouses sèches - buissons - forêt => grande biodiversité
- Très revendiquées depuis quelques années pour densifier la ville



Jardins

- Sol profond, non recouvert
- Herbicides et engrais souvent importants
- Perturbations fréquentes mais petites surfaces souvent négligées



C. Bornand

Gazons

- Sol profond non couvert
- En général entretien important (fauche et produits phytosanitaires)
- Arrosage en période sèche



Ecosystèmes naturels à semi-naturels

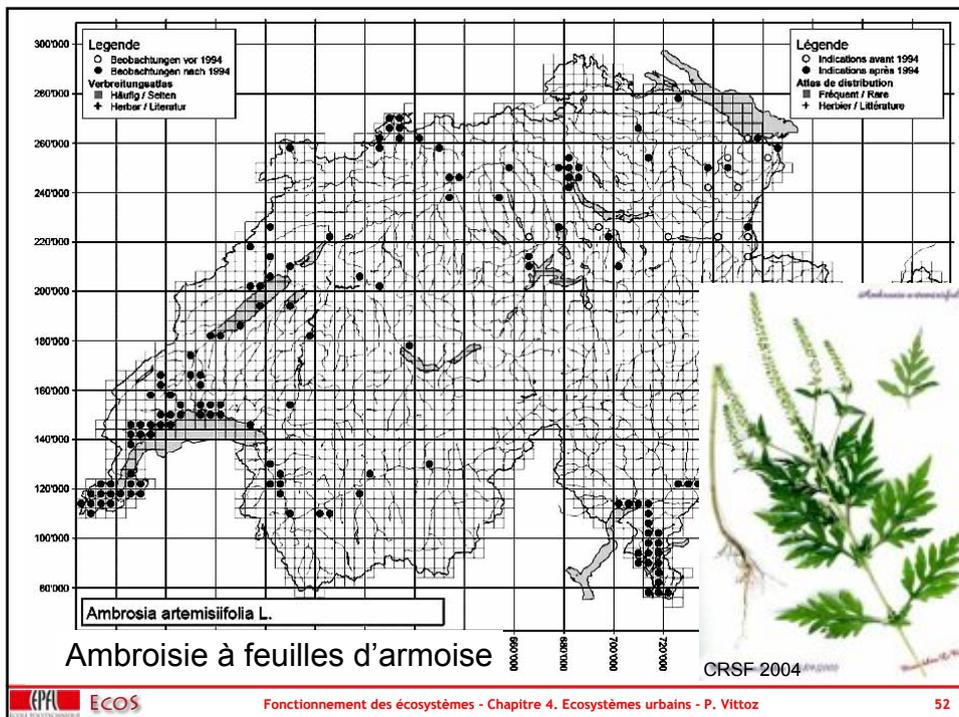
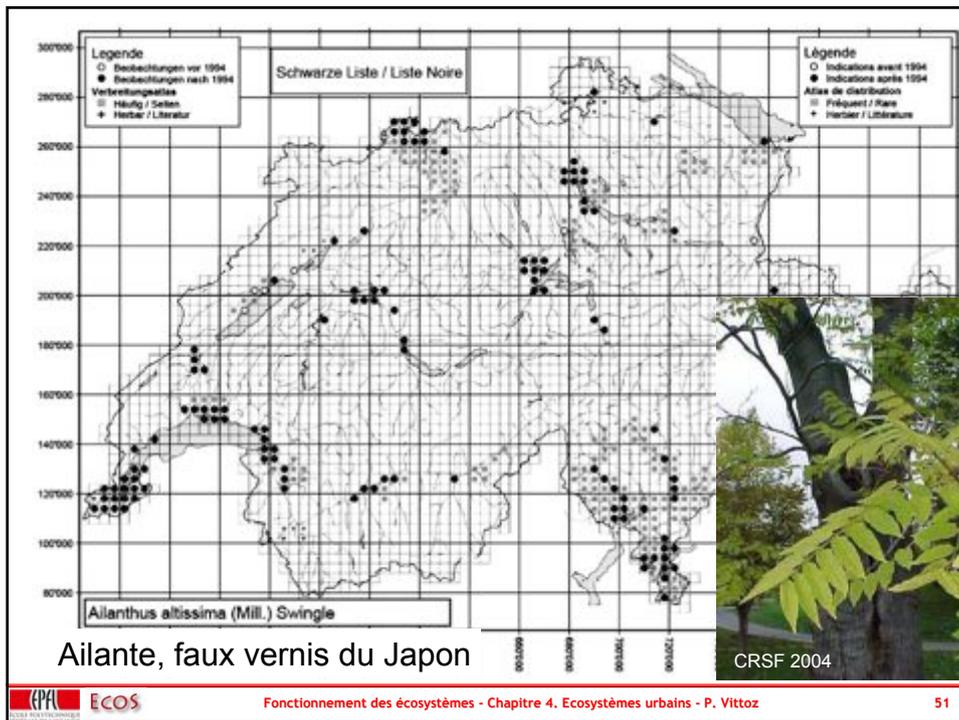
- Villes comportent souvent des morceaux de « nature »: prairies maigres, rivières, forêts, ...
- Surfaces de refuges pour faune et flore
- Rafraîchissent par l'eau qu'elles absorbent et libèrent progressivement

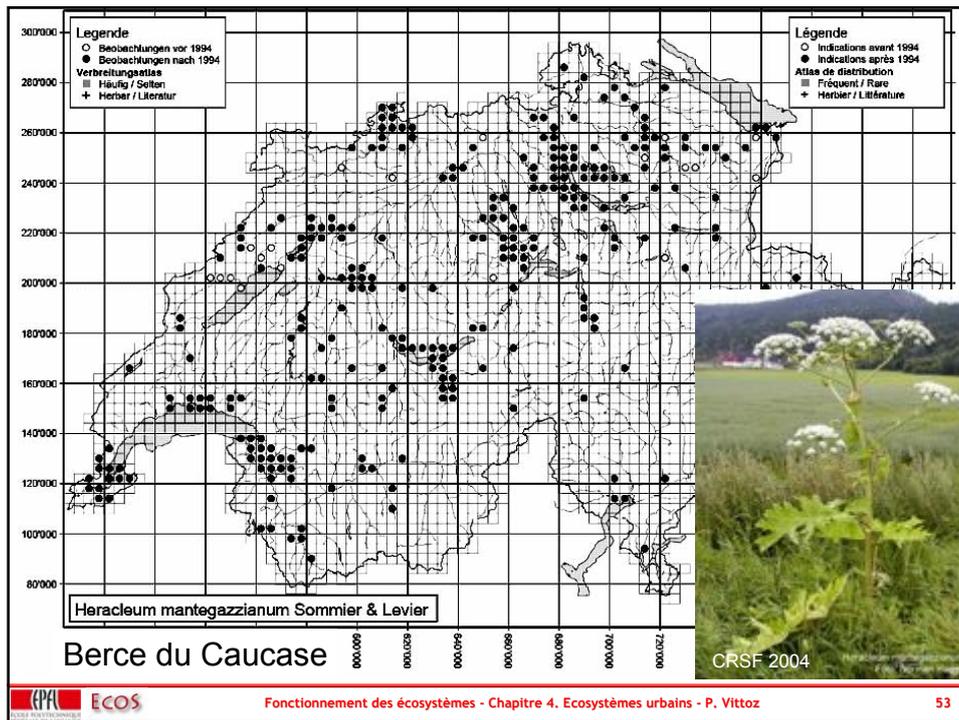


C. Bornand

Néophytes envahissantes

- Espèces végétales introduites généralement après 1500 et se répandant rapidement
- Souvent cultivées dans les jardins
- Se développent au détriment d'espèces indigènes en milieu naturel
- Certaines problématiques au niveau de la santé
- Liste noire des 20 espèces les plus problématiques en Suisse





EPFL ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

ECOS ECOLOGICAL SYSTEMS LABORATORY

3. Faune urbaine

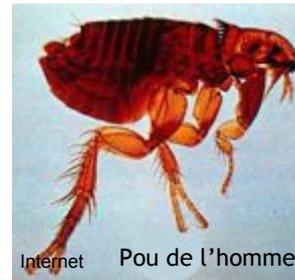
Quelles sont les espèces d'animaux vivant en ville ?
 Comment sont-elles arrivées ?

Définitions

- Synanthropie: degré d'affinité d'une espèce animale avec l'homme
- Anthropocénose: ensemble des espèces animales liées à l'homme
- Hémérophile, urbanophile: ce dit des espèces suivant l'homme dans ses activités et liées à son habitat
- Hémérophobe, urbanophobe: ce dit des espèces fuyant l'homme et les régions habitées

Petit historique de l'urbanisation

- Des parasites ont toujours accompagné l'homme
- Néolithique, début de l'agriculture => réserves hivernales => développement de ravageurs



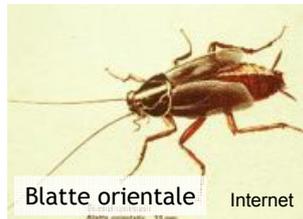
- Augmentation de la taille des localités => apparition d'espèces urbaines



Rat noir

Internet

- Début du commerce international => arrivée en Europe d'espèces méridionales



Blatte orientale

Internet



Grillon domestique

Internet

Conditions facilitant la vie urbaine

- Grands espaces non nécessaires
- Vie liée à des structures complexes et verticales (falaises, cavités)
- Régime alimentaire proche de l'homme (omnivore) ou spécialisé dans un aliment particulier
- Maturité précoce et taux de natalité élevé
- Petite taille
- Besoins en eau faibles
- Insensible à la pollution

Adaptations à la vie urbaine

- Réduction de la distance de fuite
- Modification du régime alimentaire
- Nouveaux emplacements pour nicher



Conséquences de la vie urbaine

- Augmentation de la densité des populations
- Allongement des journées
- Allongement des saisons
- Réduction des migrations
- Allongement de la vie

Exemples d'espèces urbaines

Espèces très urbanophobes

- Jamais en ville

Pluvier doré

Azuré des paluds



Internet



Internet

Espèces modérément urbanophobes

- Essentiellement hors de la ville mais parfois en milieu urbain dans des sites proches de l'état naturel (grands parcs, rivières, friches importantes, ...)

Buse variable

Renard roux



Internet



Internet

Espèces neutres

- Espèces ubiquistes présentes aussi bien en ville qu'en campagne

Merle noir

Mulot



Espèces modérément urbanophiles

- Espèces avant tout présentes dans les agglomérations mais parfois également en campagne

Tourterelle turque

Musaraigne musette



Espèces très urbanophiles

- Espèces vivant presque exclusivement en ville ou dans les villages

Martinet noir



Internet

Rat



Internet

Pigeon des villes



Internet



Quelques particularités

- Vers de terre: particulièrement nombreux dans les gazons, favorisés par les déchets de tonte



	Nombre	Poids [t]	Poids [%]
Humains	1'075'000	59'000	7.16
Chiens	100'000	1'000	0.12
Chats	250'000	750	0.09
Vers de terre	8'000'000'000	8'000	0.97
Autres animaux		5'000	0.61
Végétaux		750'000	91.05
		823'750	100

Valeurs pour Bruxelles,
Sukopp & Wittig 1998

- Faucons crécerelle et pèlerin



Internet

Faucon crécerelle



Internet

Faucon pèlerin

- Acariens: se nourrissent de poussière ou des champignons qui se développent sur les déchets de peau



Internet

Dermatophagoides sp.



Internet

Foto: Göran Malmberg

- Faune des plantes d'appartement

Cochenilles

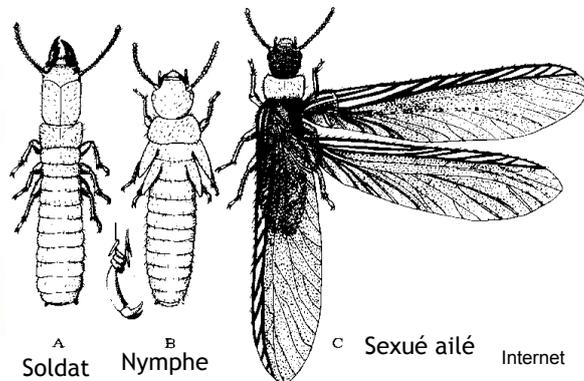


Puceron



- Termites

Répartition des termites en France



Exercice

- Vous êtes syndic (ou maire) écologiste d'une ville
- Vous voulez marquer votre passage non par la construction de grands musées, mais en rendant la ville plus agréable à vivre
- Vos collaborateurs vous suggèrent la création de zones piétonnes. L'idée est bonne, mais vous cherchez quelque chose de plus en phase avec la tendance verte
- La dernière crise vous a laissé quelques surfaces inutilisées proches du centre ville
- Quels aménagements suggérez-vous pour ces surfaces mais aussi pour les nouveaux bâtiments à construire ou à restaurer ?

4. Aménagements urbains et nature

Quels aménagements sont envisageables pour améliorer les villes ?

Lors de nouvelles constructions, des restaurations ou des aménagements extérieurs ?



Espaces verts

Maintien / augmentation des espaces verts au cœur de la ville

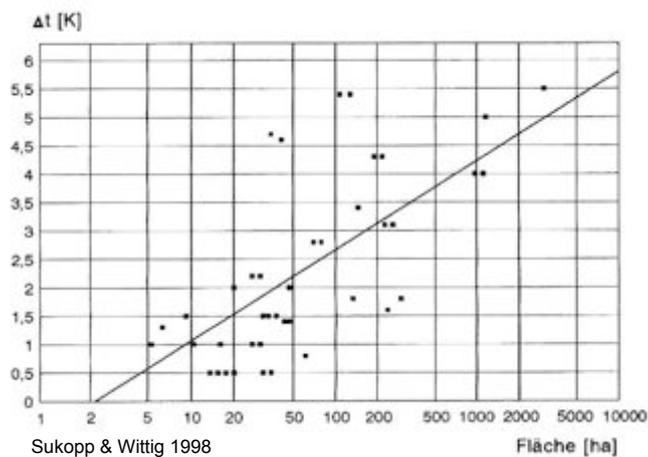
- Diversité floristique et faunistique
- Purification de l'air
- Espaces de loisir



A. Buttler



- Surfaces non imperméables => rafraîchissement de l'air



Internet

Central Parc, NY

Différence de température entre les parcs de Berlin et la ville en fonction de la taille des parcs

Rivières

Maintien ou remise au jour de rivières enterrées

- Humidité => rafraîchissement de l'air
- Diversité biologique importante
- Corridor pour la faune entre la campagne et la ville
- Rôle social



Etang artificiel, un îlot de diversité et un point d'eau

Friches

Laisser une partie des grandes friches à elles-mêmes

- Riches en diversité
- Places de jeu et découverte pour les enfants
- Surfaces vides pour une meilleure circulation de l'air



Gazons

Extensification des gazons: moins de fauche, d'engrais et de pesticides

- Economie de travail, de bruit et d'essence
- Plus d'espèces, plus de couleur



Toits et façades

Verdir les toits plats et laisser des plantes grimper sur les façades

- Augmentation de la diversité
- Diminution de la pollution atmosphérique
- Diminution de la température (moins de surfaces absorbantes, plus d'humidité)
- Meilleure isolation thermique des bâtiments



Aménagements extérieurs

Privilégier la diversité et la verdure aux formes géométriques

- Augmentation de la diversité
- Réseau de petits biotopes à travers la ville (diminue la fragmentation des populations)
- Augmentation du bien-être ?

Quel site préférez-vous pour une pause ?



A



B

Même question

A



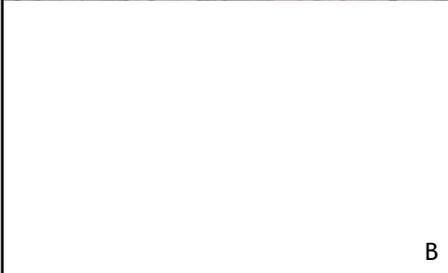
A. Buttler

B



A

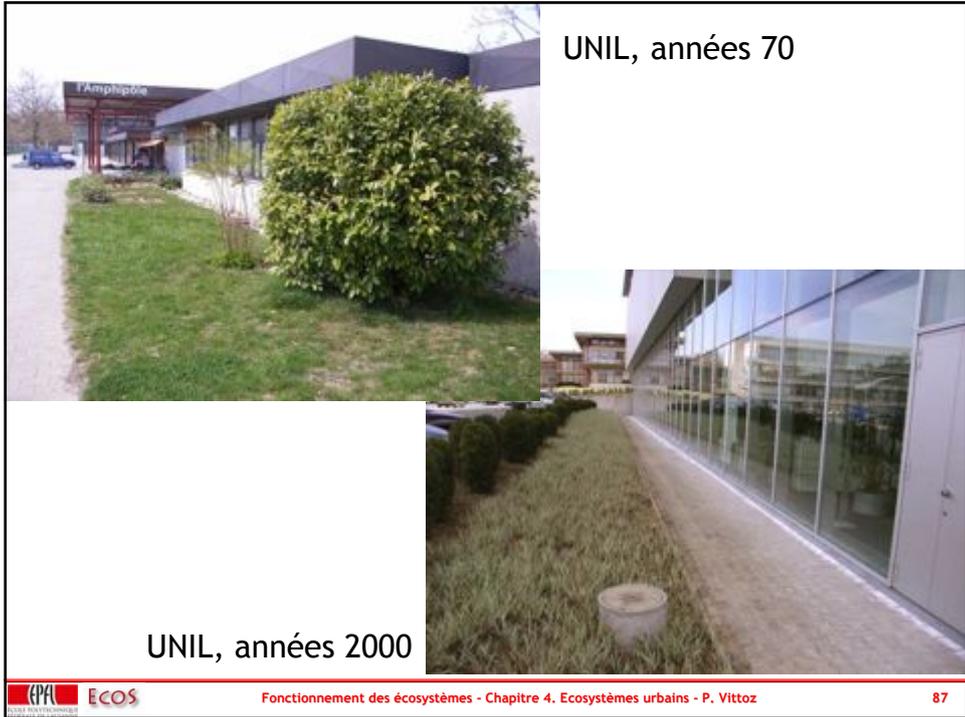
Même question



B



A. Buttler



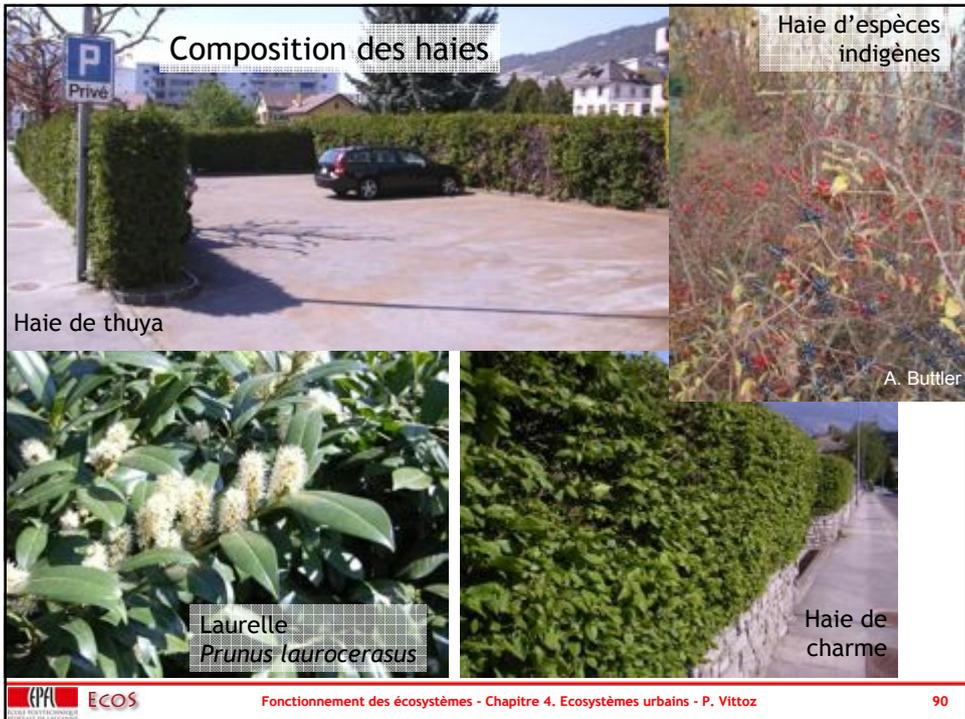
UNIL, années 70

UNIL, années 2000



EPFL, années 70

EPFL, années 2000





Eclairage nocturne

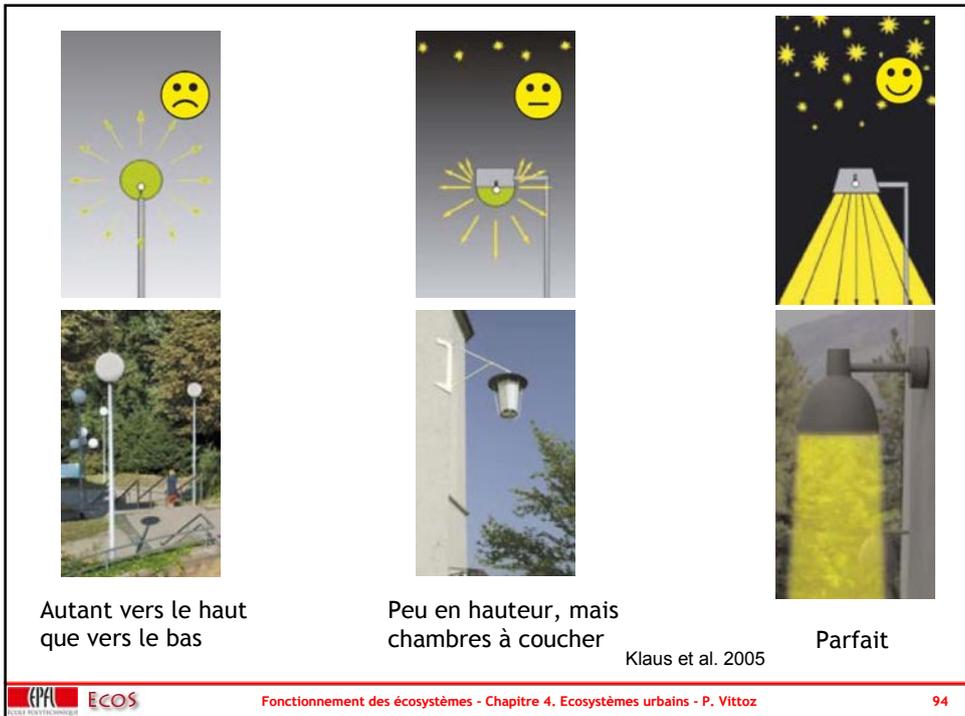
Diriger l'éclairage vers le bas et non vers le haut, remplacer les lampes à vapeur de mercure par des lampes à vapeur de sodium

- Moins d'insectes attirés inutilement
- Meilleure visibilité des étoiles
- Economie d'énergie
- Facilite la migration des oiseaux
- Respecte les cycles jour/nuit (insectes, oiseaux, batraciens, humains)



Eclairage des arbres
... et du ciel !!!

Klaus et al. 2005
Eclairage de publicité



Autant vers le haut
que vers le bas

Peu en hauteur, mais
chambres à coucher

Klaus et al. 2005

Parfait