

# La vie souterraine



Stage biospéléo 10-11 septembre 2022

Marina FERRAND



Fédération Française  
de Spéléologie

COMITE DEPARTEMENTAL  
DE SPELEOLOGIE.

**CDS 94**



# BIOSPELEO CAF

INVENTAIRE BIOSPELEOLOGIQUE DES  
CARRIERES SOUTERRAINES FRANCILIENNES



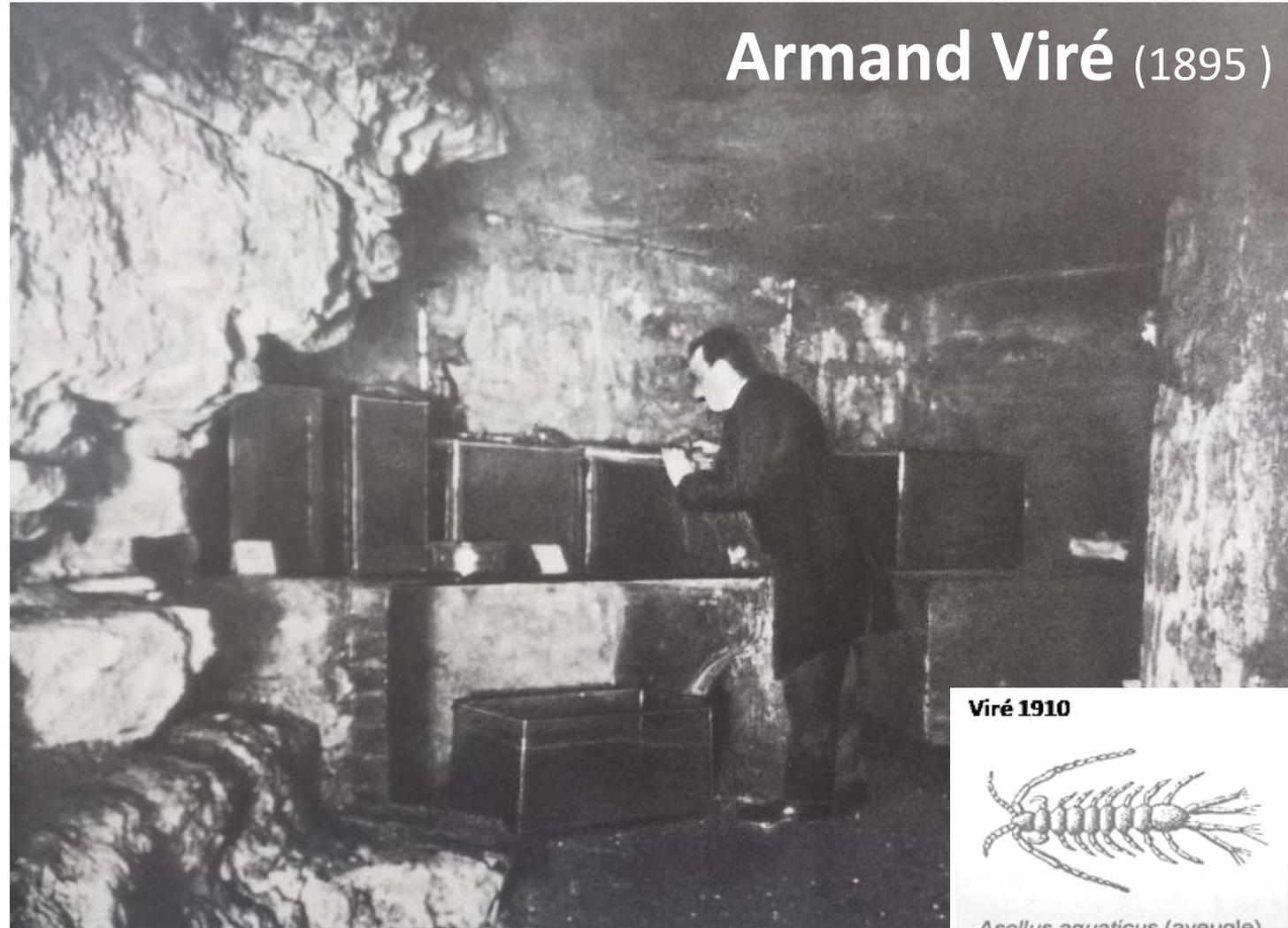
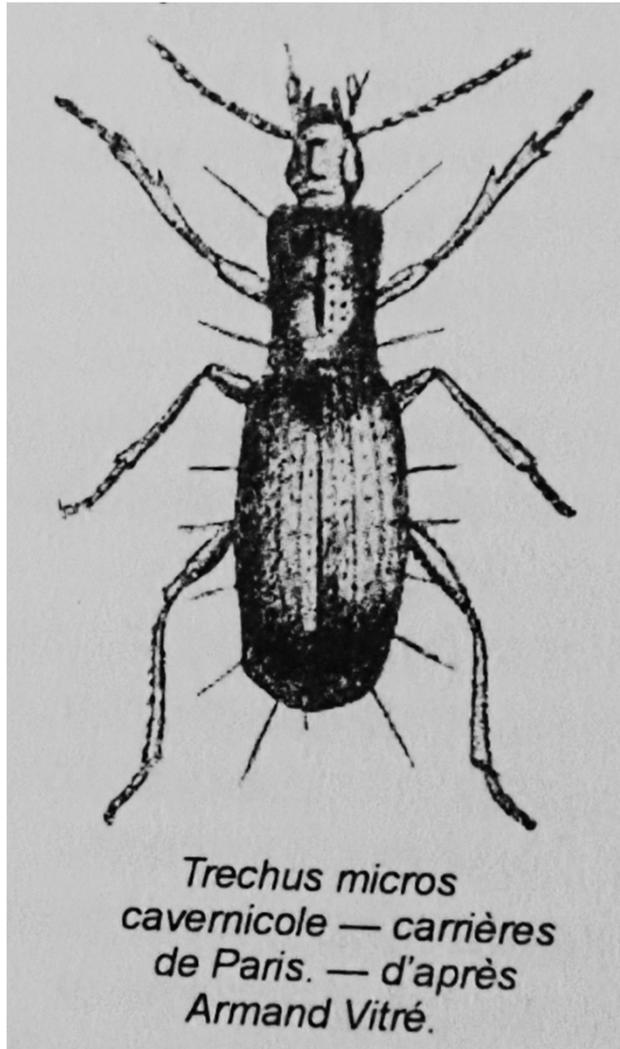
**Pourquoi s'intéresser à  
la faune souterraine ?**

Pourquoi s'intéresser à la faune souterraine ?

**1** Connaitre un milieu permet de comprendre ses vulnérabilités et le protéger des dégradations (...au moins essayer...)



*Trechus micros* (nouveau nom : [Trechoblemus micros](#)) : disparu de sous Paris...



**Viré 1910**



*Asellus aquaticus* (aveugle),  
des carrières de Paris,  
d'après A. Viré.

# Disparition d'espèce localement à cause de la pression de l'urbanisation

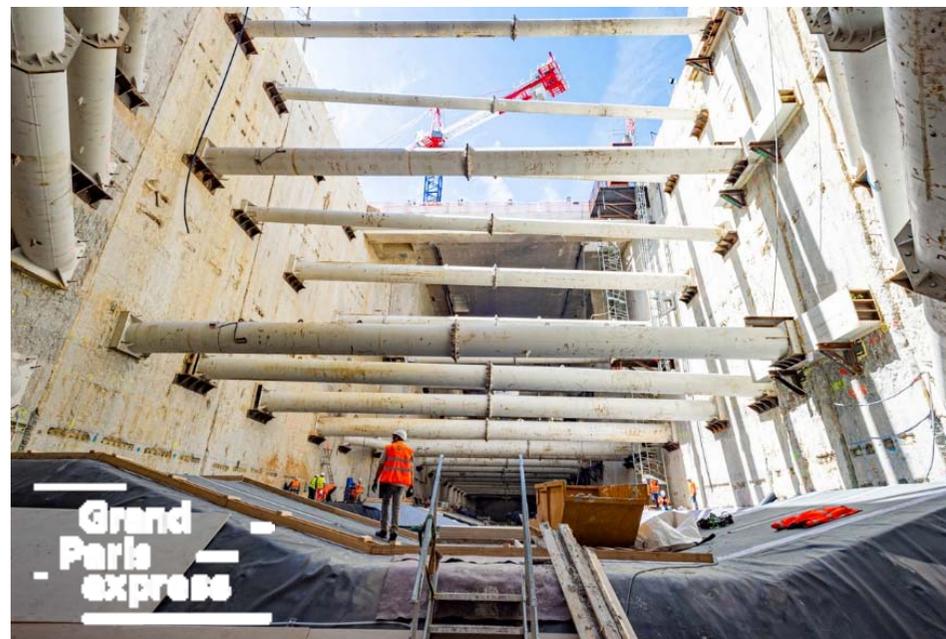
Sous l'hôpital de Kremlin-Bicêtre



**1907** *Trechoblemus micros*



Photo J.M. Lemaire

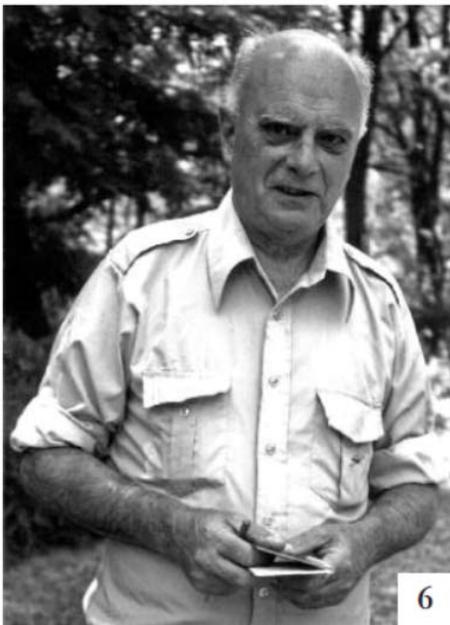


**2017** : carrière décapée pour les travaux du Grand Paris



**Jean Balazuc (1914-1994).**

Photo Henri-Pierre Aberlenc



6

# 1944-1945

## Début imminent pour le chantier "hors norme" des carrières de Gagny, vaste espace de biodiversité

Sauvées d'un vaste projet immobilier, les Carrières de l'Ouest de Gagny doivent être comblées pour en assurer la sécurisation, avant les travaux pour leur ouverture partielle.

04/2021



## ***Plâtrière du Carrefour du Tremble.***

*Trechoblemus micros* sur les bois pourris, à proximité d'un tunnel maçonné de la partie profonde envahi par les coulées marneuses.

## ***Romainville MUSSAT-BINOT, n° 1 (Gypse)***

Les bois putréfiés hébergent à terre des *Trechoblemus*

## ***GAGNY. MUSSAT-BINOT (Gypse).***

*Trechoblemus micros*.

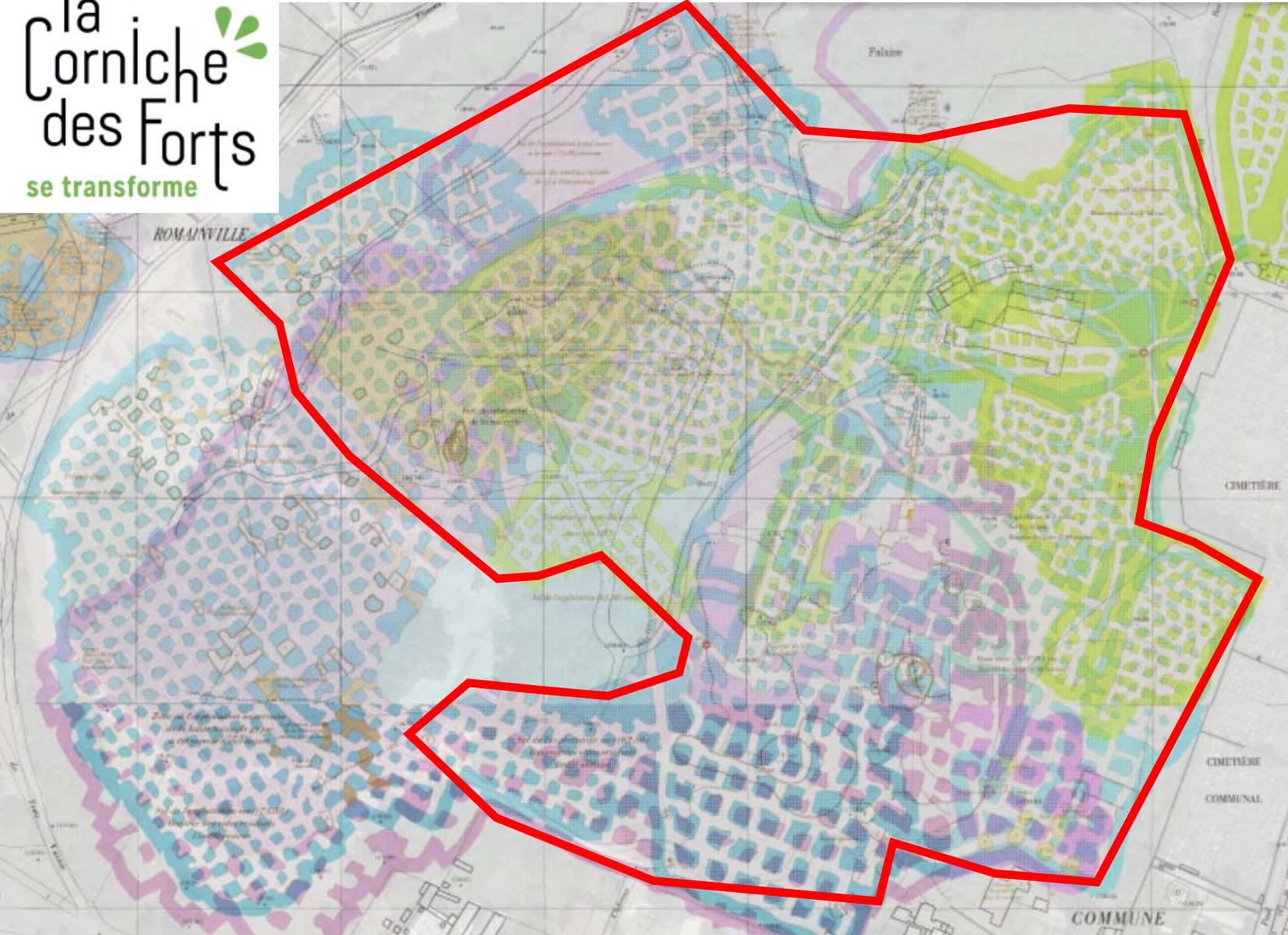
*Trechoblemus micros*



Photo J.M. Lemaire

la  
Corniche  
des Forts  
se transforme

**Carrière MUSSAT-BINOT, n° 1 (Gypse).**



# la Corniche des Forts

se transforme

Romainville, Les Lilas, Noisy-le-Sec et Pantin.

... plus de douze millions d'euros

« en cours d'aménagement depuis 2007. il reste à aménager de nouveaux espaces de loisirs (sur 4,5 hectares) et à sanctuariser le bois central (sur 20 hectares) pour préserver la biodiversité. »

« En effet, cette partie de la promenade étant située **sur d'anciennes carrières de gypse, de lourds travaux de comblement sont nécessaires** pour assurer la sécurité des futurs usagers. »

Le bois central, actuellement à un stade jeune de développement et composé essentiellement d'espèces non indigènes (robinier, ailante, etc.) sera fermé au public sur une surface de 20 hectares afin de lui permettre de devenir mature et de préserver sa biodiversité. Aucun aménagement et aucun déboisement ne sont prévus au sein du bois central qui sera complètement sanctuarisé.

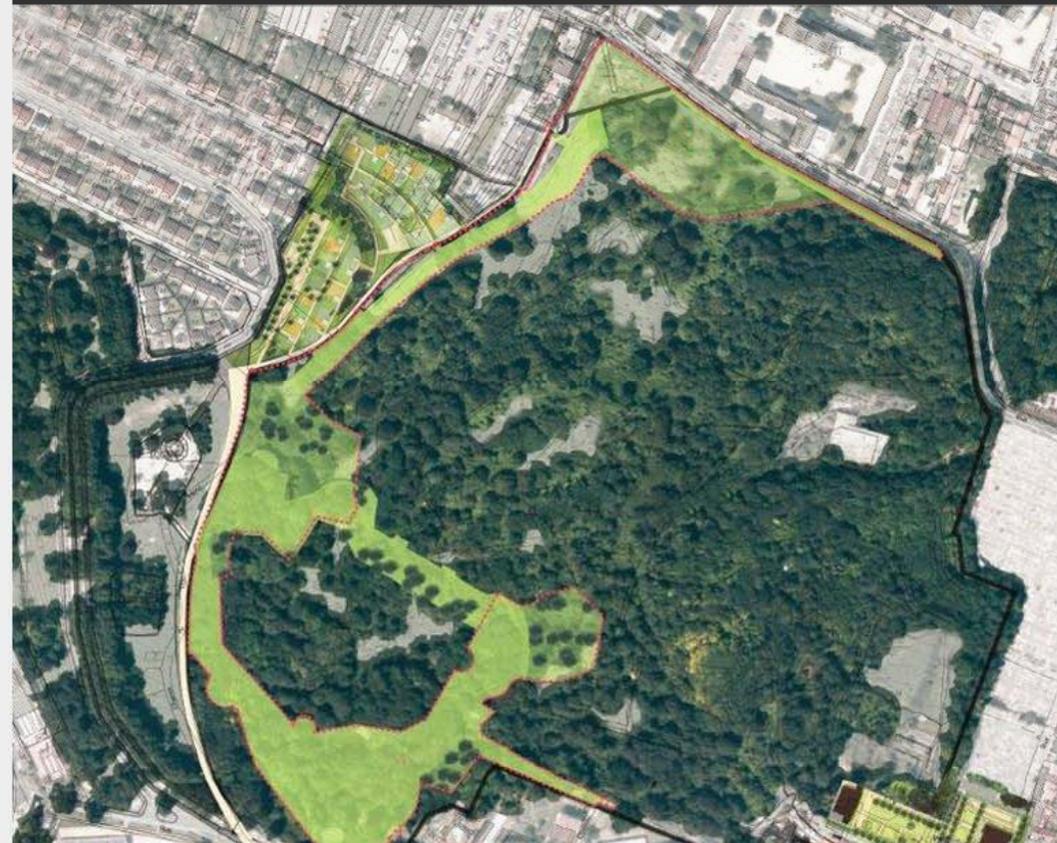
2018... la lutte apporte ses fruits



L'ANCIEN PROJET

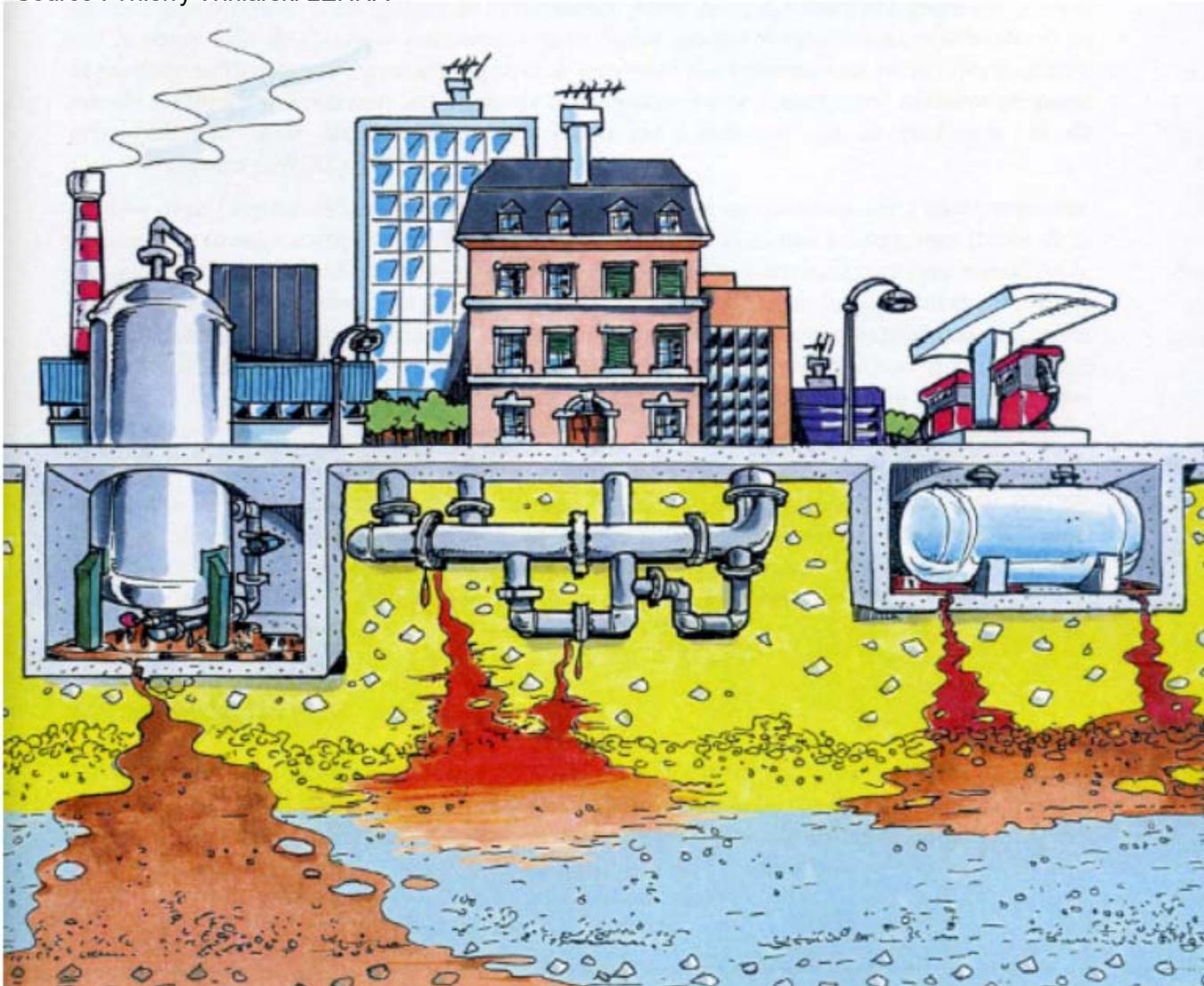


LE NOUVEAU PROJET



# Pollution urbaines des souterrains / Bioindicateurs

Source : Thierry Winiarski LEHNA



- Fuite de conduite ou de cuve chauffage urbain.
- Rejets illicites de polluants
- Décharge sauvage par les puits...
- Infiltration à travers le bitume des routes : hydrocarbure...
- Corrosion des infrastructures enterrées
- Systèmes d'assainissement défectueux

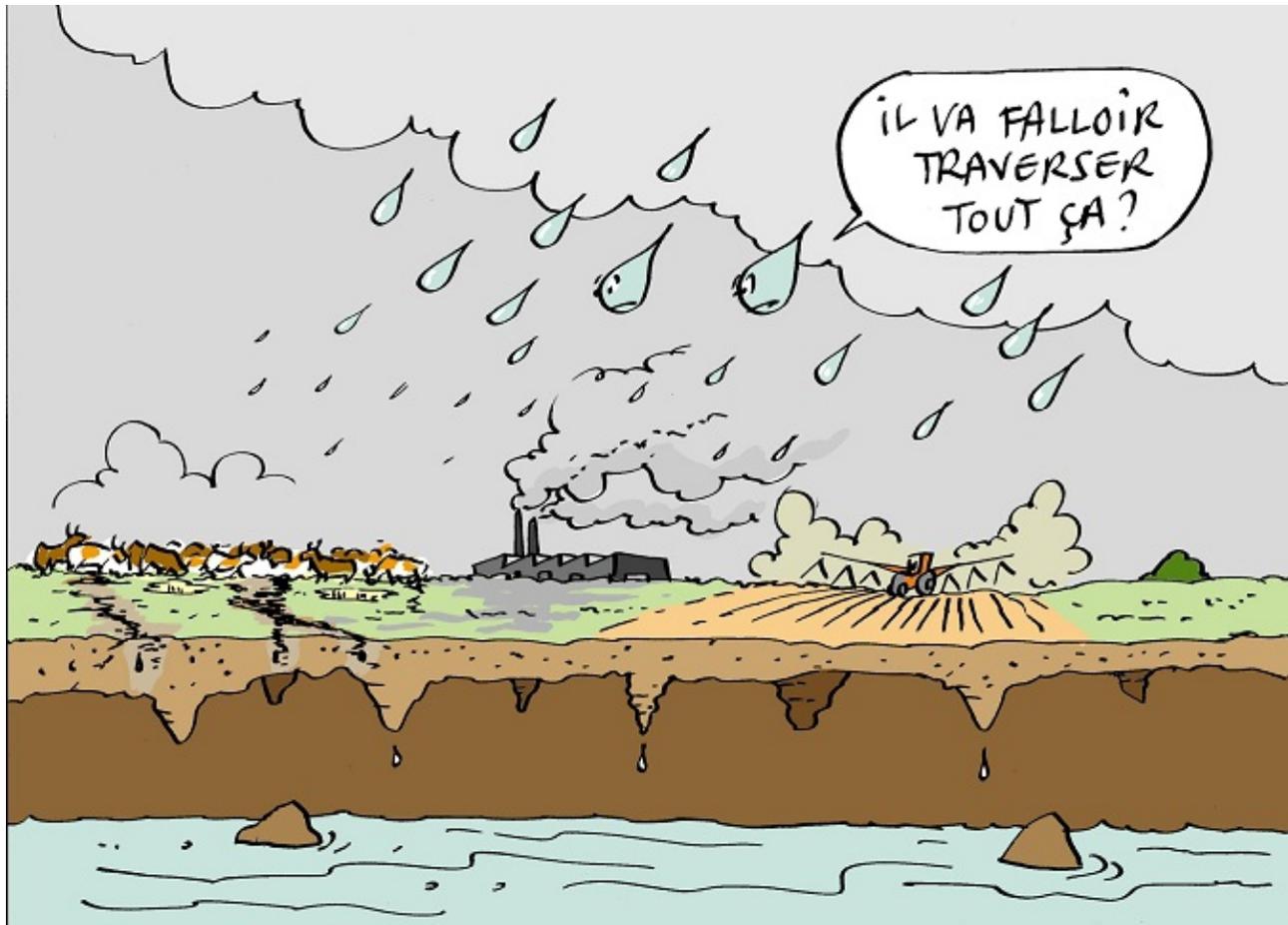
Prévenir



Organismes concernés



# Pollution rurale des souterrains



- Pesticides / engrais
- Pollution industrielle / métaux lourds, hydrocarbure...
- Décharge sauvage par les puits...
- Charniers

Prévenir



Organismes concernés

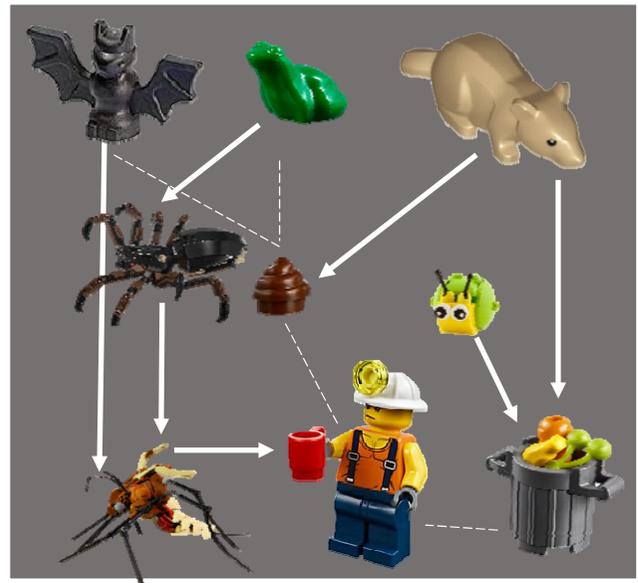


Pourquoi s'intéresser à la faune souterraine ?

# 2 Parce que ça existe, c'est méconnu, et on est curieux.



- Contribuer aux connaissances naturalistes.
- Compléter l'inventaire géographique des espèces
- Constaté leur disparition, leur introduction
- Comprendre notre impact



Pourquoi s'intéresser à la faune souterraine ?

**3** « On peut encore trouver de nouvelles espèces en allant là où personne n'est encore allé chercher »



2003, mon prof de biologie d' IUT ^\_^

**Biotopes souterrains**

# **Biotopes souterrains, Généralités**

# Caractéristiques de l'environnement souterrain

## Carrières & Karsts

### Stabilité de l'environnement

Milieu idéal comme laboratoire de l'étude de l'histoire de l'évolution

### Peu de compétition entre les espèces

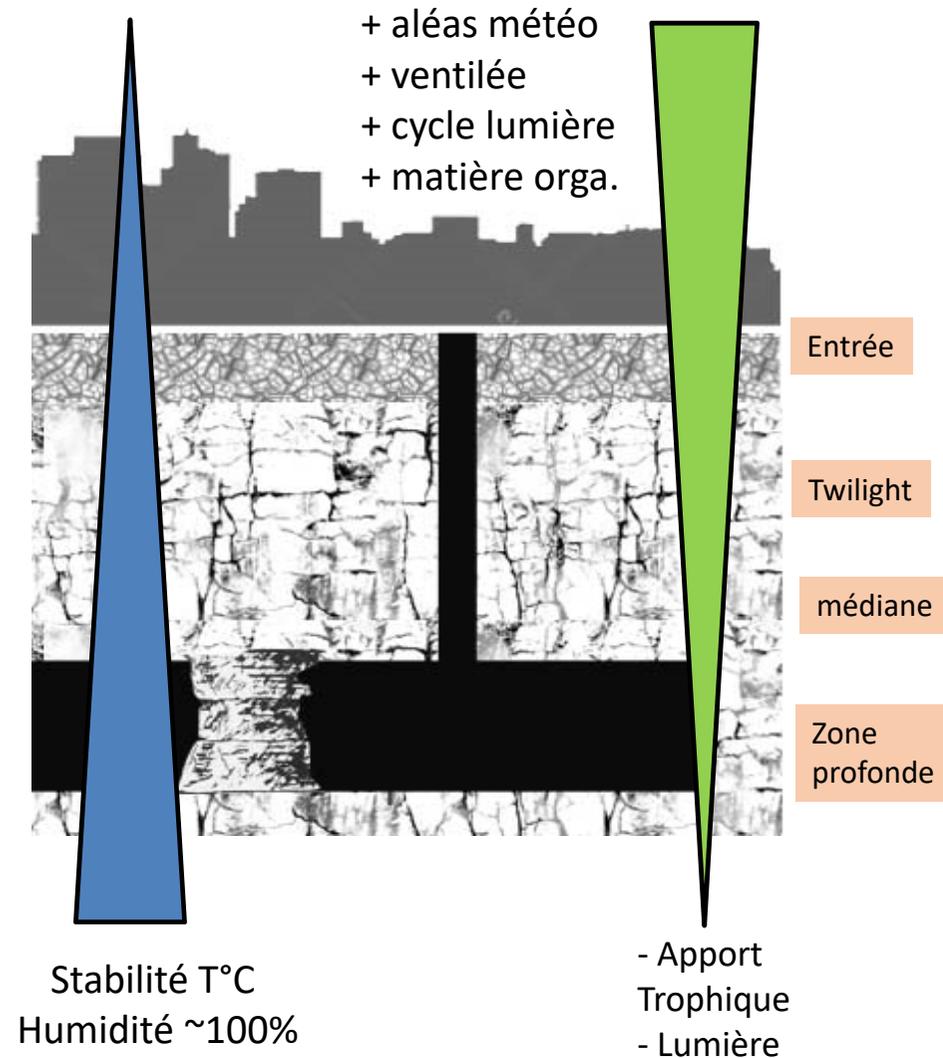
Densité de vie plus faible,  
Biodiversité plus faible.

### Peu d'apport trophique

Bouge et se reproduisent plus lentement.  
Métabolisme ralenti

### Fort taux d'endémisme

vie dans une région restreinte et que l'on arrive à trouver naturellement dans un seul endroit.  
habitat stable / lacune de prospection

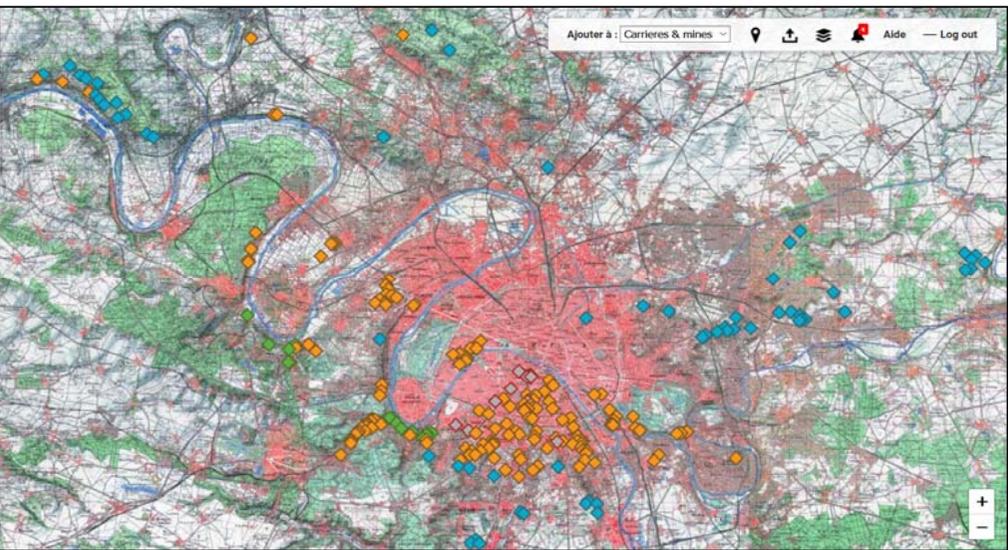


**Biotopes souterrains**

**Les souterrains urbains  
quelles spécificités ?**

# Contextes en surface / Configuration des l'accès

Terrain surface = Urbain / Parcs / Forêt



## Dôme de chaleur urbaine

T°C souterraine =  
 10 – 13°C en banlieue  
 12 - 16°C (rare 19°C)  
 sous Paris

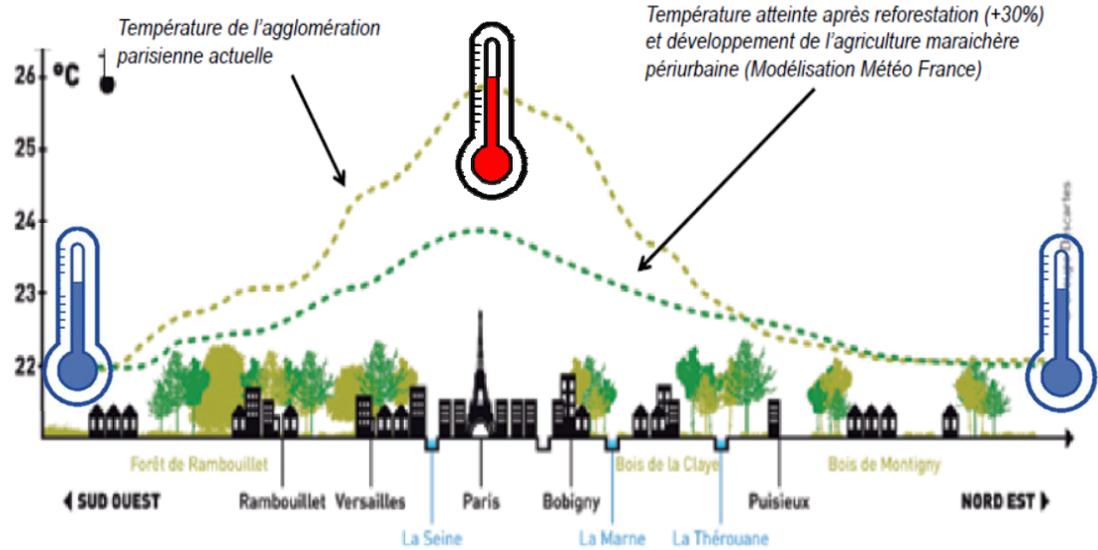
Milieu rural : + d'évapotranspiration  
 Milieu urbain : îlot de chaleur causé  
 par le rayonnement solaire  
 emmagasiné par les toits et routes,  
 restitué la nuit

Taille de l'accès = Cavage / porte / puits



Tampon de puits de service :  
 Catacombes de Paris

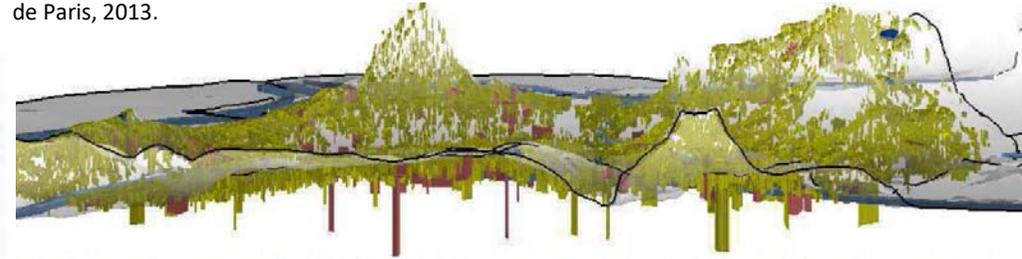
Entrée en cavage,  
 Carrière de Gagny St-Pierre



# Bâti souterrain en ville



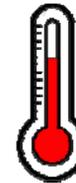
Source : Thèse Aurélie Lamé. Modélisation hydrogéologique des aquifères de Paris et impacts des aménagements du sous-sol sur les écoulements souterrains. Sciences de la Terre. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, 2013.



2. 3: Vues tridimensionnelle du bâti parisien avec en jaune les parkings privés et les caves, en rouge les parkings publics et en bleu foncé les bassins réservoirs souterrains.

## Gain de température sous terre :

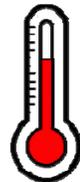
- Puit géothermique
- Pompe à chaleur
- Chauffage urbain (CPCU)
- Climatiseur
- Parking



Source : Thierry Winiarski LEHNA

PARIS SOUTERRAIN.

# Sous Paris



NIVEAU RUE



terrain rapporté

marne blanche

marne blanche et caillasse



sable jaune  
marne blanche  
caillasse

marne blanche et caillasse

sable jaune

caillasse

marne grise et caillasse

sable

roche

rochette

roche



carrières



galerie des catacombes

remblais

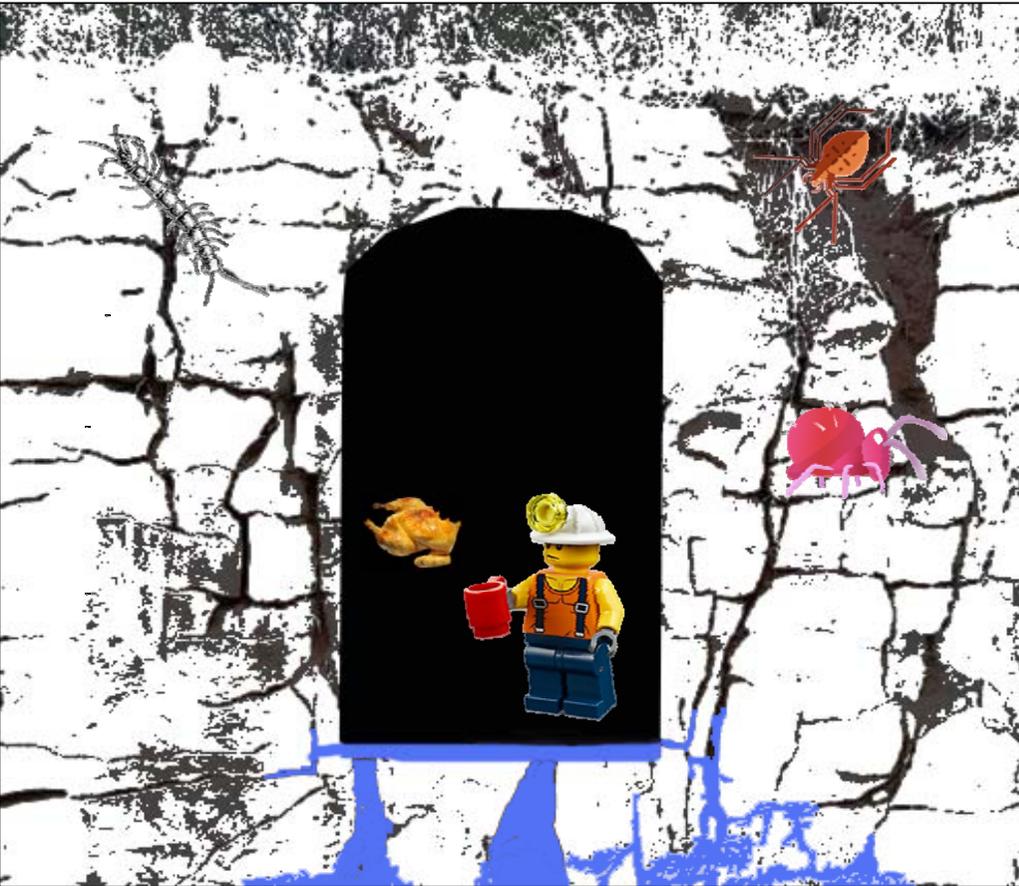
□ ÉGOÛTS    ○ EAU    ◇ GAZ

AVOÛTE MARITIME DU GLAISE  
10 A. 11. METRES

Coupe du sol sous une rue de Paris. — Dessin d'Éd. Renard.

# Vides de Carrière : Observatoire IDEAL !

Reliés au réseau très denses de fentes karstiques



Ille d'un massif.



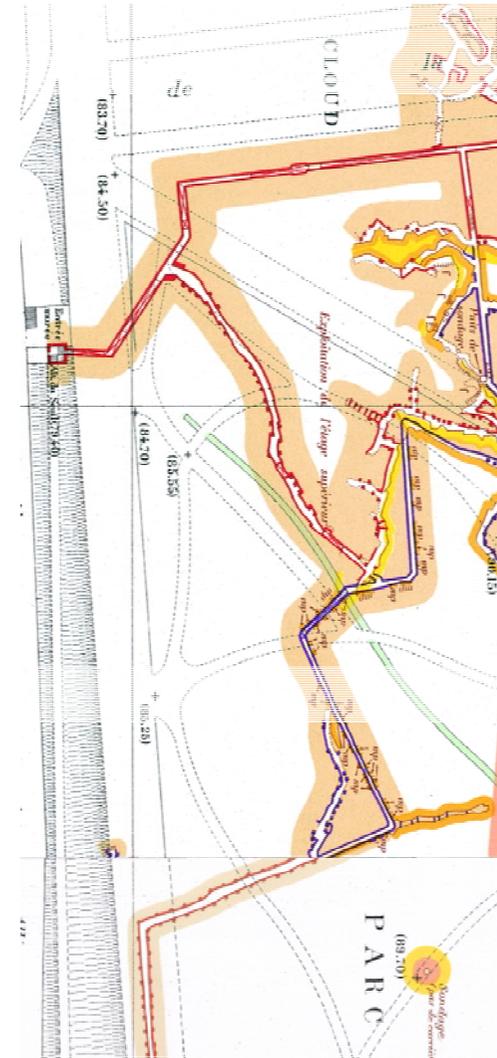
Racovitza : « *J'incline à penser que beaucoup de cavernicoles ont leur habitat normal dans les fentes et non dans les grottes.* »

Rue Pierre 1<sup>er</sup> de Serbie 75016

# Intersection entre Cavité Naturelle & Artificielle

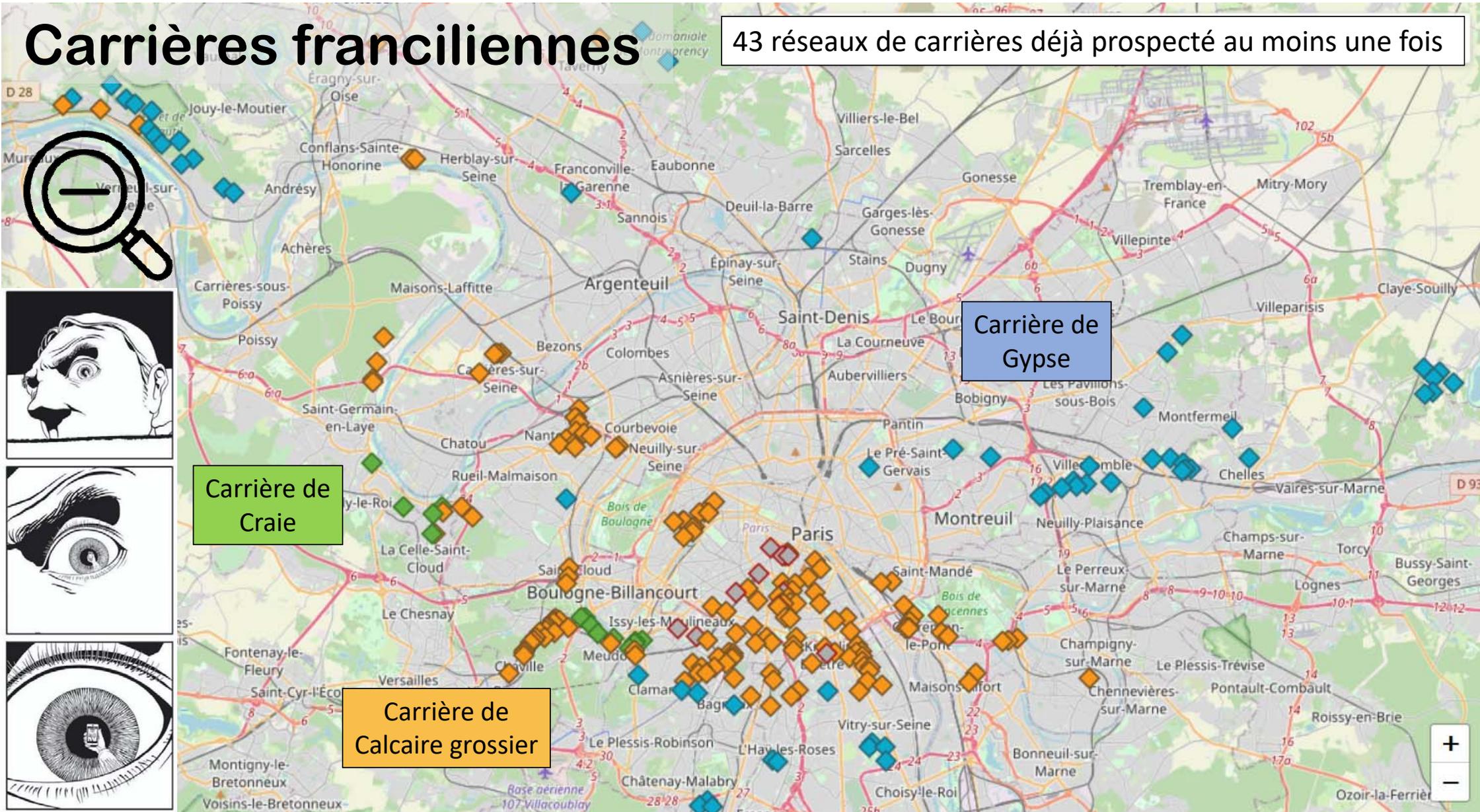


Domaine de Saint-Cloud  
Diaclase  
au ciel de la carrière



# Carrières franciliennes

43 réseaux de carrières déjà prospecté au moins une fois

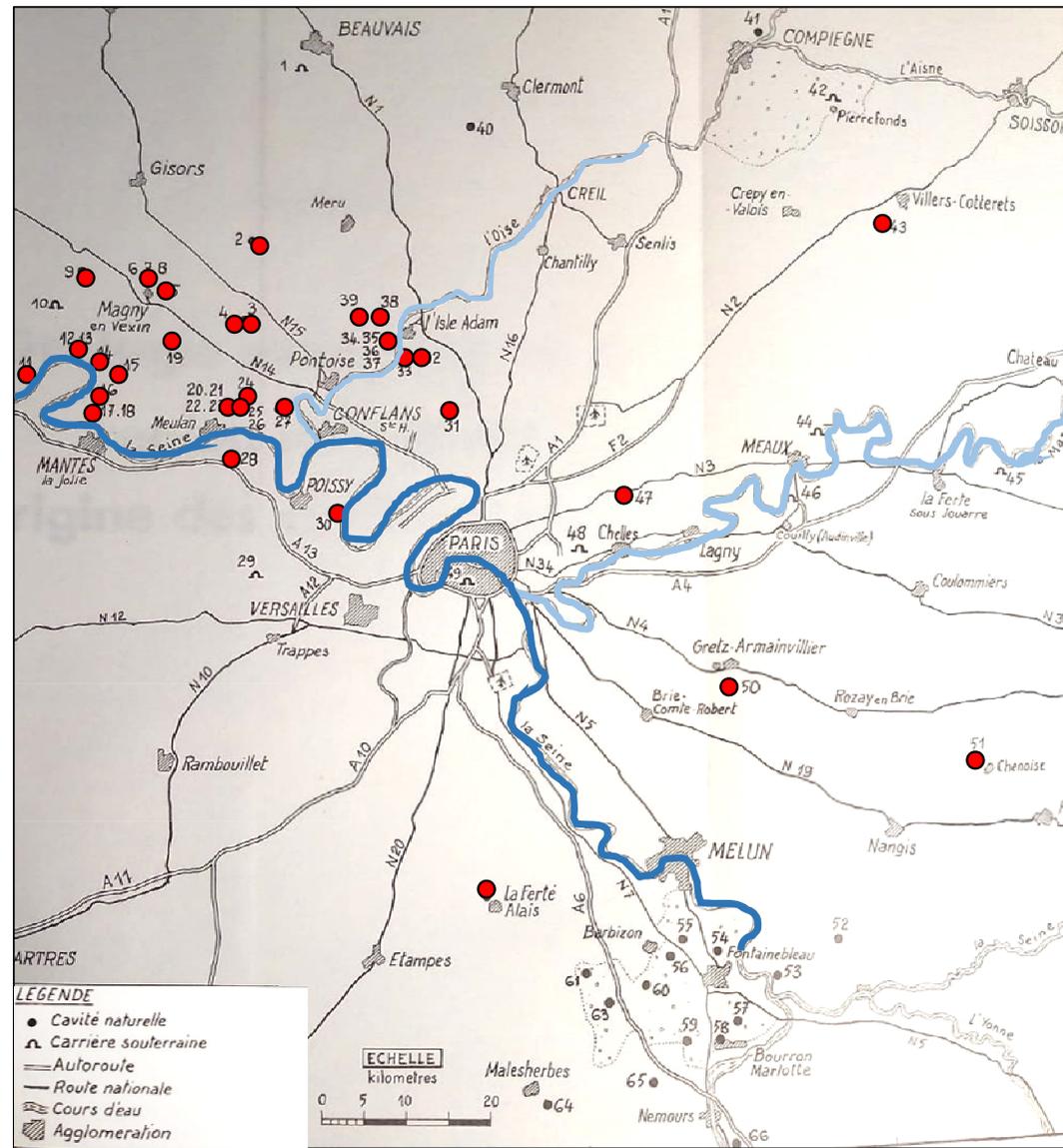


Carrière de Craie

Carrière de Calcaire grossier

Carrière de Gypse

# Cavités naturelles en Ile-de-France



GROTTES = Accessible à l'homme

Diaclases de décollements : rive de la Seine

Phénomènes karstiques dans le calcaire

Phénomènes karstiques dans le gypse

Cavité du grès (Micro cavernes)

**Développement max :**

Gouffre de l'araignée 82m (19m de profondeur)



**Biocénose souterraine**

**Sont elles rares ?**

**Spécialisées ?**

**Classer ces bestioles ?**

# Classification Racovitza

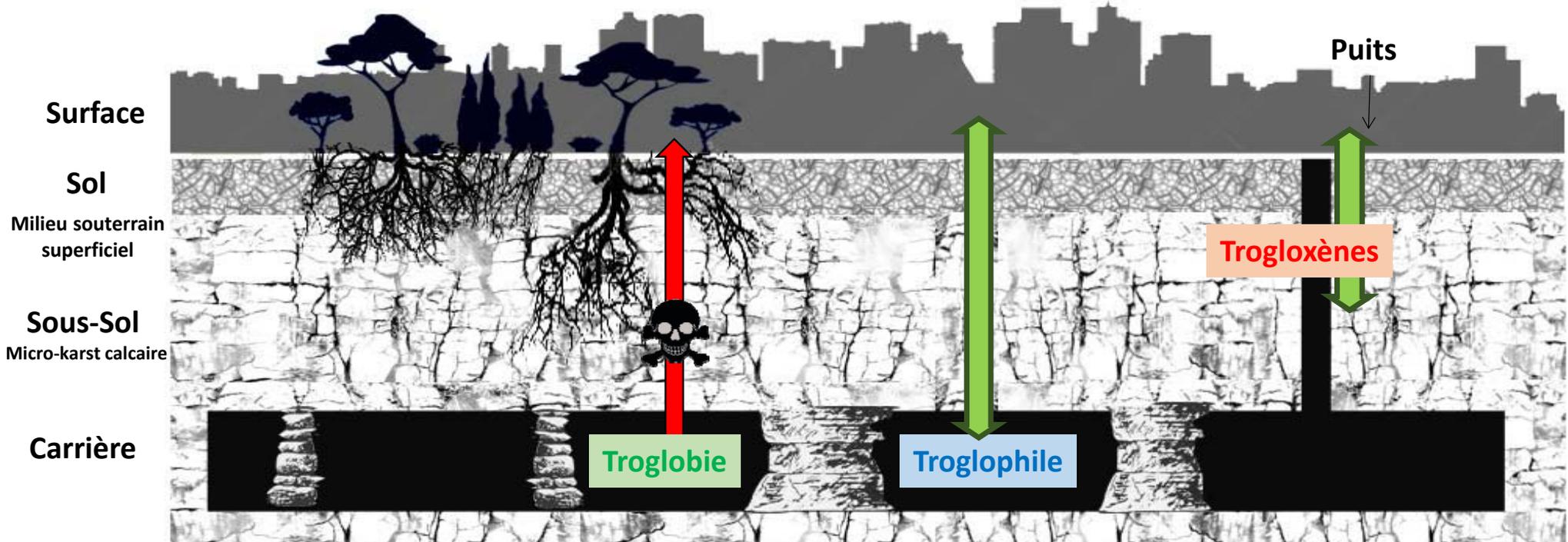
## Ecologie-Evolution

Classification de  
Schiner - Racovitza  
1907

Exclusifs  
Bq modifications  
morphologiques  
Dans les profondeurs

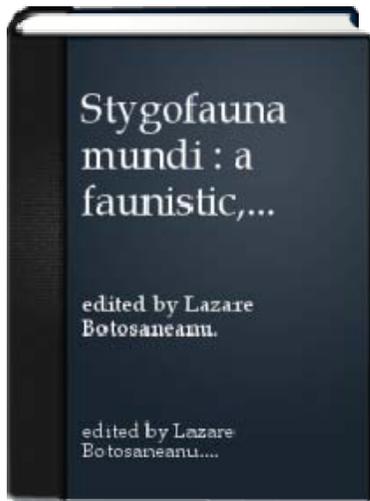
Électifs / saisonniers  
Qql modifications  
morphologiques

Temporaires  
ou accidentels  
Proche accès



+ rare  
+ endémisme

+ commune  
+ cosmopolite



Stygo-

Chapman 1986

Botosaneanu, 1986

Stygobie

Stygophile

Stygoxène



THE STYX—PHLEGYAS

The antique prow goes on its way, dividing / More of the water than 't is wont with others (*Ibid.*, VIII, 29, 30).

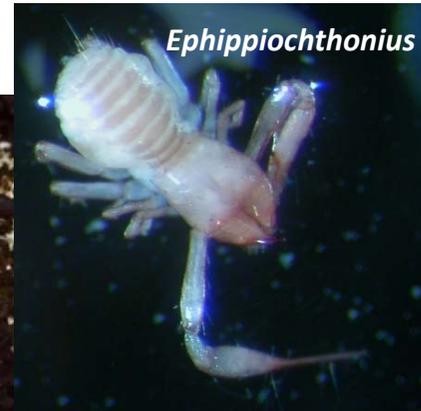
(C) WahooArt.com

**Mythologie Grec** : Le Styx est un des fleuves qui séparait le monde terrestre de l'Enfers . Le Styx, se dirigeait au centre du monde souterrain vers un vaste marais.

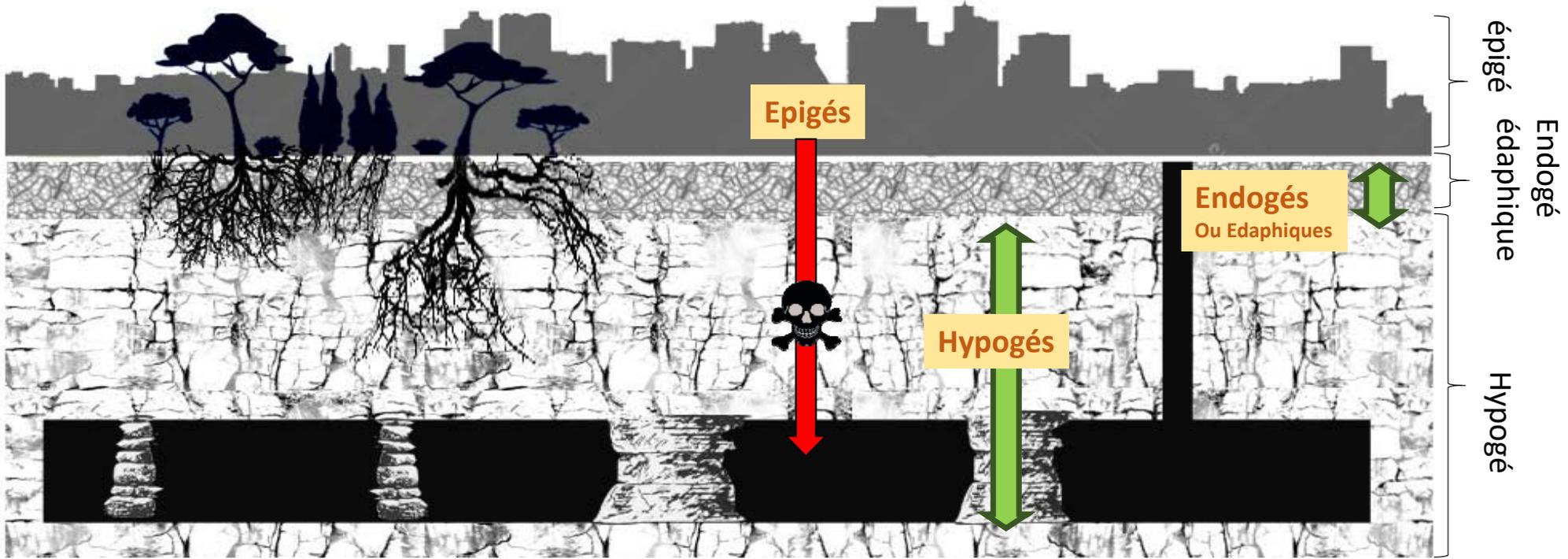
# Le troglomorphisme

## Troglomorphisme (Christians en 1962)

- Appendices, plus allongés, présence de poils ou autres appareils sensoriels (capteurs de vibrations pour repérer les proies).
- L'anophtalmie
- La dépigmentation
- Aptère



# Catégorie en fonction des profondeurs



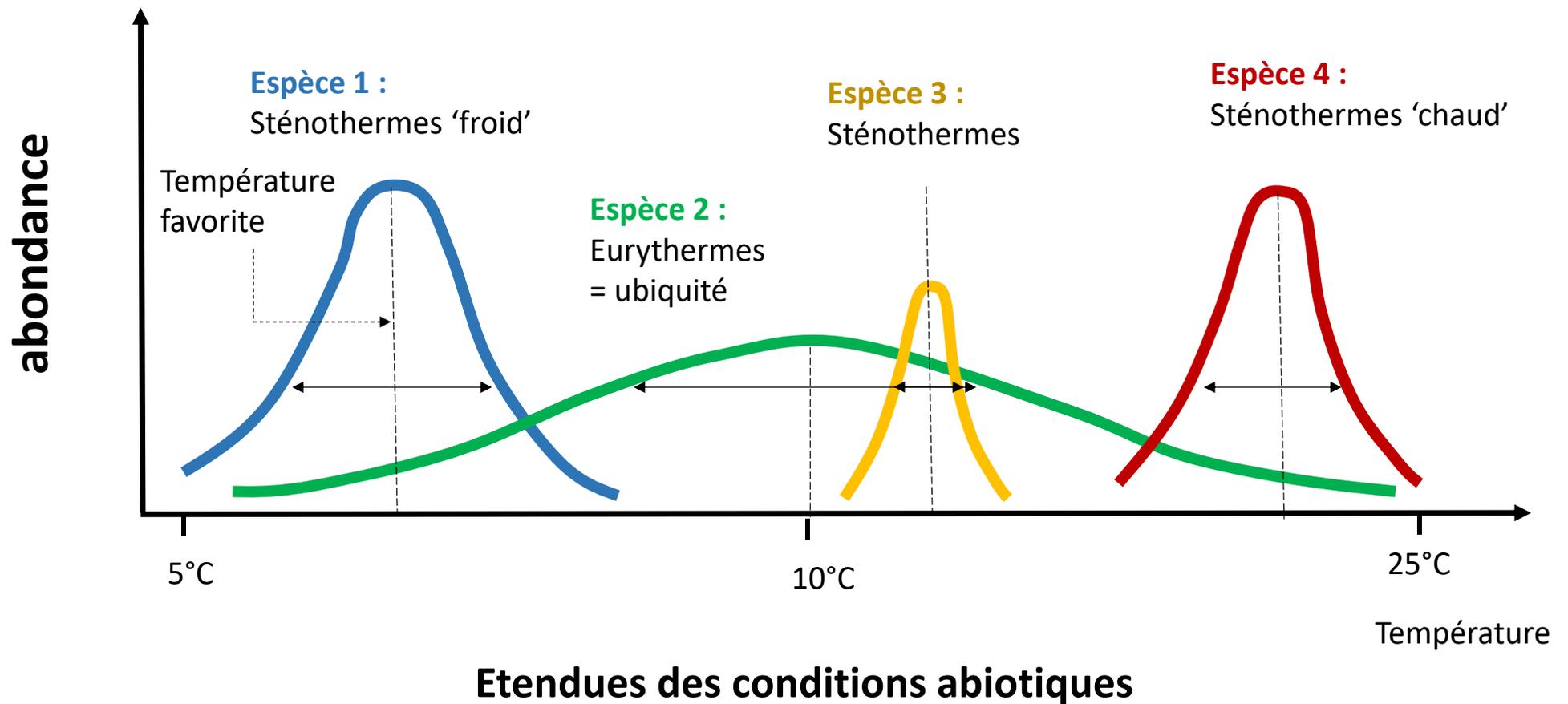
# Valence écologique

Et description de la niche écologique

Évite les catégories subjectives...

Espèce sténocique  
(Sténoécé)

Espèce eurycique  
(Euryécé)



Origine du peuplement souterrain

D'où viennent ces  
bêtes, depuis quand ?

# Milieux naturels : Recrutement des endogés



Classification  
**Schiner-Racovitza (1907)**  
La plus utilisée.

- MSP
- Troglobie
- Troglophile
- Trogloxène

Endogés

Milieu souterrain superficiel (MSS)

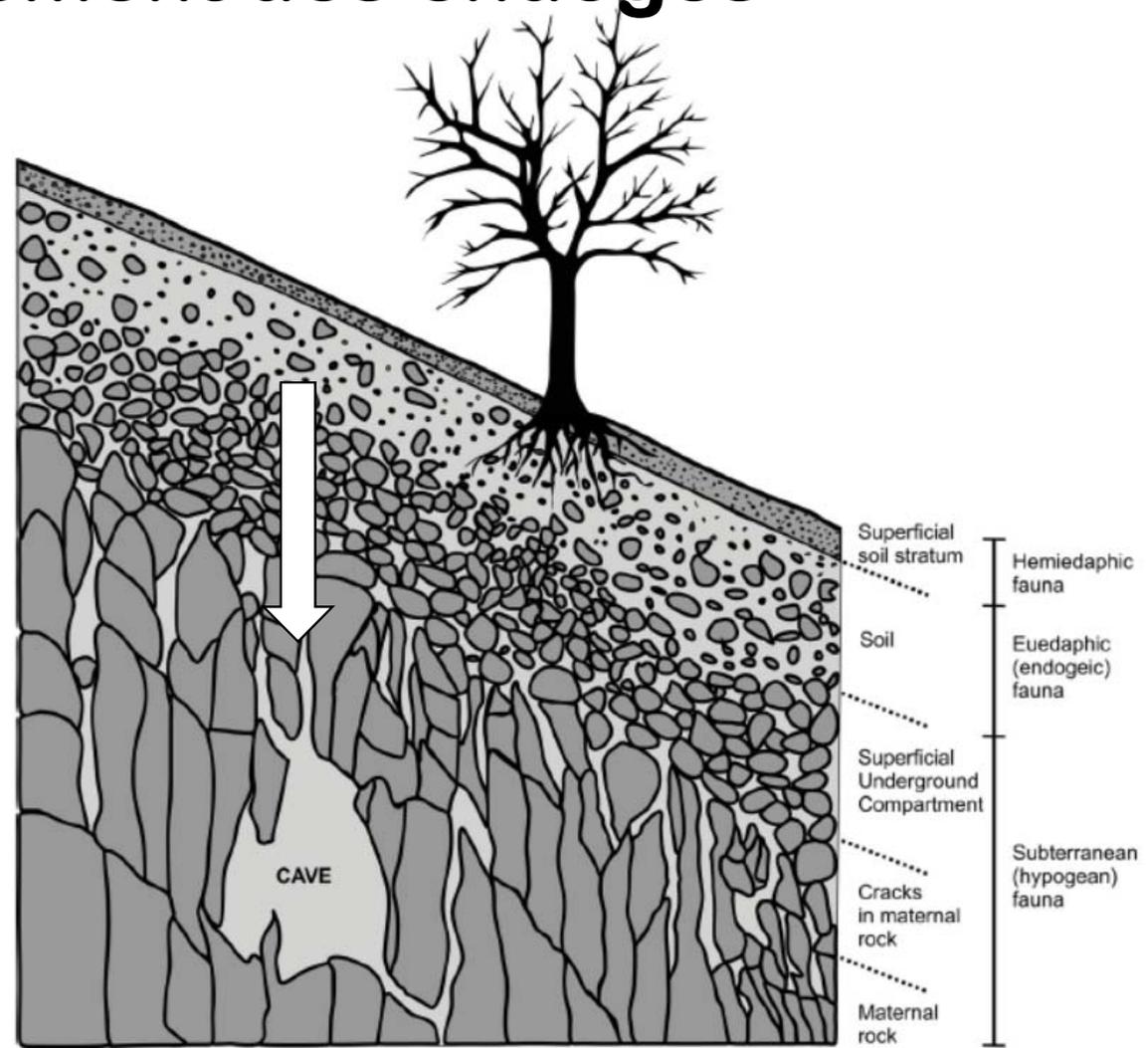
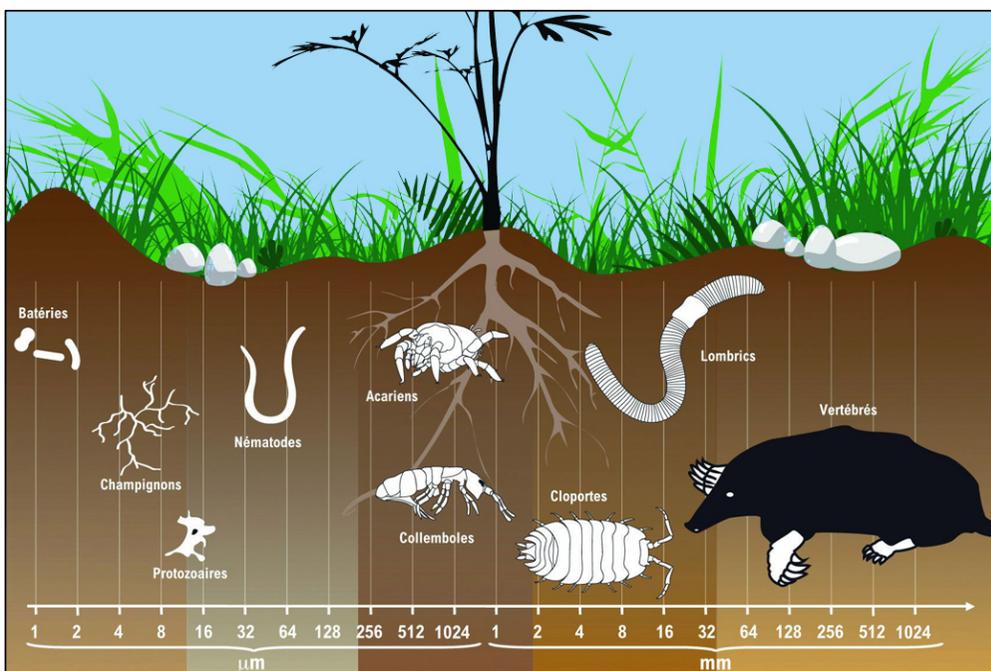


Fig. 6. Mesocavernous Shallow Substratum (MSS), an example of the soil and bedrock interface. Free interpretation of JUBERTHIE and DECU (1994).

# Caractéristiques du sol

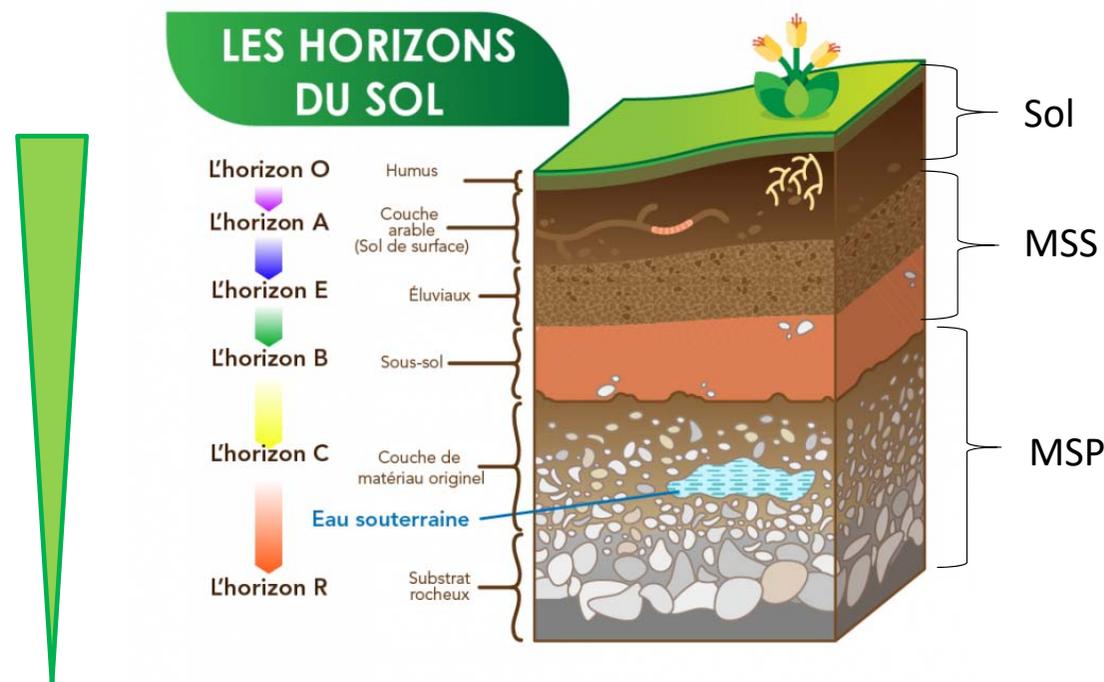


Source IRD-Corsini

Diversité vivant dans le sol

Couches du sol :

échelle structurale



Edaphobie

Microfaune 1-200µm

Edaphophile

Mésafaune 200µm – 2mm

Edaphoxène

Macrofaune > 2mm

Coiffait 1959

- Matière organique
- O<sub>2</sub>
- + Matière minérale

> Les sols hébergeraient environ un 1/4 des espèces animales actuellement décrites

Source : <https://parlonssciences.ca/ressources-pedagogiques/documents-dinformation/science-du-sol>

# Quelques Endogés

*Podocinum* sp.

*Ferreria marqueti*



*Mesotritia nuda* (Berlèse, 1887)

*Veigaia propinqua*

## PAUROPODA

### *Campodae*



# Particularité des zones anthropiques : Compartimentation du souterrain

Source image : Simcity



# Carrières de Paris : nappe du Lutétien

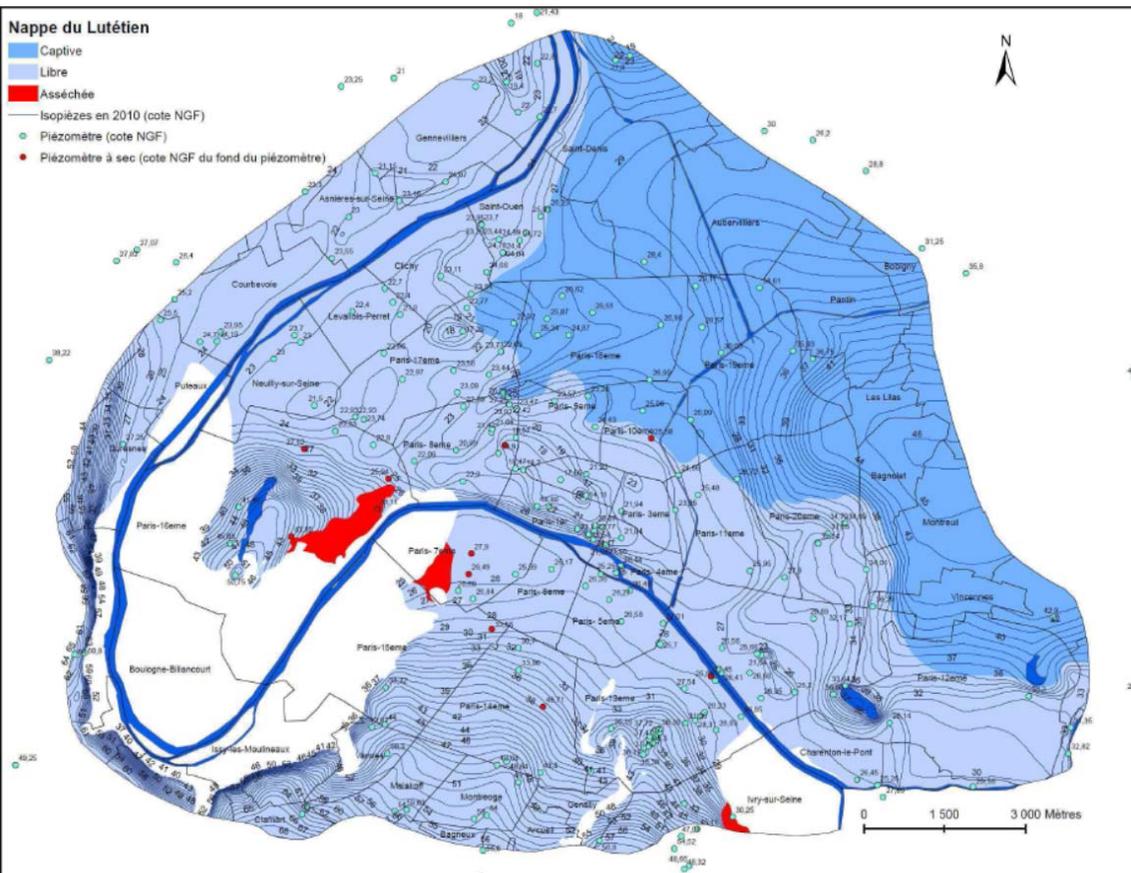
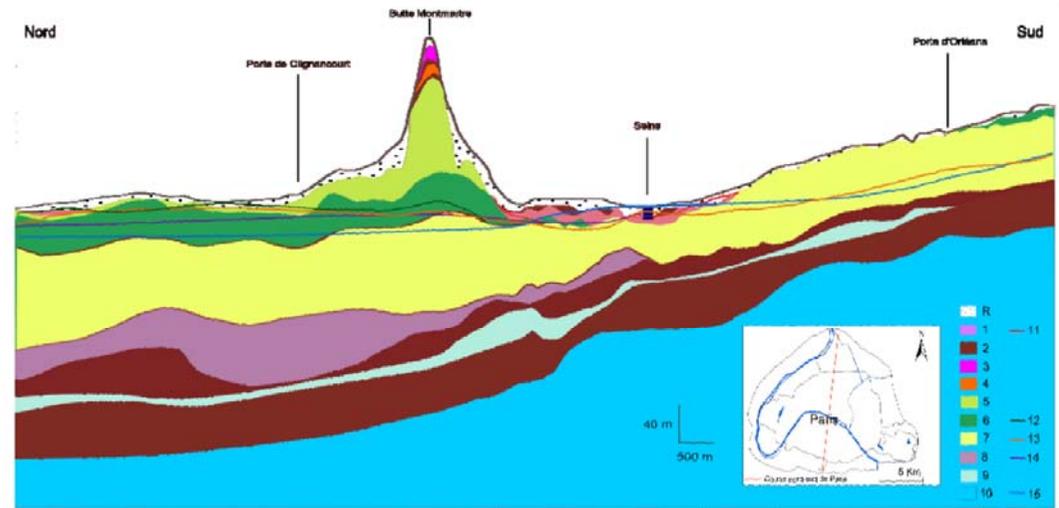


Figure 1. 63: Carte piézométrique de la nappe du Lutétien (2010).



R : Remblais – 1 : Alluvions anciennes – 2 : Formations peu perméables – 3 : Aquifères des Sables de Fontainebleau – 4 : Aquifère du Travertin de Brie – 5 : Marnes Infragypseuses et Masses et Marnes du Gypse – 6 : Aquifère du Bartonien – 7 : Aquifère du Lutétien – 8 : Aquifère de l'Yprésien supérieur – 9 : Aquifère de l'Yprésien inférieur – 10 : Aquifère de la Craie – 11 : Niveau piézométrique de la nappe des alluvions anciennes – 12 : Niveau piézométrique de la nappe du Bartonien – 13 : Niveau piézométrique de la nappe du Lutétien – 14 : Niveau piézométrique de la nappe de l'Yprésien inférieur – 15 : Niveau piézométrique de la nappe de la Craie

Source : Thèse Aurélie Lamé. Modélisation hydrogéologique des aquifères de Paris et impacts des aménagements du sous-sol sur les écoulements souterrains. Sciences de la Terre. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, 2013.

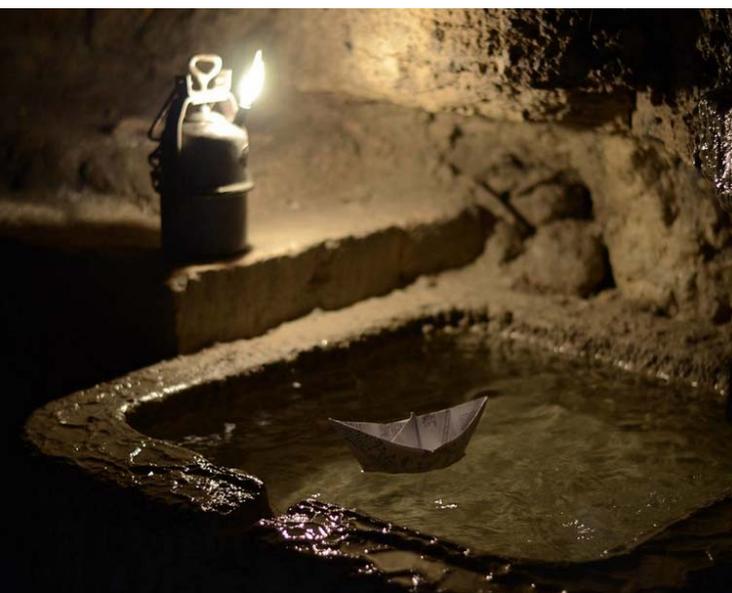
# Biotope aquatique

## En carrière

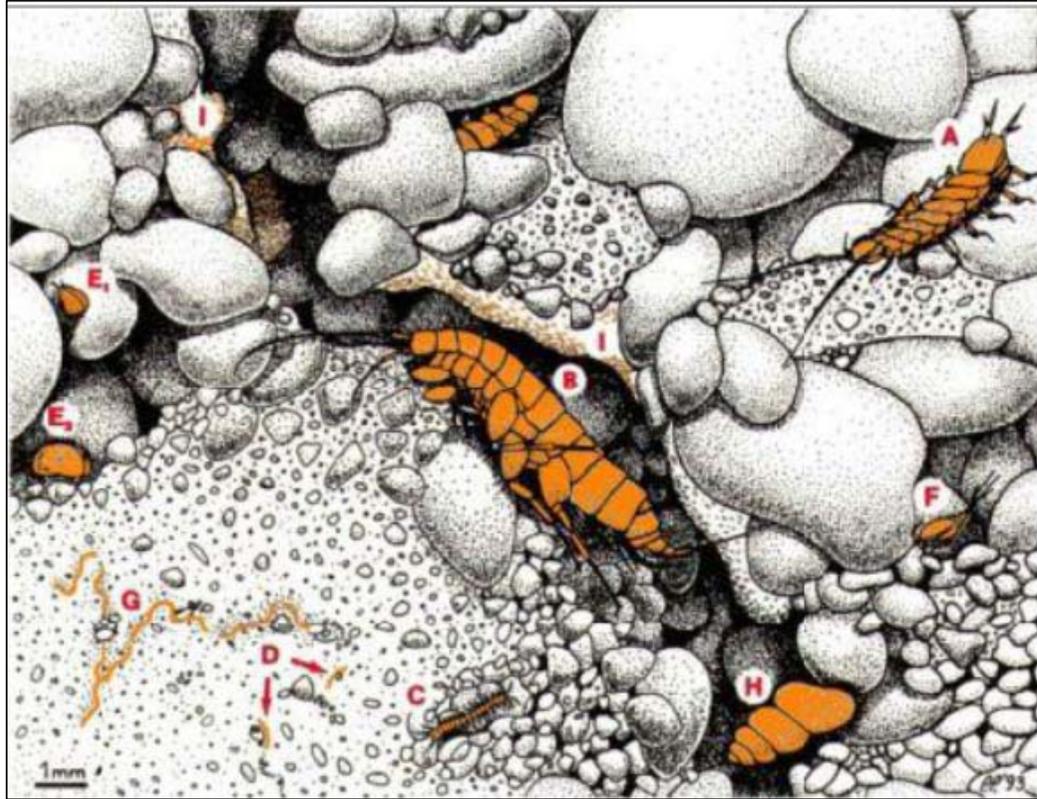
**Puits à eaux, Fontaine d'été**  
nappe souterraines

**Ruissellements, eaux courantes**  
*Niphargus*, copépode.

**Infiltration d'eau (flaques)**  
Piégés et emporté par un écoulement



# Autochtones : Espèces relictuelles du tertiaire



**Cortèges de stygobies dans le réseau de fentes**

Illustration : Étude et protection des gallaselles et de leurs habitats aquatiques souterrains en Poitou-Charentes François Lefebvre, Bruno Fillon, Gailledrat Miguel 2015

Colonisation depuis le retrait de la mer  
(Miocène -23,5Ma)

Refuges depuis le retrait de la mer du bassin parisien entre fin du Lutétien (41,3Ma) et Miocène (23,5 Ma).



La France à l'Oligocène (- 34 Ma)



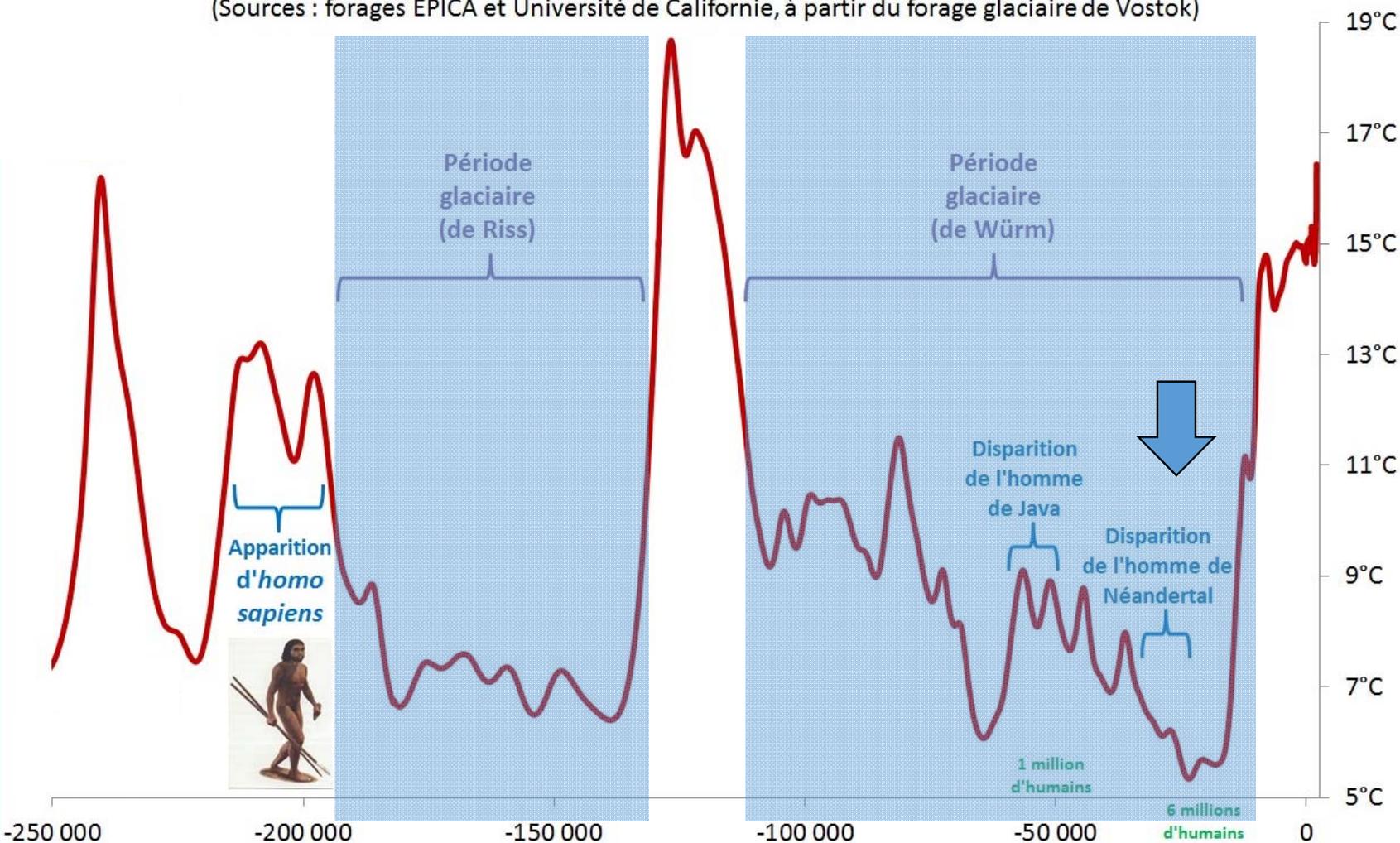
La France au Miocène (- 23.5 Ma)

Ère Tertiaire

# Autochtones : Espèces relictuelles du quaternaire

## Évolution de la température de la planète depuis 250 000 ans

(Sources : forages EPICA et Université de Californie, à partir du forage glaciaire de Vostok)



© Olivier Berruyer, [www.les-crises.fr](http://www.les-crises.fr)

Refuge aussi pour survivre aux périodes glaciaires du quaternaire, et se seraient adaptées à ce nouvel habitat.

Dernière période :  
Pléniglaciaire supérieur  
**30 000 - 17 000 ans**



*Proasellus cavaticus*

# Quelques autochtones (& troglomorphe) sous Paris

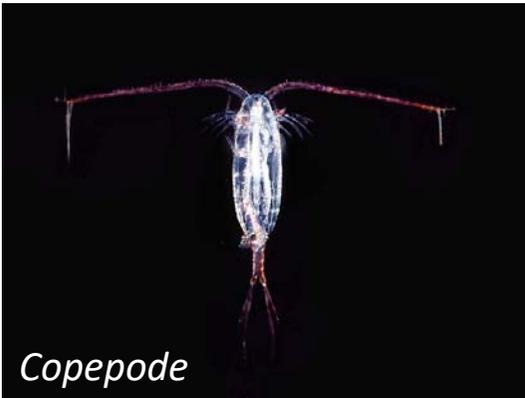
*Leptoneta abeillei*



*Ephippiochthonius genuensis*



*Niphargus plateaui*



*Copepode*



*Ostracode*



*Arrhopalitidae* x5,  
*Pseudosinella* sp. x1

**Arrivées récentes (les touristes)  
et accidentielles (à cause de nous)**

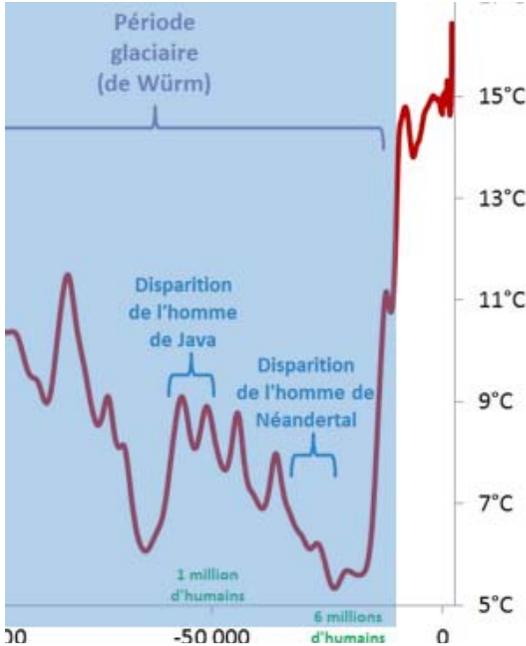
# Espèces allochtones

## Synantropiques

= dont la relation durable avec l'humain

Colonisation au cours de l'Holocène

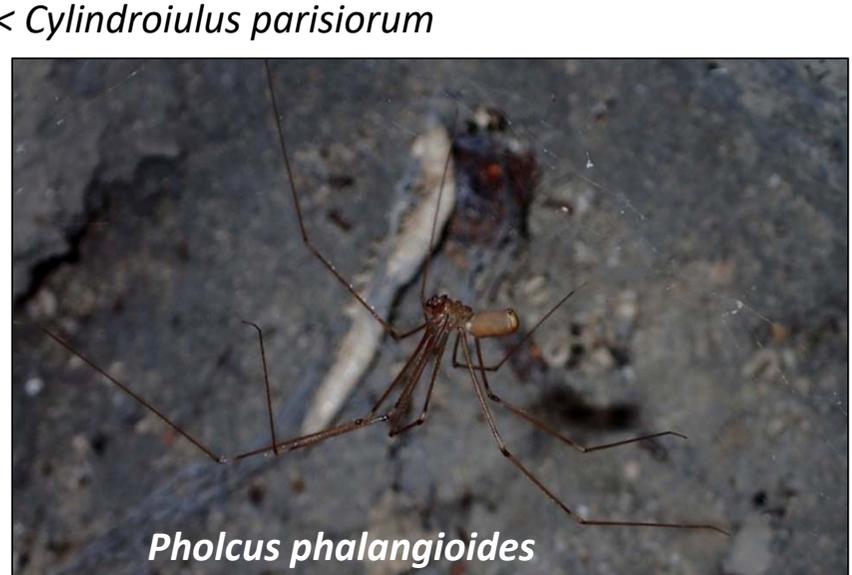
(10 000 ans avant le présent) RECENT 😊



*Zoropsis spinimana*



*Steatoda grossa*



*Cyndroiulus parisorum*



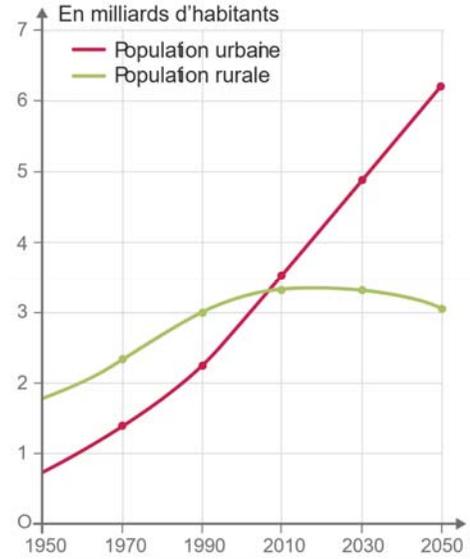
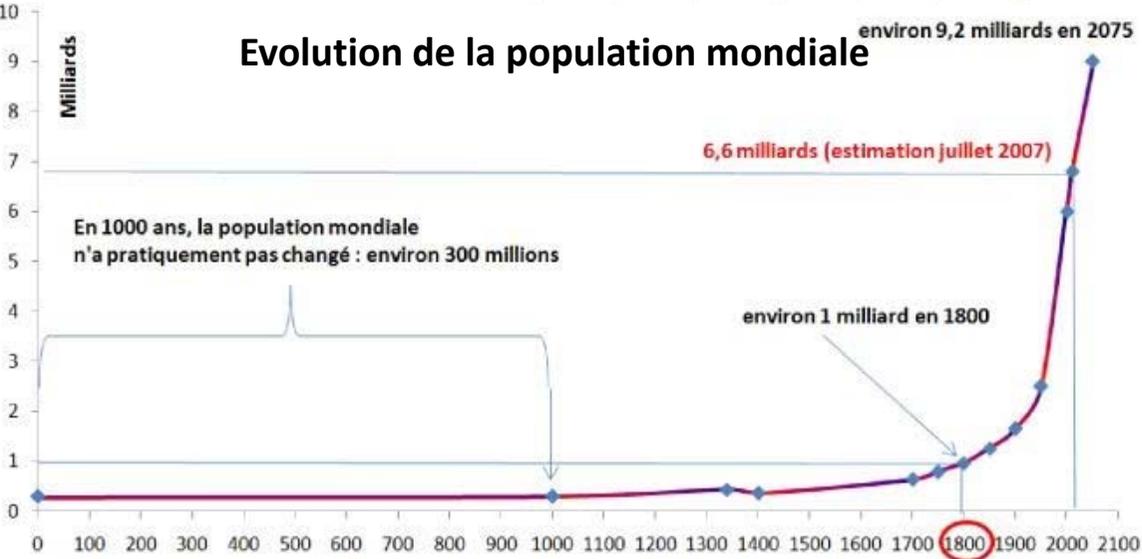
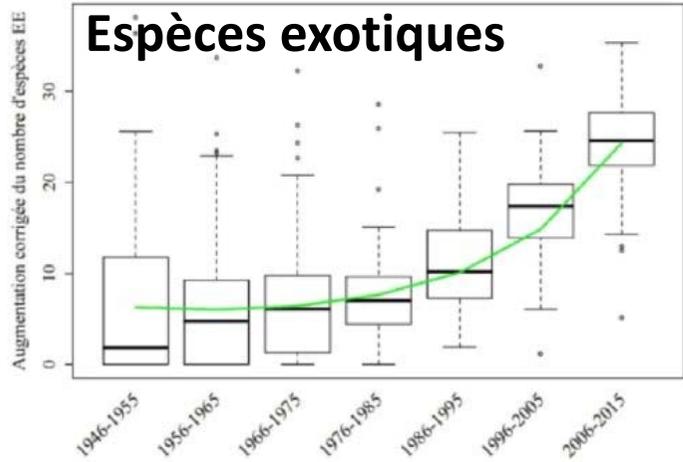
*Porcellio dilatatus*



*Pholcus phalangioides*

# Espèces allochtones, depuis le 19<sup>ème</sup> siècle, Et forte urbanisation mondiale depuis le 20<sup>ème</sup> siècle

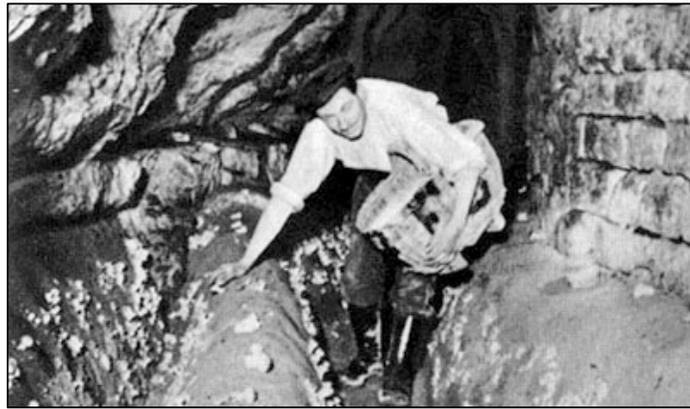
Source : Les espèces exotiques envahissantes et leur gestion  
January 2018



# Introduction accidentelle souterraine

- Les carriers (**depuis 12<sup>ème</sup> siècle**)
- Le bois pour travaux souterrains (**depuis 1276 - 1777**)
- Les spécimens élevés par A. Viré (**1897**)

Carriers 1890



Bagneux en 1896



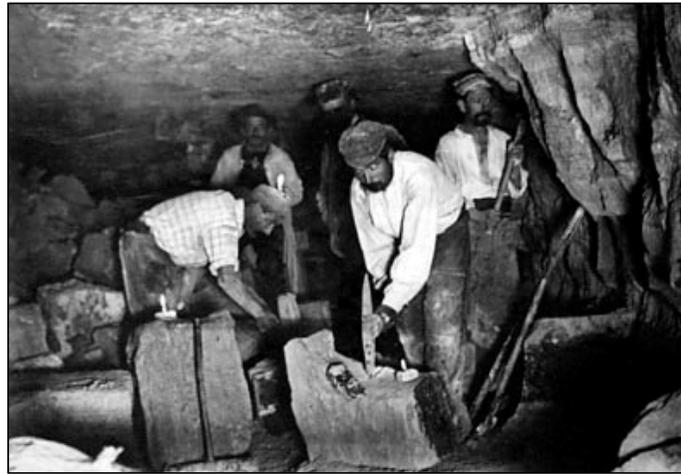
Ouvriers IGC 2013



1897



Carriers 1890



# Boisages de consolidation en carrière



*Zonitoides arboreus*



*Cossonus linearis*



# Brasserie Dumesnil (Cellier...)

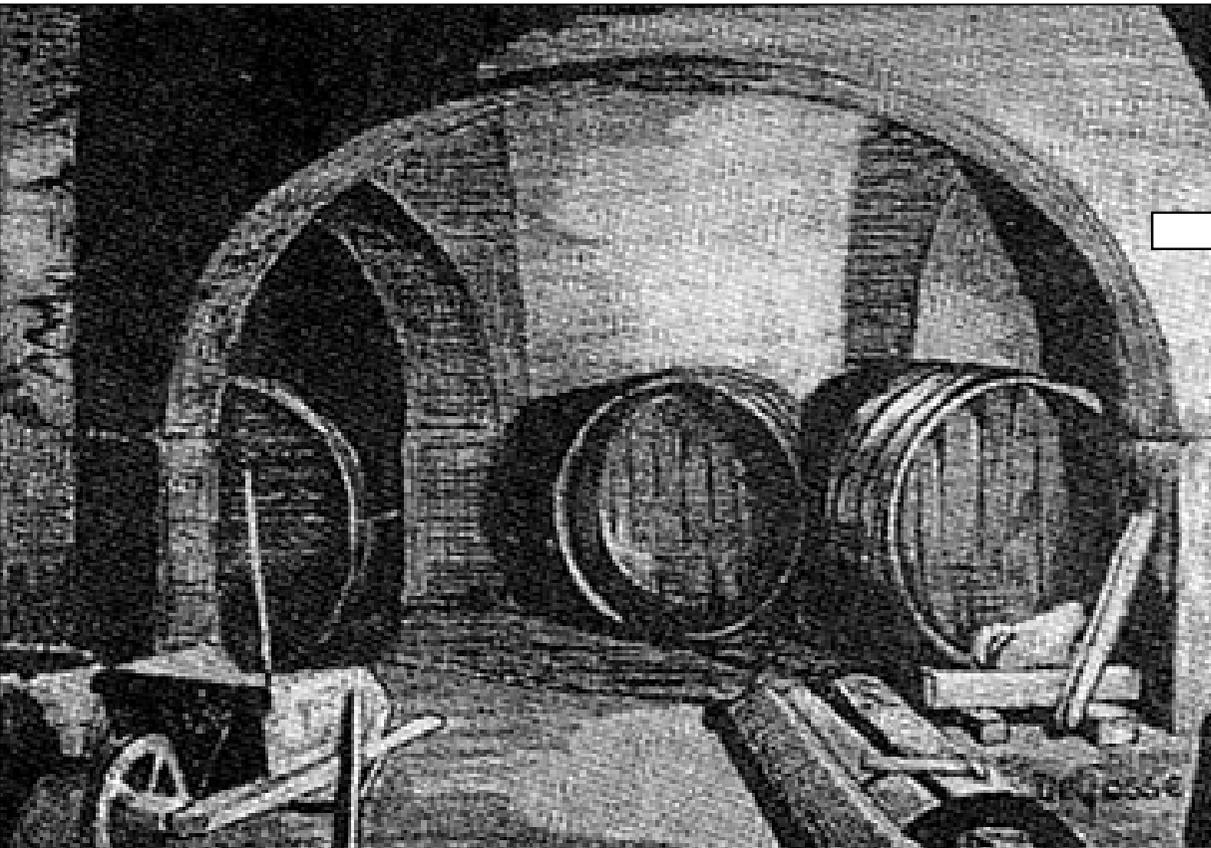
Tonneaux des anciennes brasseries (**Dumesnil depuis 1860**)  
Stockés dans les carrières du 13<sup>ème</sup> (sous le marché au cheveaux)  
et du 14<sup>ème</sup> (Cellier)



**Wharf Borer / Foreur de quai**  
*Nacerdes melanura*

10-12mm

1860

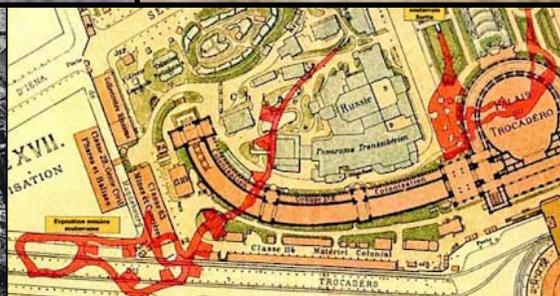
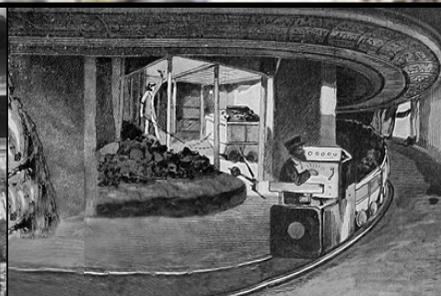


Réputé se développer dans les bois flottés par la mer, ou dans des piliers en bois de pontons maritimes, trouvé à proximité des anciennes cuves à bière de brasserie installée dans les carrières de Paris (où des tonneaux étaient entreposés)

# Exposition minière, exposition universelle 1900

Carrière du trocadéro

*Leptoneta olivacea*



# Espèces exotiques

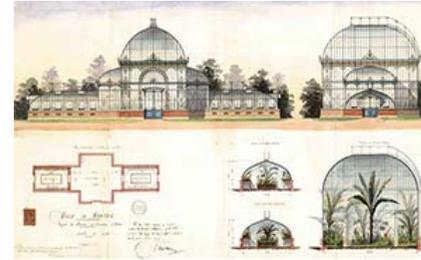
Introduite accidentellement d'un autre continent que celui dont elles sont originaire.

*Diestrammena asynamora*, *Sauterelles de serre*



Nicolai Adelung. **1902**

Déjà à Paris depuis début XXème dans les serres



*Psilochorus simoni* (troglophile)



La première décrite en France, fut dans les caves du laboratoire d'anatomie comparée à la Sorbonne (proche du laboratoire de botanique et géologie ou du matériel de différent pays été stocké). (Berland, **1911**)

# Les résultats de l'inventaire



INVENTAIRE BIOSPELEOLOGIQUE DES  
CARRIERES SOUTERRAINES FRANCILIENNES

# Type de peuplement dans notre échantillonnage

Environ 140 taxons différents

## Diversité des espèces

*Aiguillette commune*



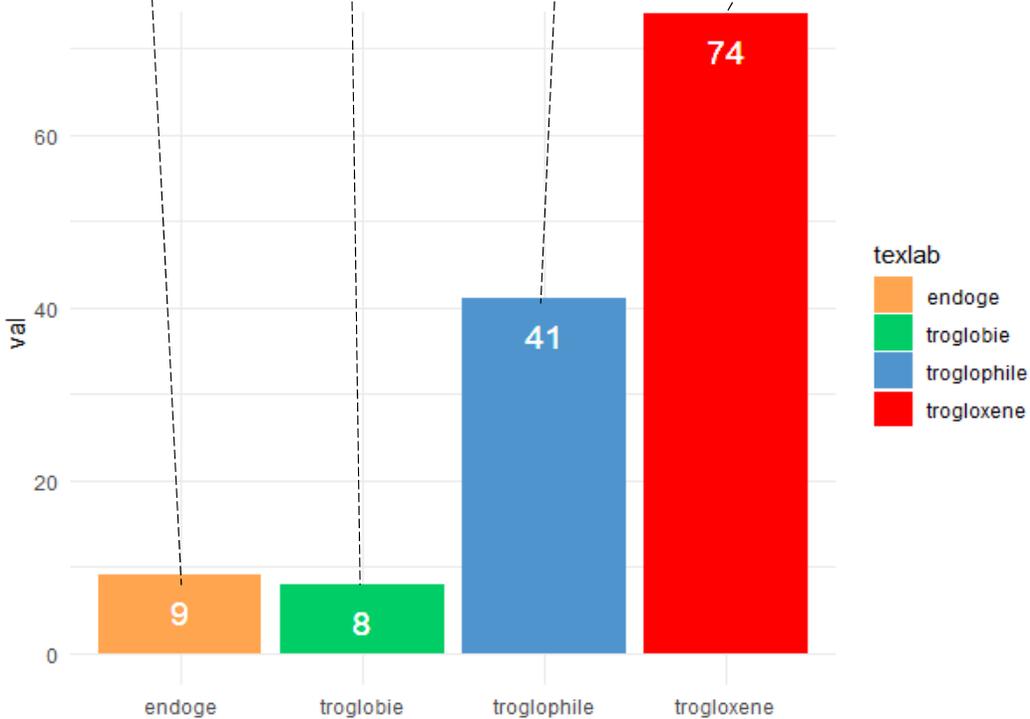
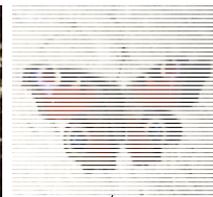
*Niphargus plateaui*



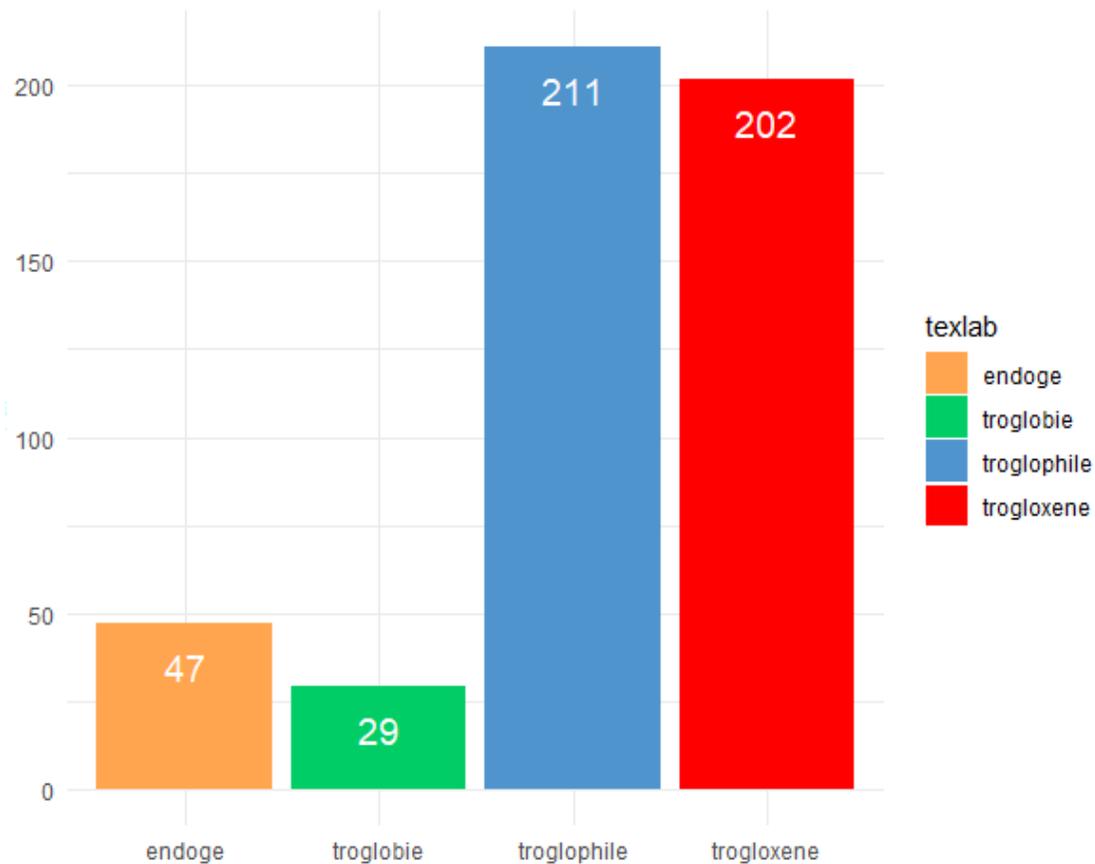
*Scotolemon doré*



*Paon du jour*



## Abondance des espèces



# Comparaison avec des cavités belges

Bulletin des Chercheurs de la Wallonie, XLVI, 2007, 73-95

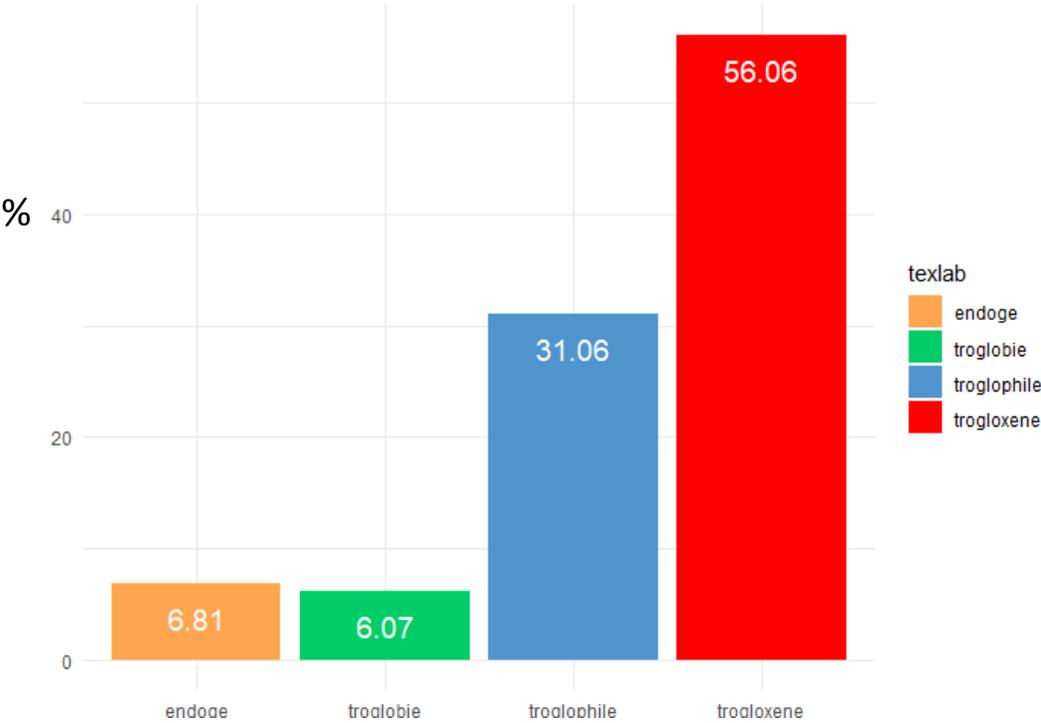
## Les invertébrés des carrières souterraines de craie du nord-est de la Belgique

\* Chercheurs de la Wallonie, C.R.S.O.A.

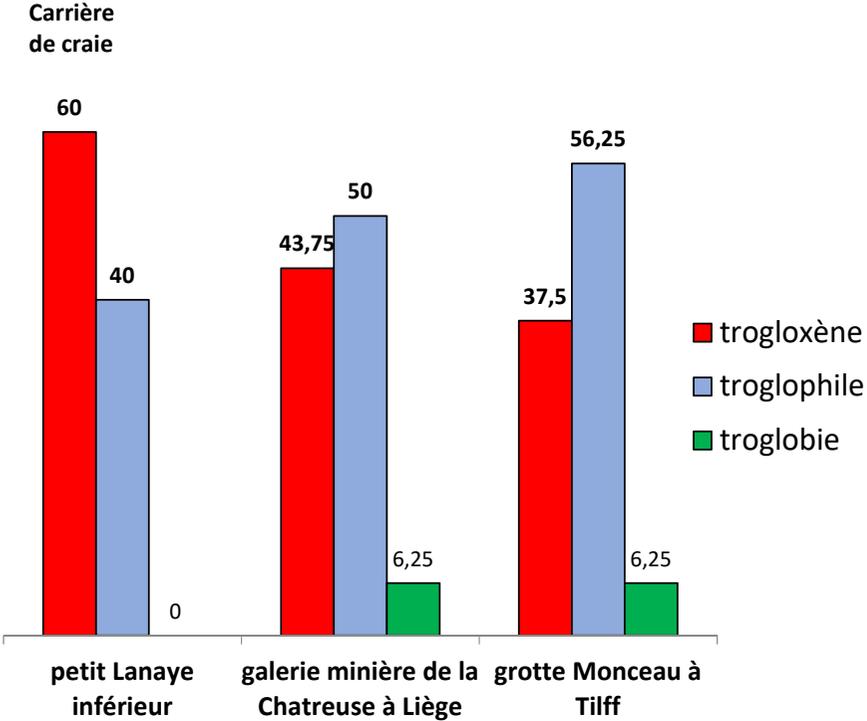
Michel DETHIER\*

### Diversité des espèces

Carrières d'Ile-de-France  
% de taxons par type



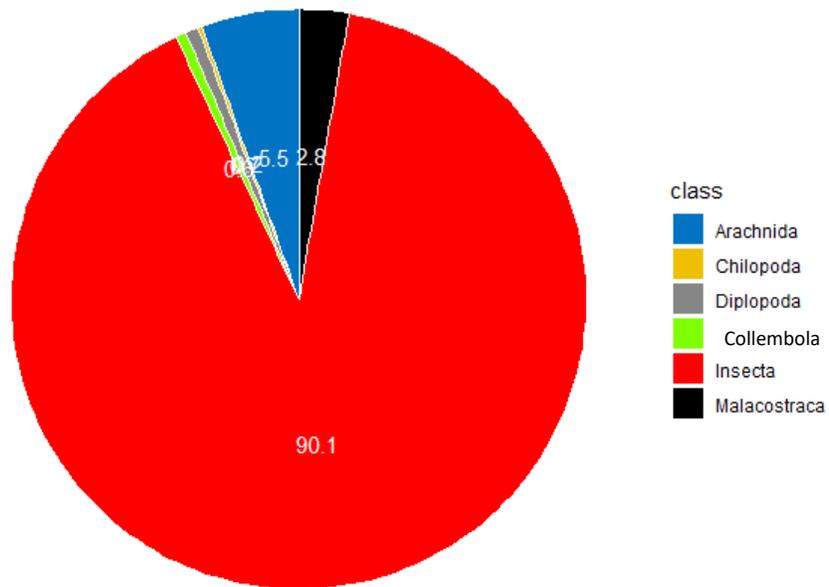
### % taxons



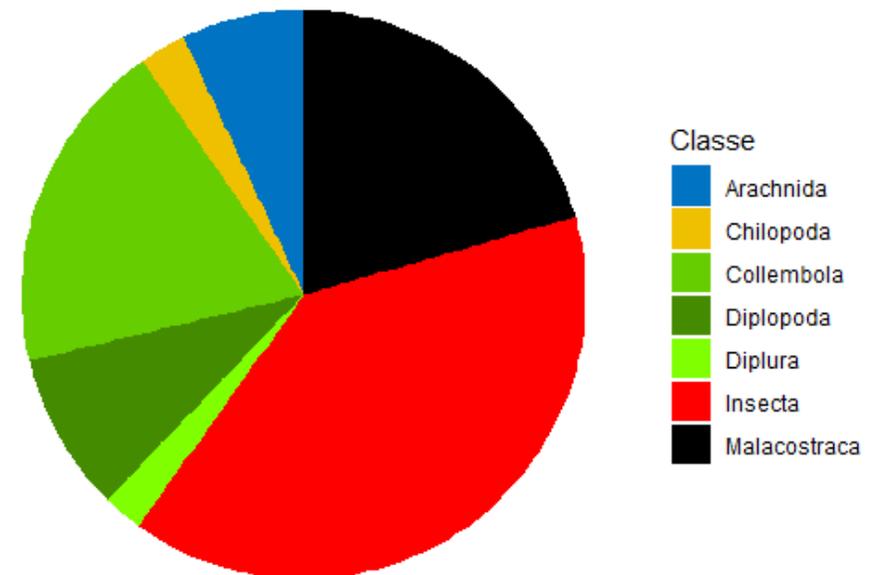
# Composition de la communauté souterraine

## ARTHROPODES

Proportion des classes représentées  
dans le monde SURFACE



Proportion des classes représentées  
dans nos échantillons  
des arthropodes



# Structure du peuplement souterrain

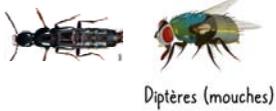
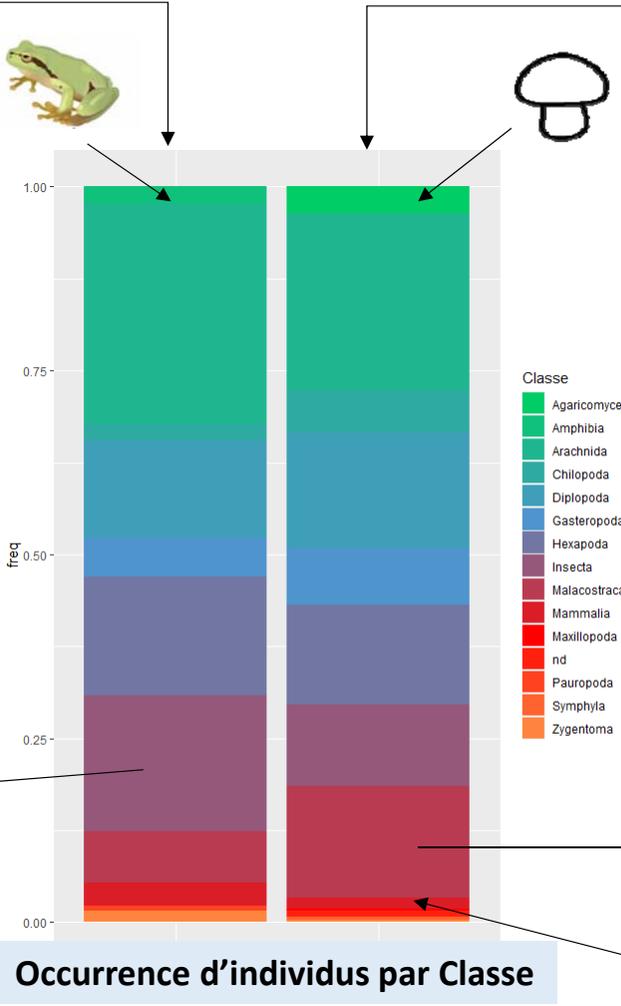
## Comparaison d'environnement



Milieu Boisé  
Cavage de carrière de Maule (78)



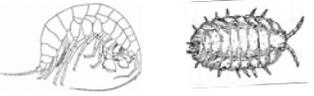
Milieu urbain, rue goudronnée  
Place Denfert à Paris (75)



Insectes

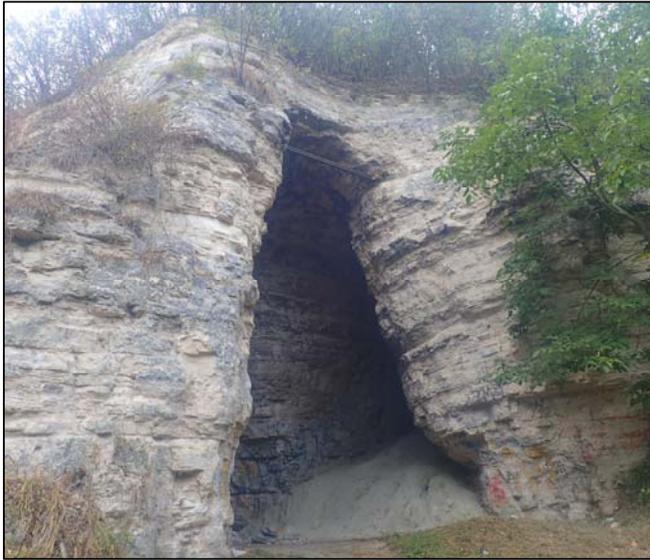
Diptères (mouches)

malacostraca



Occurrence d'individus par Classe

# Surface des interfaces vers l'extérieur

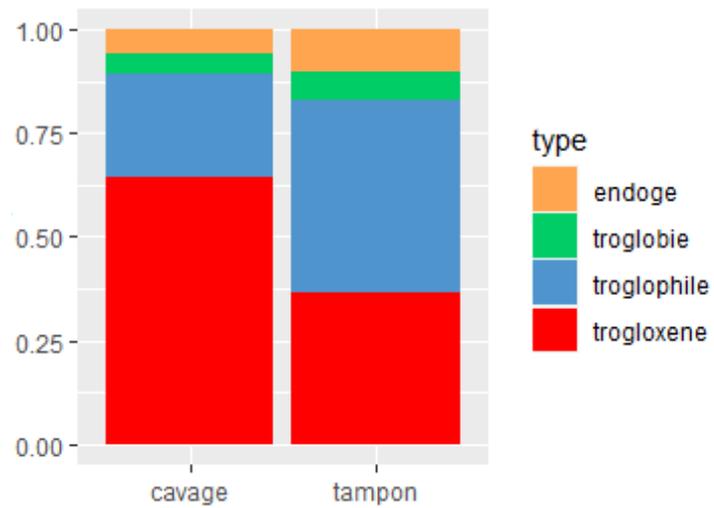


Entrée en cavage des carrières de Gagny

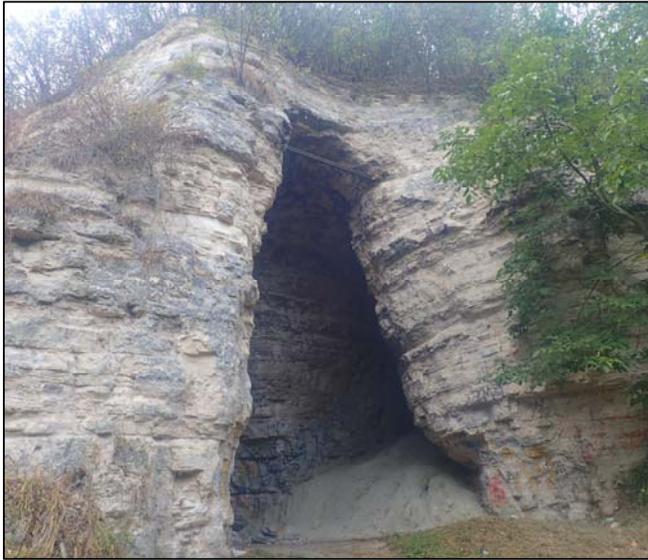


Tampon de puits de service : Catacombes de Paris

Occurrence d'individus par type



# Surface des interfaces vers l'extérieur



Entrée en cavage des carrières de Gagny

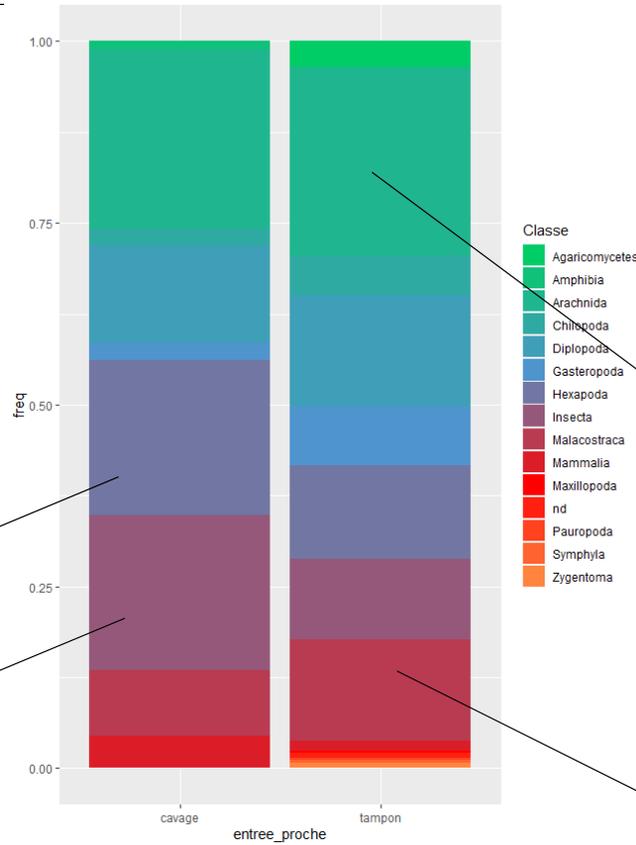


Collemboles et diploures



Insectes

Occurrence d'individus par Classe



Tampon de puits de service : Catacombes de Paris

Arachnides



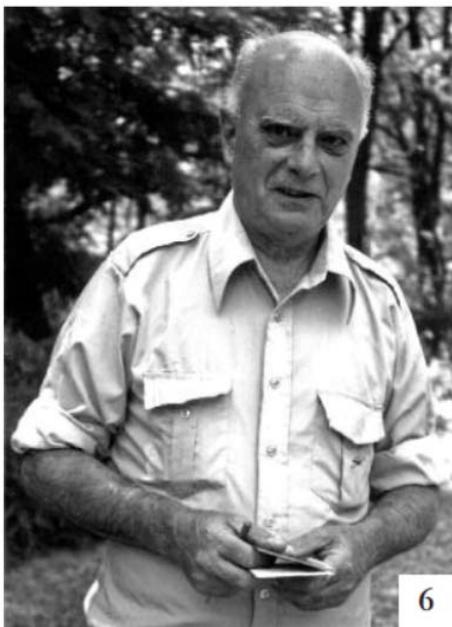
Malacostraca



# Evolution du peuplement sous Paris ...

# Evolution de la biodiversité : Carrières d'Ile-de-France

Jean Balazuc (1914-1994).  
Photo Henri-Pierre Aberlenc



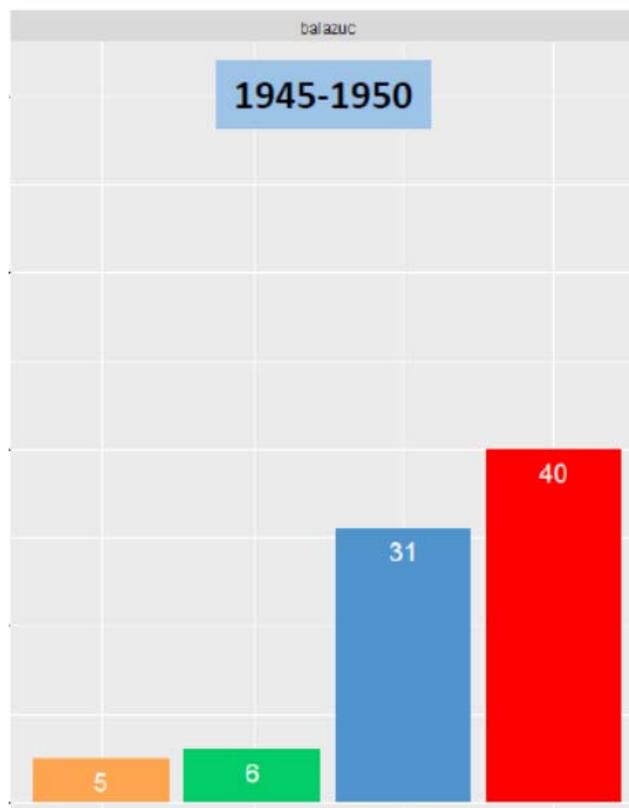
- endoge
- troglobie
- troglophile
- trogloxene

## Difficultés :

Certaines cavités disparues/inaccessibles  
Certains taxons redéfinis  
Catégories variables suivant sources biblio

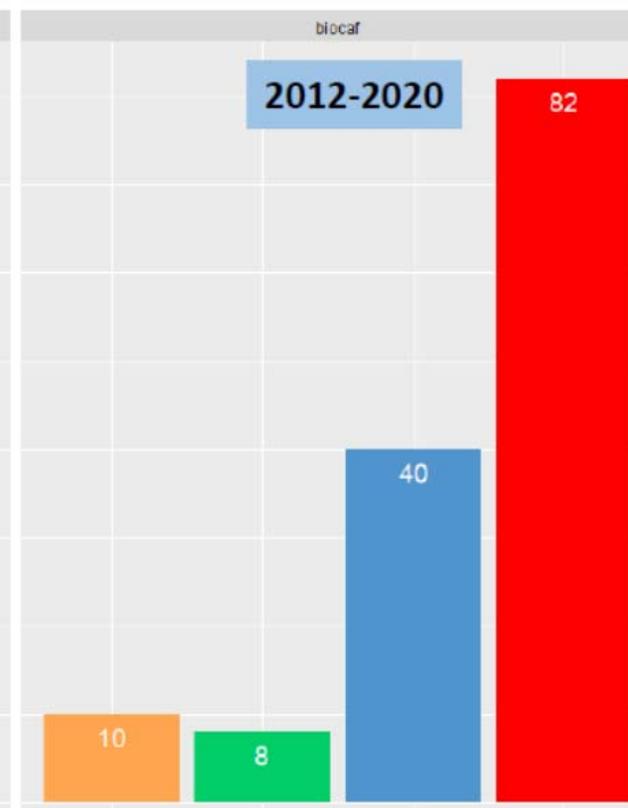
### BALAZUC

(82 espèces, 28 carrières)



### BIOCAF

(140 espèces, 43 carrières)



# Evolution de la biodiversité : Carrières d'Ile-de-France



Murin de Daubenton



Murin à oreilles échancrées



Grand Murin



Grand Rhinolophe

## Observations :

*Mammalia* : disparition des chiroptères

12sp >>> 4sp

⇒ URBANISME & destruction de l'habitat

Collemboles & Gasteropodes

Plus d'identifications pour BIOCAF



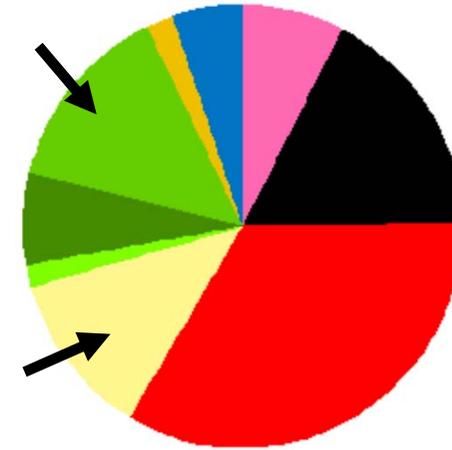
## BALAZUC

(82 espèces, 28 carrières)



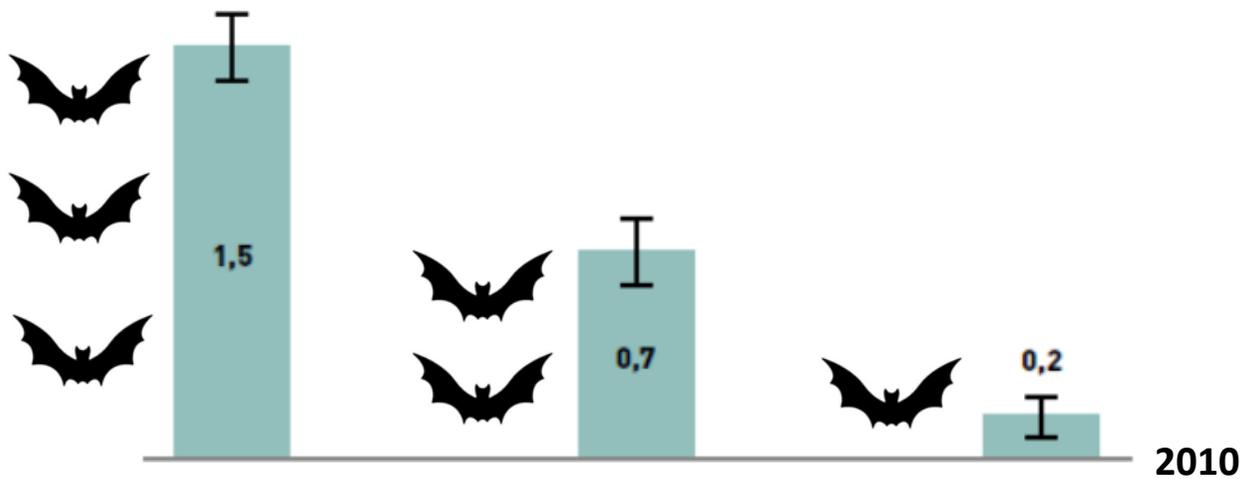
BIOCAF  
INVENTAIRE BIOSPELEOLOGIQUE DES  
CARRIERES SOUTERRAINES FRANÇAISES

(140 espèces, 43 carrières)



Classe

- Arachnida
- Chilopoda
- Collembola
- Diplopoda
- Diplura
- Gasteropoda
- Insecta
- Malacostraca
- Mammalia



Zone rurale  
(n=245)



Zone suburbaine  
(n=159)



Zone urbaine  
(n=64)



Pipistrelle commune

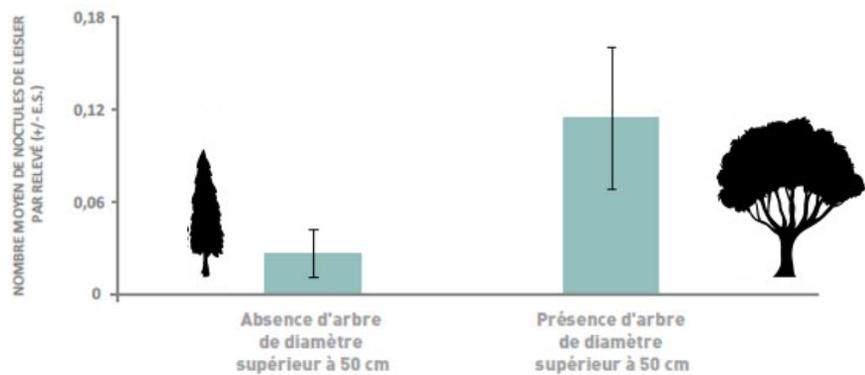
Source Photo : Wikipédia

**natureparif**

Agence régionale pour  
la nature et la biodiversité

**île de France**

Effectifs relevés, d'après l'intensité de l'activité ultrasonore, de Pipistrelles communes par tronçon parcouru, en Île-de-France, dans les trois grandes catégories de milieu<sup>19</sup>



**Figure 7.** On trouve près de cinq fois plus de Noctules de Leisler dans les boisements avec vieux arbres. Si on sait que ces derniers sont essentiels à cette espèce pour giter, le fait que les jeunes forêts soient de l'ordre de trois fois moins fréquentées en activité de chasse est un élément nouveau<sup>20</sup>.

20. Natureparif. 2011. 2011 : Biodiversité en Île-de-France. État de santé et résilience. Paris. 16 p



Noctule de Leisler, source photo : Wikipédia



**natureparif**

Agence régionale pour  
la nature et la biodiversité

**île de France**

# Conclusion : Explorer les données d'inventaire

## **PERSPECTIVES :**

- **Description du micro-habitat**
- **Approche quantitative (transect / berlèse : micro faune)**
- **Ecologie fonctionnelle**
  - prédation / compétition / parasites
  - Co-distribution d'espèces
  - Pollution : Bioindicateur d'une perturbation ?

Continuer de prospecter les carrières qu'on a pas faites !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

- Observations/prospections participatives (bien que clandestine)

## Des questions ?



The Far Side by Gary Larson



### Recherche de la flore cavernicole

Dans les carrières du Trocadéro. Les explorateurs, satisfaits de leurs découvertes déjeunent joyeusement dans une salle à manger peu banale.

Agenda buvard du Bon Marché 1911.  
Emile Gérards



# Laboratoire des 'catacombes' au jardin des plantes

- 12-15m sous la surface
- Anciennes carrières de calcaire grossier
  - Consolidées au 18<sup>ème</sup> siècle
  - Plusieurs escaliers d'accès
  - La bièvre s'écoule non loin en surface (enterré 1912)
  - Une porte donne accès à un canal souterrain rejoignant la Seine.



Source : BD « le gouffre de Padirac », Laurent Bidot



# Laboratoire des 'catacombes' au jardin des plantes

Paillasse maçonnerie, pour  
disposer les élevages à hauteur  
d'homme



Eau courante



# Armand Viré, Evolution transformiste

Quant au temps nécessaire à la dépigmentation, nous l'ignorons également, et les Catacombes elles-mêmes, cependant mieux datées que les cavernes, ne nous apprennent pas grand'chose. Devons-nous compter par **siècles ou par mois?** Nul ne le sait.

*Asellus aquaticus* de ruisseau de surface



Photos wikipédia



Dans l'obscurité du laboratoire souterrain

**Regressions :**  
Œil normal  
œil plus pâle  
œil rougeâtre  
diminué  
et disparaissent

**Aquisitions :**  
Organes tactiles,  
auditifs et olfactifs  
+ développés

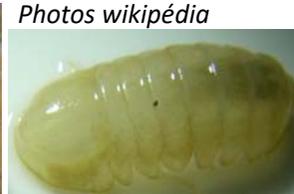
Résultats espèces « troglo » mise dehors :



*Niphargus*



*Protées*



*Caecosphaeroma*

Exposé au dehors à la lumière du soleil

?

Des *Niphargus*, Crustacés souterrains blancs et aveugles vivent depuis quelques mois à la lumière et présentent presque tous des tâches noires.

# Armand Viré, Evolution transformiste



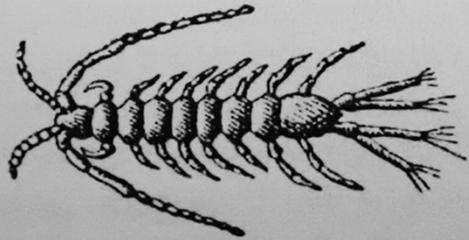
Cage d'élevage à cochon d'inde  
Pour observer leur éventuelle  
Adaptation au milieu souterrain...



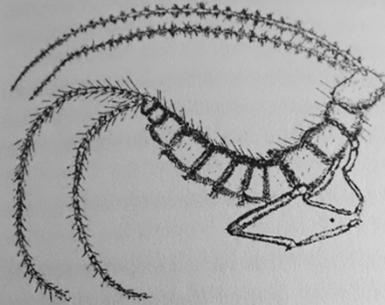
# Inventaire bio de Armand Viré

## étude de la vie souterraine à Paris

Source : Emile Gérard, Paris souterrain 1892



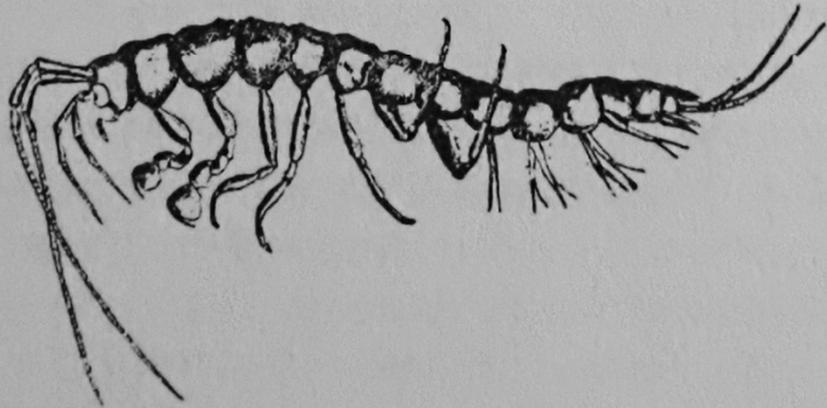
*Asellus aquaticus* (aveugle),  
des carrières de Paris,  
d'après A. Viré.



*Campodea Staphylinus*, var. *cavernicola*  
des carrières de Paris; long. 7 à 12 mm; d'



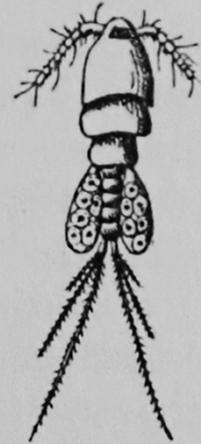
*Podurella*, Carrières de Paris  
Long. 1mm; d'après A. Viré



*Niphargus puteanus*, des carrières de Paris,  
long. 15 à 30 mm; d'après A. Viré.



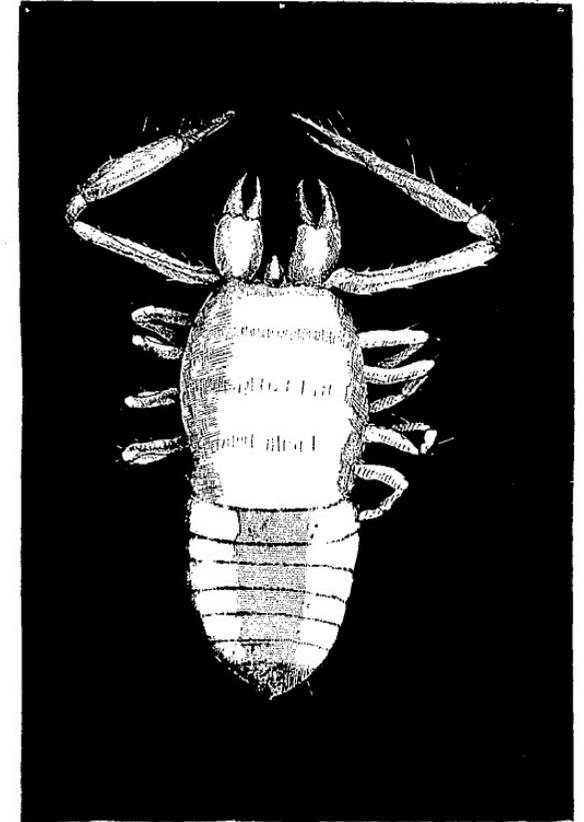
*Trechus micros*  
cavernicole — carrières  
de Paris. — d'après  
Armand Viré.



*Cyclops fimbriatus*,  
femelle, des carrières  
de Paris, d'après  
A. Viré.

### Pseudo-scorpions. — Trois exemplaires ont été recueillis dans

nos carrières du Muséum et cinq ou six ailleurs. L'un d'eux, provenant du Muséum, est particulièrement intéressant en ce sens qu'il est complètement blanc, couvert de longs poils tactiles et qu'aux plus forts grossissements je n'ai pu apercevoir aucune trace d'œil.



# Inventaire bio de Armand Viré

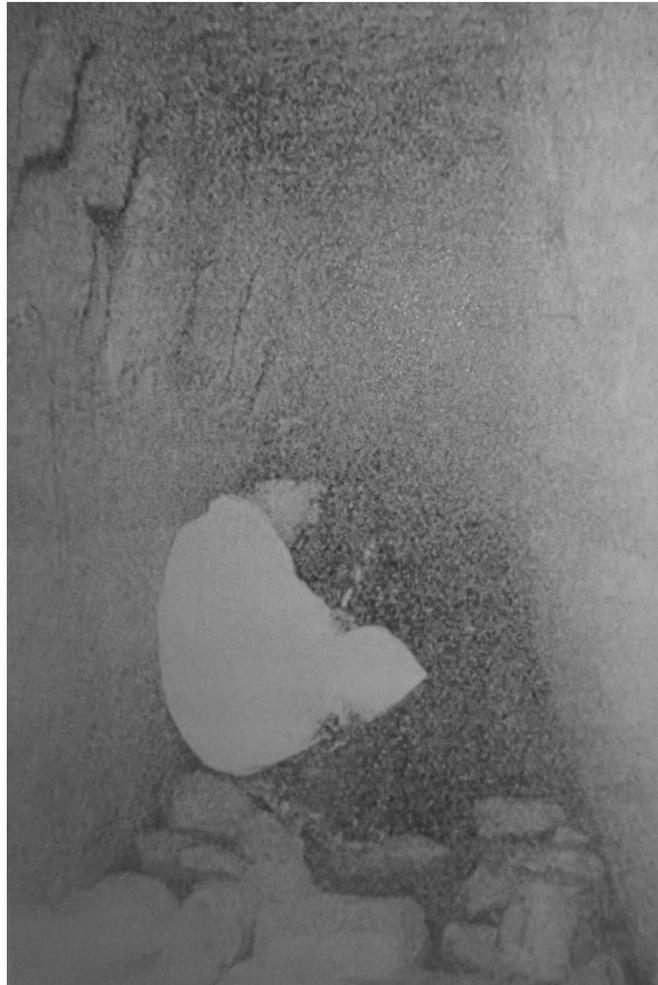
## étude de la vie souterraine à Paris

Source : Emile Gérards, Paris souterrain

Armand Viré  
L. Mémain,  
Jacques Maheu,

Au Val-de-Grâce  
depuis l'escalier  
de l'école de  
pharmacie.

A la recherche  
de Faune  
aquatique  
cavernicole.  
1900



↑ Cliché 1899. A la recherche de faune aquatique  
des carrières. Galerie inondée sous la Porte d'Orléans

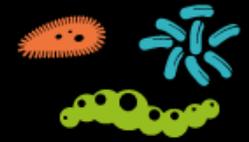
# Fin du laboratoire d'Armand Viré

Les travaux et son usage interrompus en 1910...



# Quelques définitions...

- **Biodiversité** : désigne la diversité des écosystèmes
- **Ecosystème** : ensemble des êtres vivants en interaction (biocénose) avec son environnement (biotope) dans un milieu donné.
- **L'écologie fonctionnelle** : rôles et fonctions que les espèces jouent dans leur écosystème.

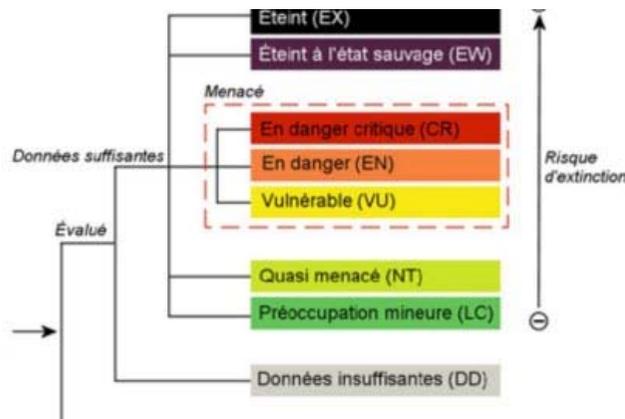


Les premiers organismes vivants connus datent de près de **3,5 MILLIARDS** d'années



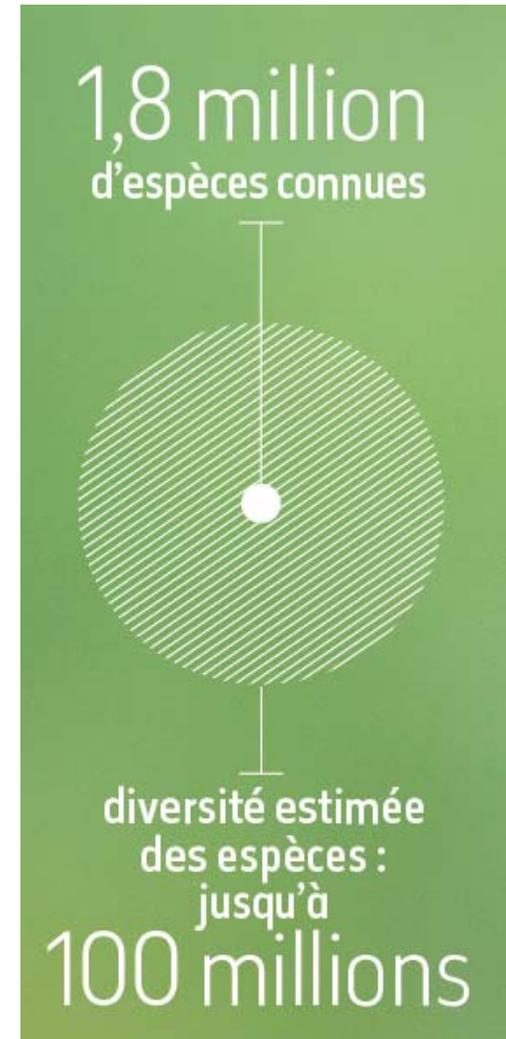
# Comment évaluer la biodiversité ?

- **Inventaire / Nombre d'espèces / taille des populations**
- **A quelles échelle ?** Diversité génétique, des espèces, les habitats et les écosystèmes...
- **Où ?**
  - Dans quel milieu délimité / site particulier ?
- **Indice de richesse biologique** : note par groupe / espèces protégées, taxons spécialisés, taxons bioindicateur...
- Quel **'état de santé'** ? Stable / dégradation ? Evolution ? Qualité écologique



Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) :

liste rouge des espèces menacées

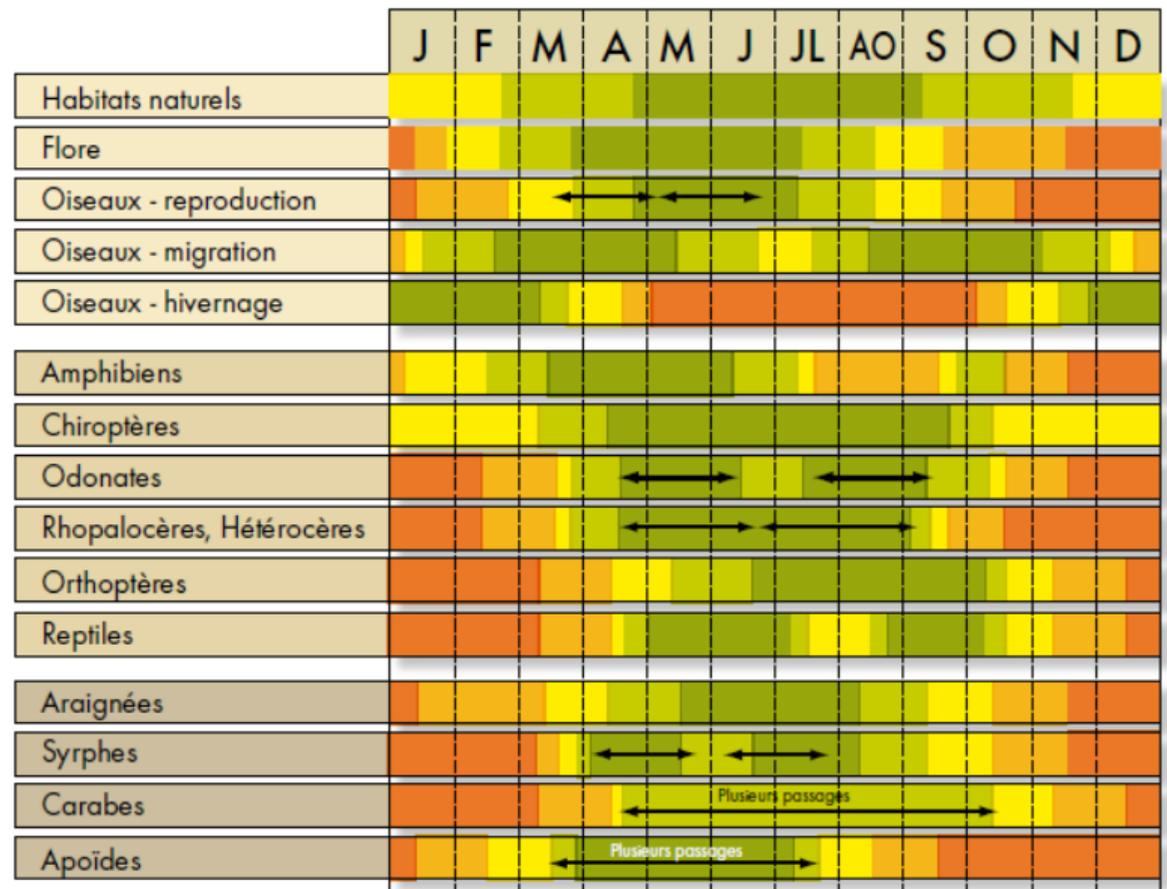
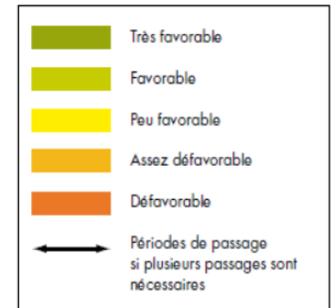


# Inventaire : Période de prospection

## GUIDE DES MÉTHODES DE DIAGNOSTIC écologique des milieux naturels Application aux sites de carrière



Muséum  
national  
d'Histoire  
naturelle



# Bioindicateurs

Organisme dont la **présence/absence/abondance**, renseigne sur l'état d'un écosystème ou sur l'impact de modifications naturelles (ex. sécheresse) ou provoquées (pollution)



Les **trichoptères** (larves, adultes) font partie des indicateurs de bonne qualité des eaux douces.



Les **collemboles** sont d'importants bioindicateurs de la qualité des sols car leur nombre dépend de nombreux facteurs tel que la pollution, la disponibilité en eau et la quantité de matière organique



Les **amphibiens** (Sparling & al., 2000), bioindicateurs de la qualité du milieu aquatique et terrestre. Respirant par la peau, il sont sensible aux polluants. Et au taux d'humidité

# Bioindicateurs



Diminution du nombre d'**Araignées**  
dans les zones où retombent des fumées  
industrielles

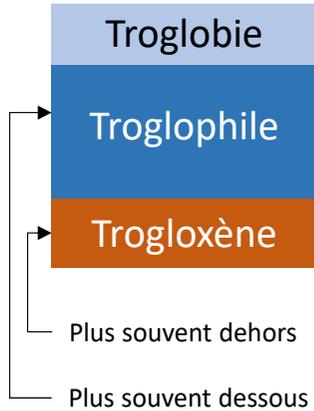


**Les lichens**  
Sont témoins d'une bonne qualité de l'air

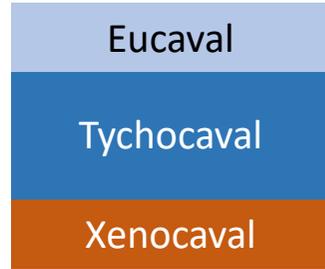


***Gammarus fossarum***  
Qualité des eaux continentales, qualifier le niveau  
de contamination chimique de 100ème de  
substance. surveillance chimique de masses d'eau.

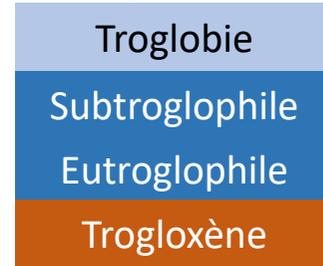
Classification  
**Schiner-Racovitza (1907)**  
Utilisé dans le monde



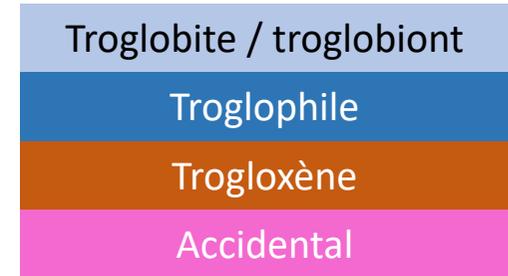
**Hesse (1924)**  
Utilisé en écologie



Classification de **Ruffo (1957)**  
Utilisé chez les biologistes italiens



Classification de **Barr**  
Utilisé chez les biologistes US



Besoin de la surface pour une fonction vitale au moins  
Capable de s'établir +/- en permanence sous terre

Piégé sous terre

Classification des biotes souterrains par  
Tomaselli et Pavan (1944)

