



Les mesures de très basse radioactivité Application à la datation du vin

F. Piquemal (CNRS/IN2P3)

Laboratoire Souterrain de Modane

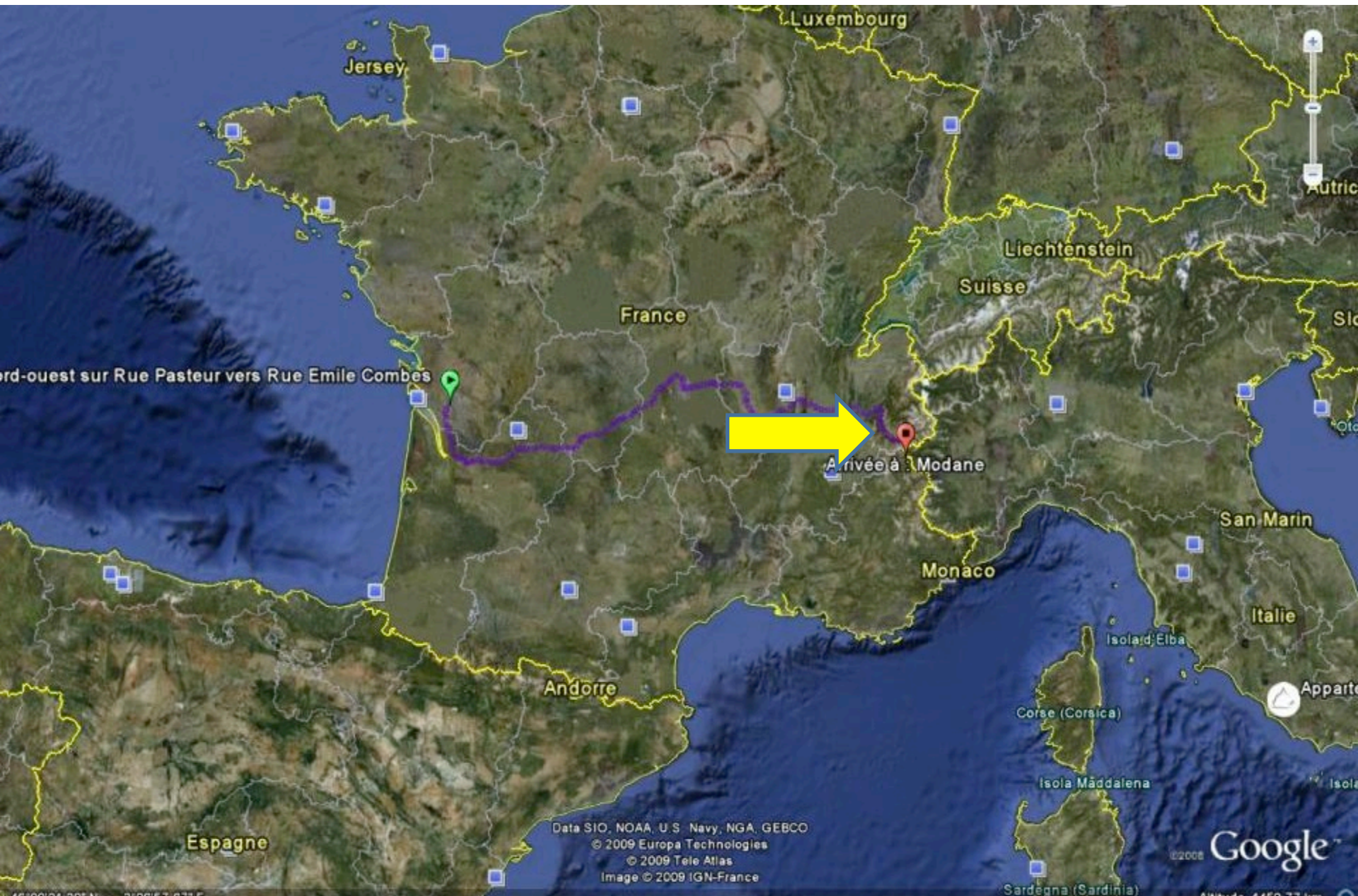
Avec l'aide de Ph. Hubert (CENBG)

Journées entrants IN2P3 2014

Laboratoire Souterrain de Modane

UMR CNRS et CEA

<http://www.lsm.in2p3.fr>





Exposition permanente grand public



3 000 visiteurs/an

Profondeur: **4800 m.w.e.**

Surface:: **400 m²**

Volume : **3500 m³**

Flux muons: **$4 \cdot 10^{-5} \mu.m^{-2}.s^{-1}$**

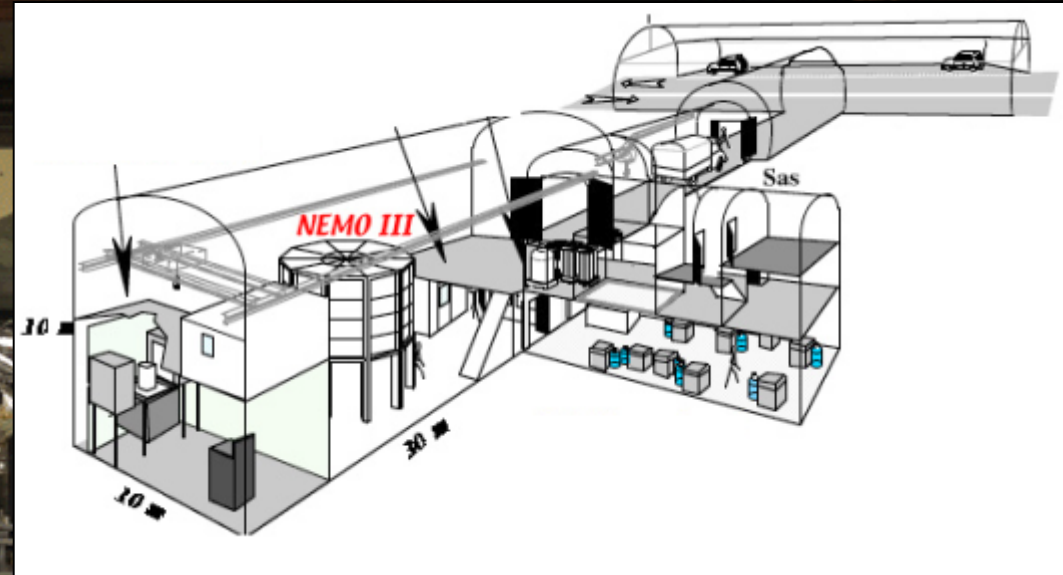
Neutrons:

Flux rapide: $4 \cdot 10^{-2} n.m^{-2}.s^{-1}$

Flux thermique: $1.6 \cdot 10^{-2} n.m^{-2}.s^{-1}$

Radon: **15 Bq/m³**

Accès : **horizontal**



Budget : 500 k€/an

Staff: 2 Physiciens
 2 Ingenieurs
 8 Techniciens
 1 doctorant
 ~ 150 utilisateurs

**Accord de Laboratoire Associé avec le JINR Dubna (Russie)
 et le CTU Prague (Republique Tchèque)**



Laboratoires impliqués au LSM

France:

LAL Orsay U. Paris Sud and CNRS
CEN Bordeaux-Gradignan U. Bordeaux I and CNRS
IPHC Strasbourg U. Strasbourg and CNRS
LPC Caen U. Caen, ENSICAEN and CNRS
LAPP Annecy, U. Savoie and CNRS)
CPPM, U. Marseille and CNRS
LSCE Gif/Yvette CEA and CNRS
CSNSM Orsay U. Paris Sud and CNRS
LPC Clermont, U. Clermont-Ferrand and CNRS
IPNL Lyon U. Lyon and CNRS
IRFU Saclay CEA
DASE CEA
IRSN
Institut Néel UJF Grenoble and CNRS
IAP U. Pierre and Marie Curie and CNRS
EDYTEM U. Savoie and CNRS
IM2NP U. Marseille and CNRS
LCE U. Franche-Comté and CNRS

Russie:

JINR Dubna
ITEP Moscou
Kurchatov Institute Moscou

Allemagne:

Karlsruhe Forschungszentrum

Royaume-Uni:

UC London
Imperial college
Manchester University
Oxford

République Tchèque:

Charles Technical University
Charles University in Prague
NRPI Prague
NRI Prague

Japon:

Saga University
Osaka University
Fukui University

Etats-Unis:

U. Of Texas
INL
Mount Holyoke College

Espagne:

Zaragoza University

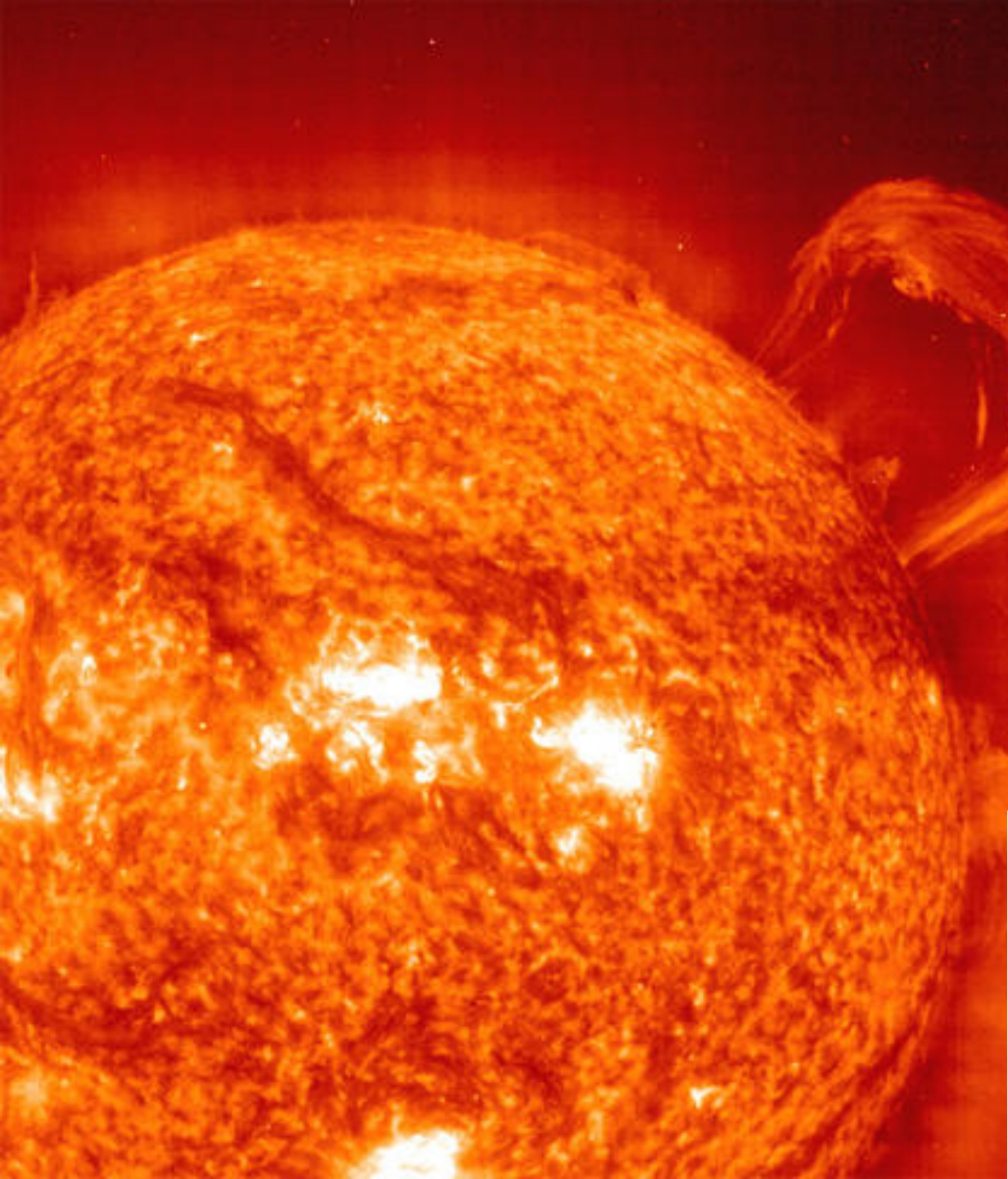
Grèce:

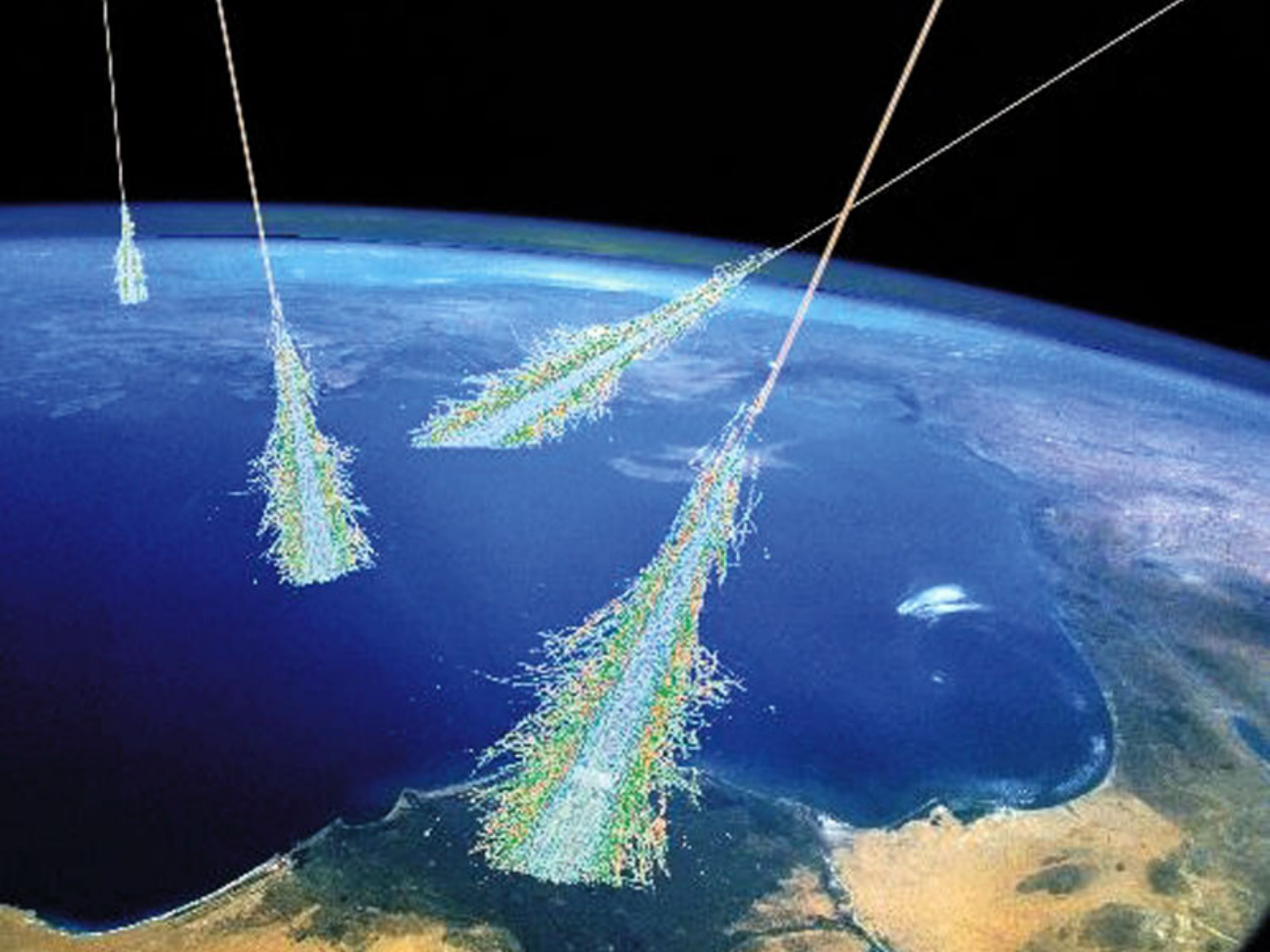
University of Thessaloniki

Corée du Sud:

KAERI

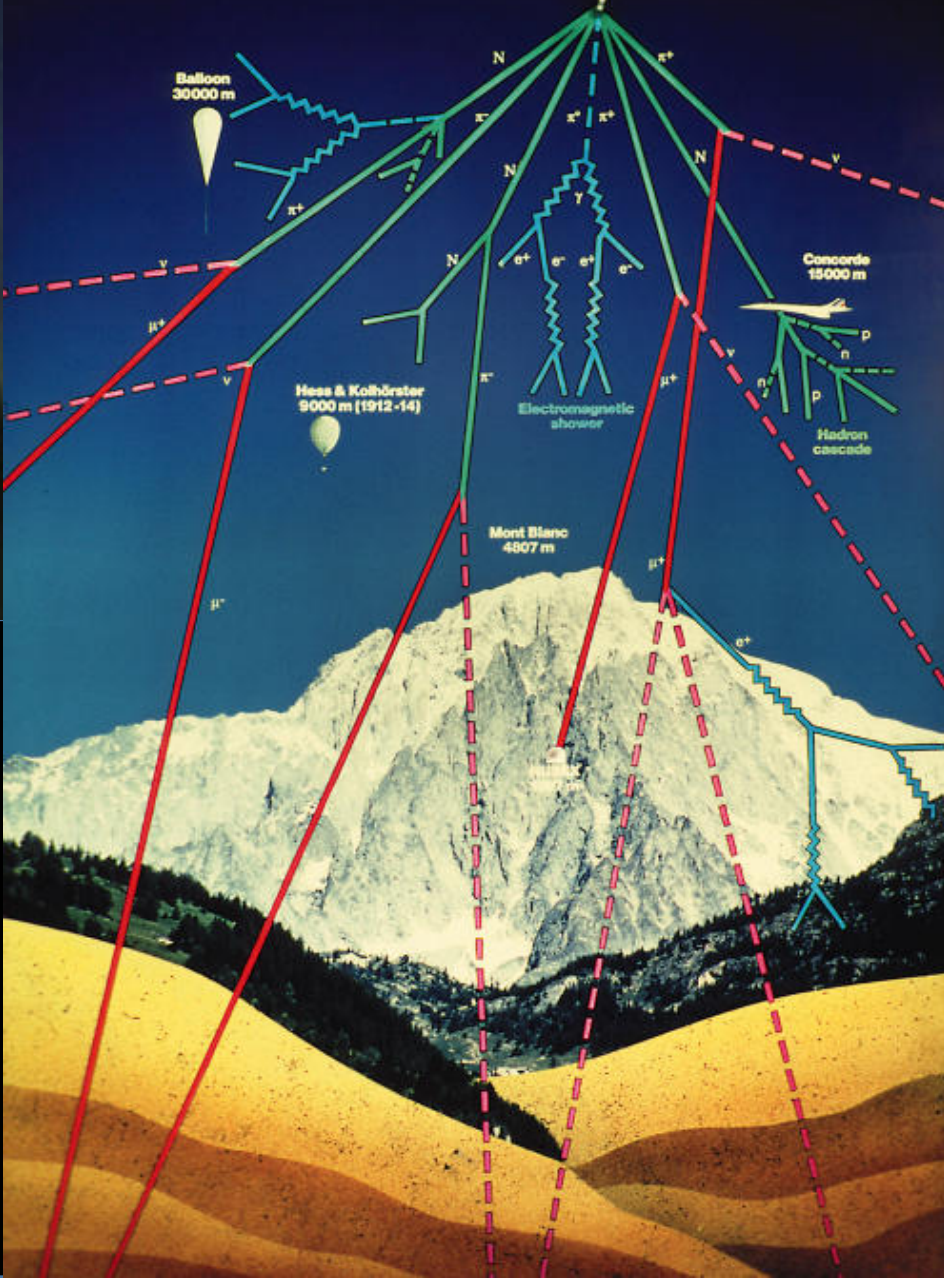
Companies: ST Microélectronique, Irotechnologie,
EDF, Air Liquide, Eurysis-Canberra







Primary Cosmic Rays



En surface:

10 000 000 de rayonnements cosmiques
par m^2 et par jour



Sous la montagne au LSM (- 1800 m):

4 rayonnements cosmiques par m^2 et par jour

D'une expérience de physique des particules.....

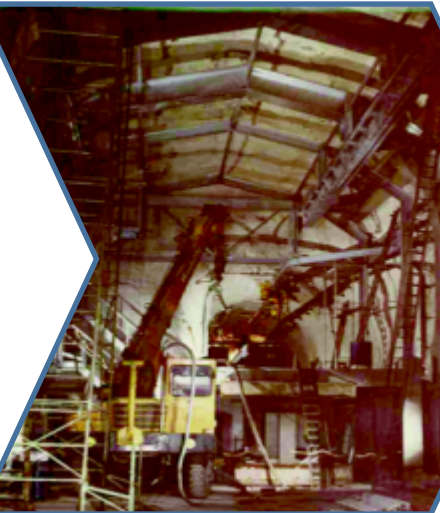
.... à un laboratoire pluri-disciplinaire

1979 - 1981

1982- 1990

1990- 2000

2000 -

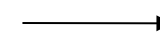


Construction

Expérience τ_p

**Décroissance
du proton**

Prototypes

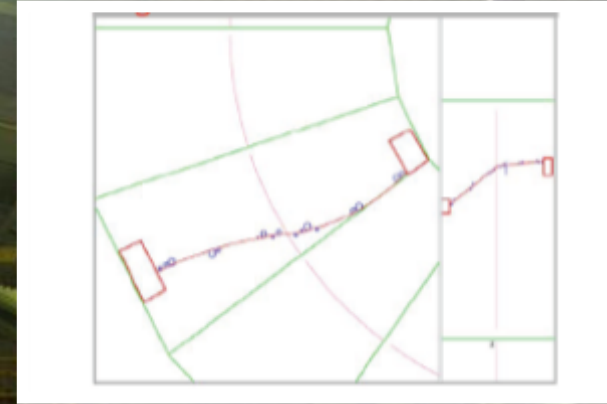
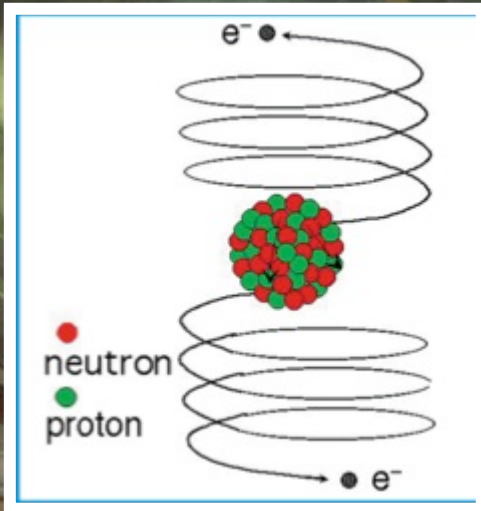


Expériences

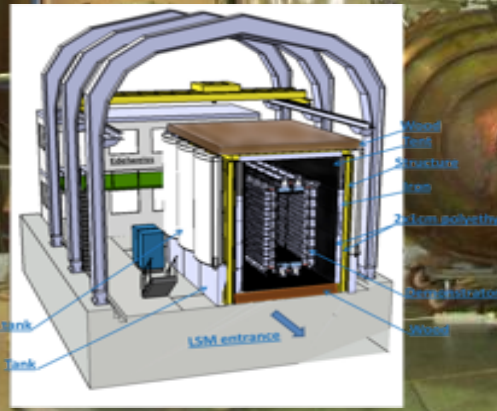
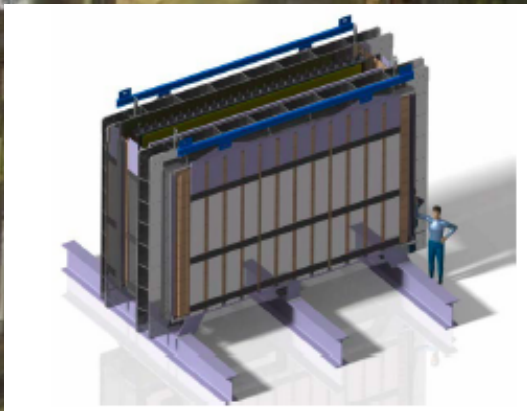
Neutrino: double décroissance bêta, Supernovae
Matière noire
Structure nucléaire

Mesures de très basse radioactivité:
Science de l'environnement, applications

Nano/micro-électronique
Biologie

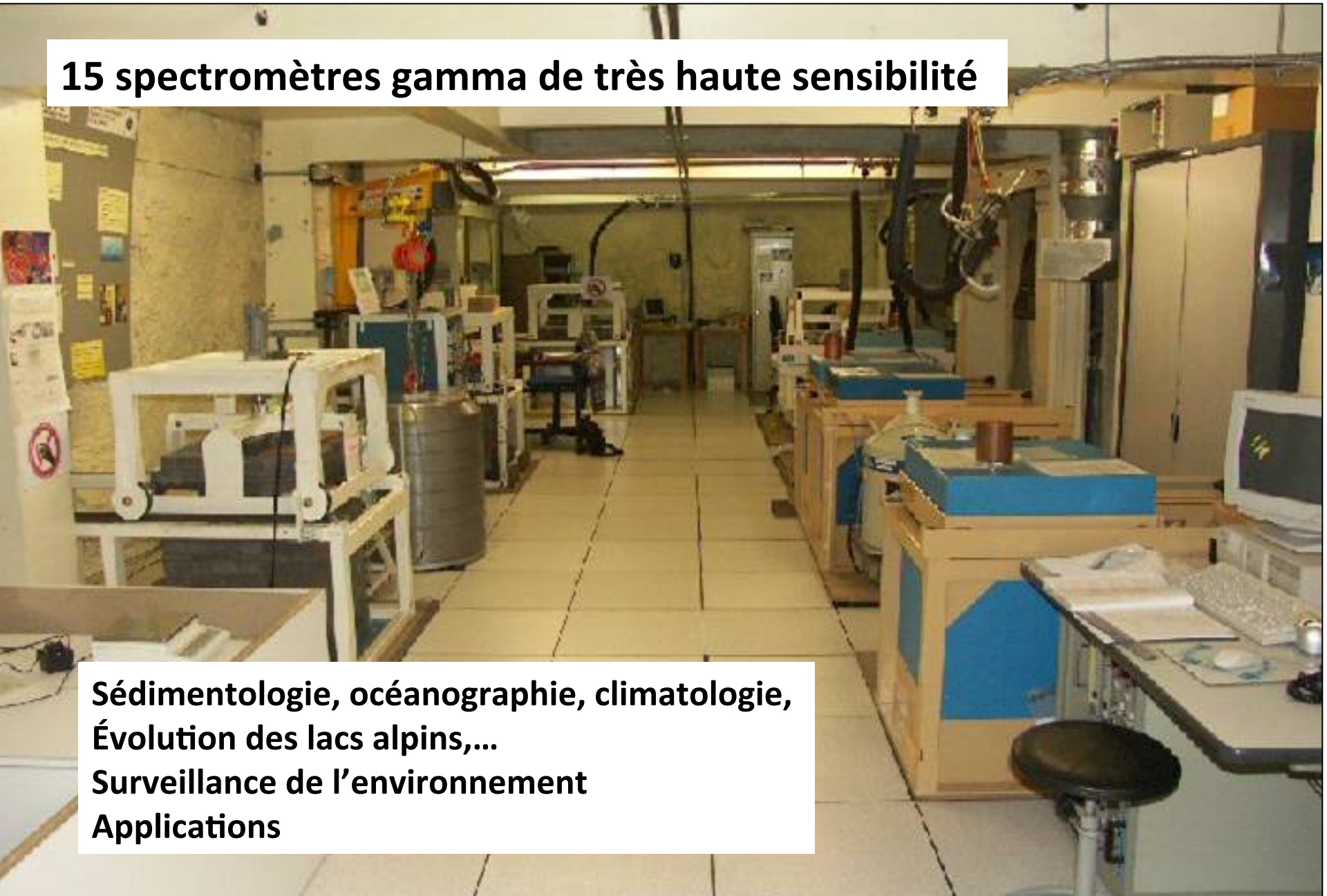


**200 tonnes de matériaux : radioactivité totale 1 000 Bq !!
(corps humain ~ 8 000 Bq)**



**Demonstrateur SuperNEMO
En construction (2015)**

15 spectromètres gamma de très haute sensibilité

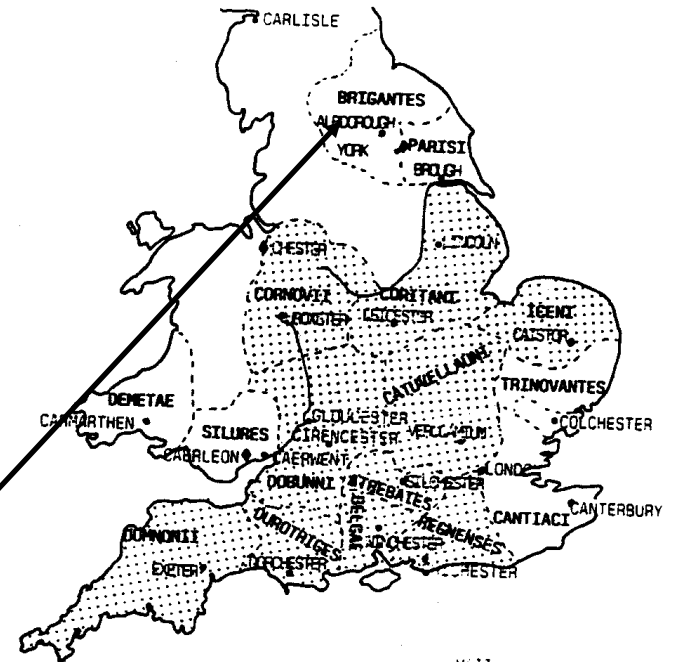
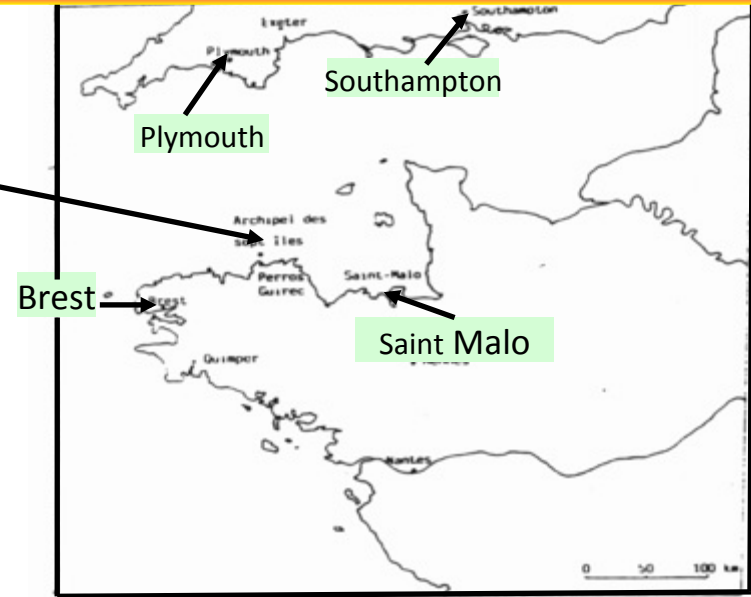
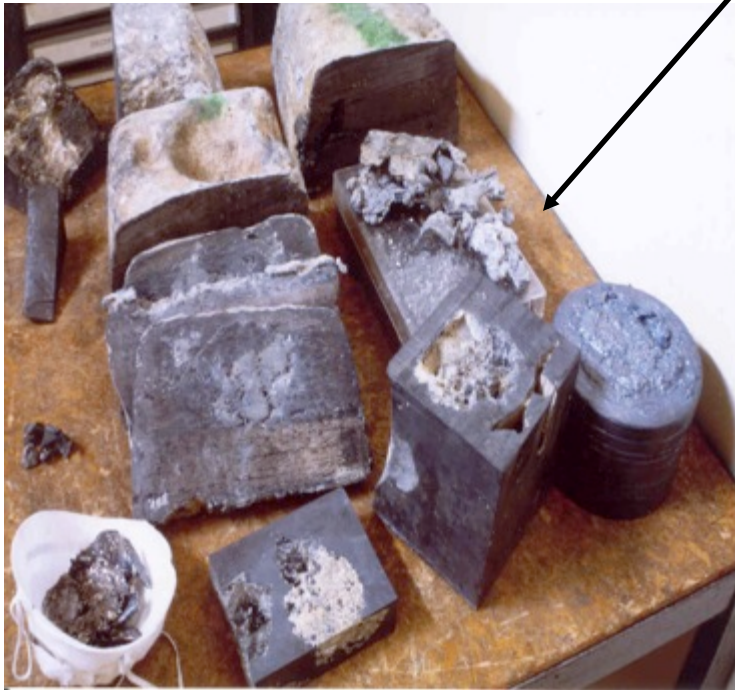


**Sédimentologie, océanographie, climatologie,
Évolution des lacs alpins,...
Surveillance de l'environnement
Applications**



- Selection de tout les matériaux entrant dans la construction
- Blindage de plomb contre la radioactivité ambiante

Epave romaine découverte en 1983 près des « Sept Iles » avec 271 lingots de plomb



Sur ces lingots, il y a de nombreuses inscriptions de tribus celtes (14C ⇒ 4ème siècle)

In Europe, even remote mountain landscapes are man-made

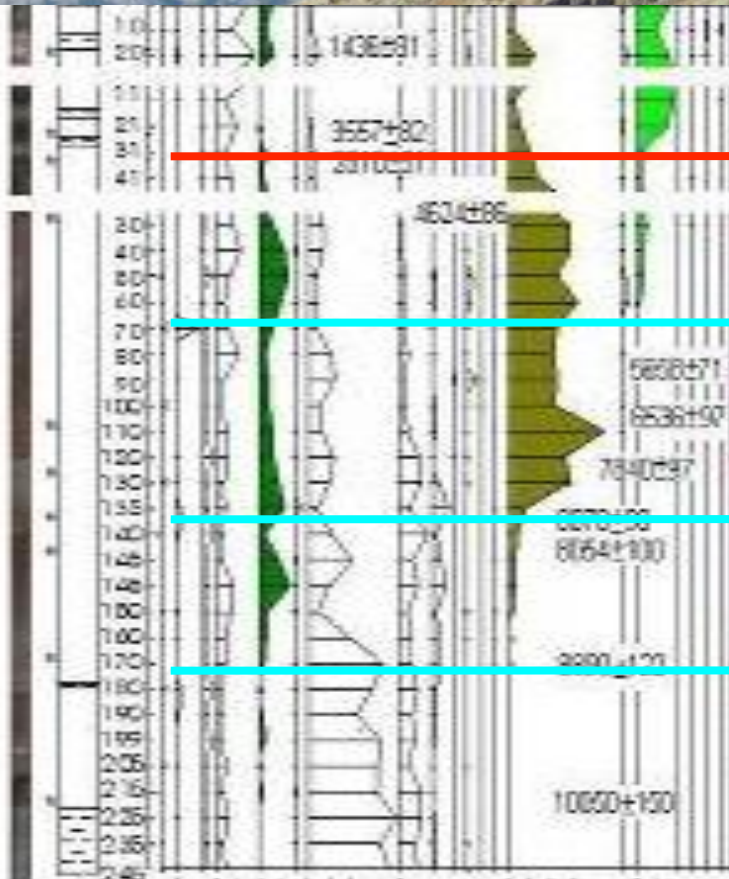
Pollen data, Villy, Haute Savoie, 2250m asl

Noisetier

Epicéa

Pin cembro

Sapin



Epicéa

3600 cal. BP

Open space:
deforestation

First forest
opening
(human or
climate?)

Pin cembro

5600 cal. BP

Closing of the
forest space

Epicéa Sapin

Pin cembro

8000 cal. BP

Sapin

Pin cembro

8900 cal. BP

Noisetier

Forest
reconquest

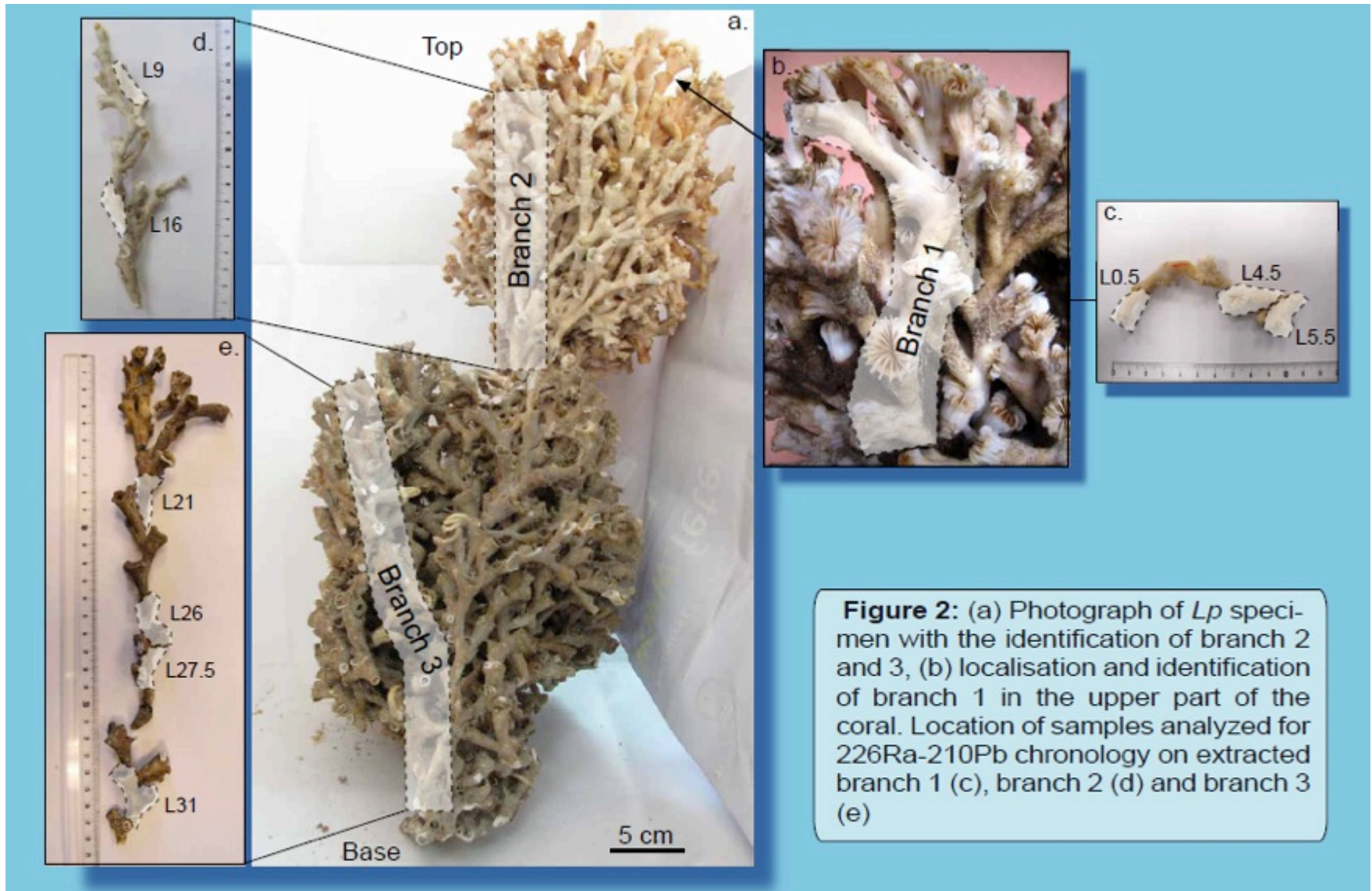
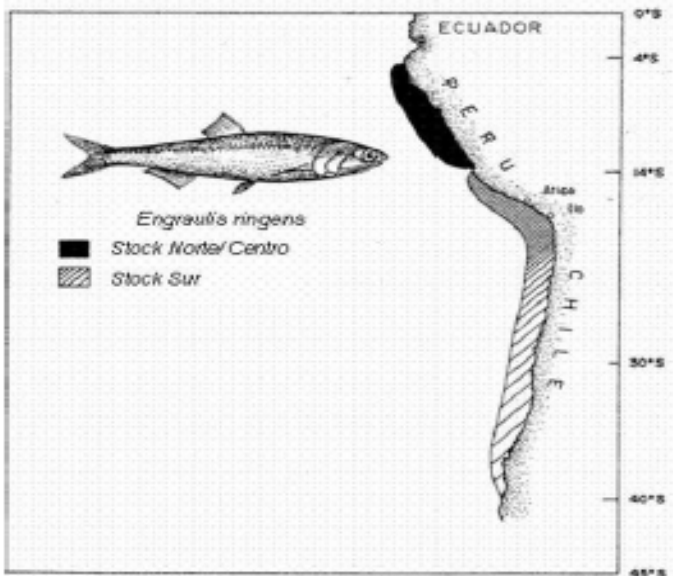


Figure 2: (a) Photograph of *Lp* specimen with the identification of branch 2 and 3, (b) localisation and identification of branch 1 in the upper part of the coral. Location of samples analyzed for ^{226}Ra - ^{210}Pb chronology on extracted branch 1 (c), branch 2 (d) and branch 3 (e)

Deep-sea Coral are useful archives to study seasonal, interannual and decadal paleoclimate changes using ^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{230}Th , ^{14}C

The Humboldt Upwelling Ecosystem is characterized by strong ENSO variability and the highest pelagic fish productivity

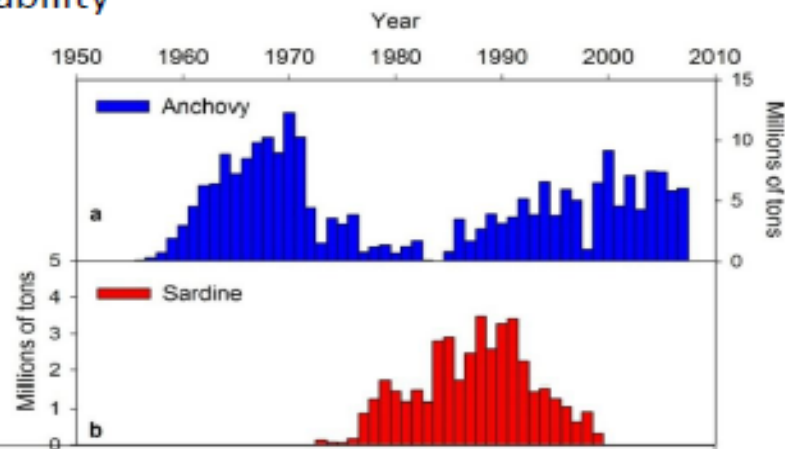
- Continuous coastal upwelling throughout the year
- The northern Humboldt Current System off Peru presently produces about 10% of the world fish catch based primarily on anchovy.
- Anchovy and sardine landings show strong annual and decadal biomass variability



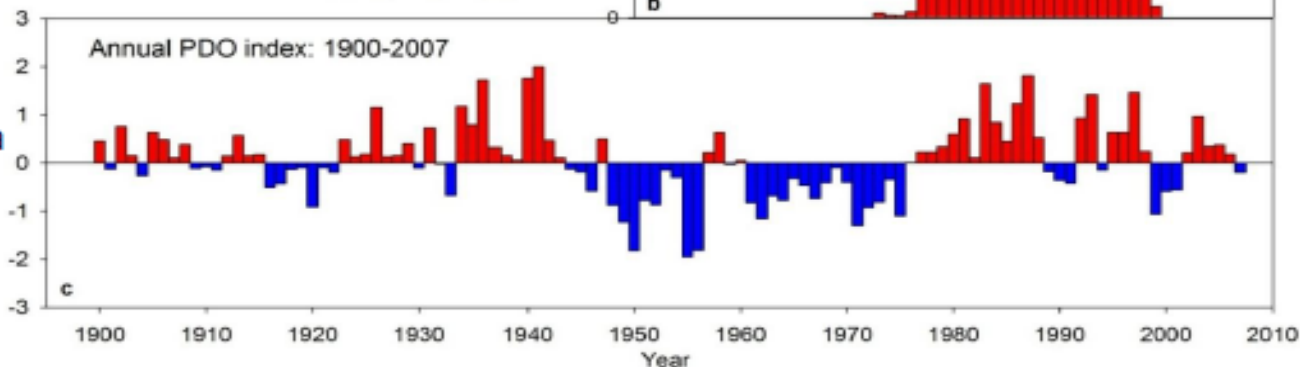
Engraulis ringens



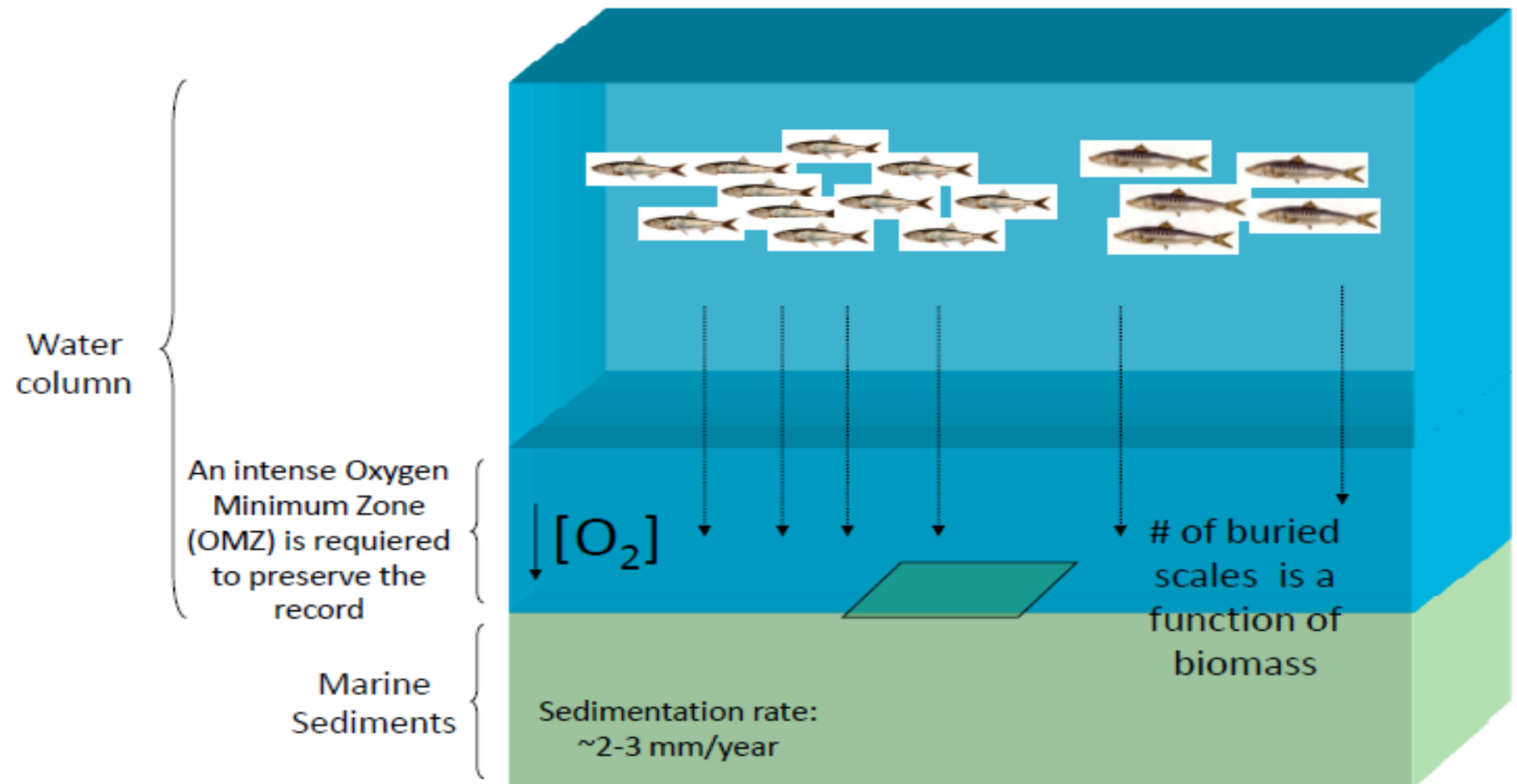
Sardinops sagax sagax

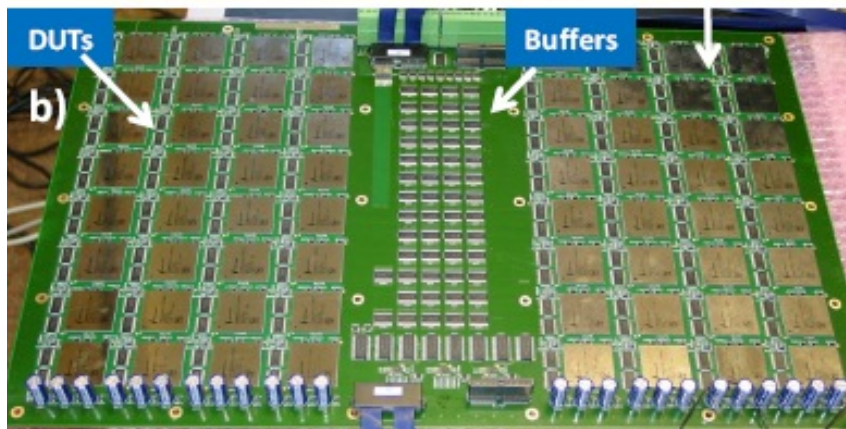
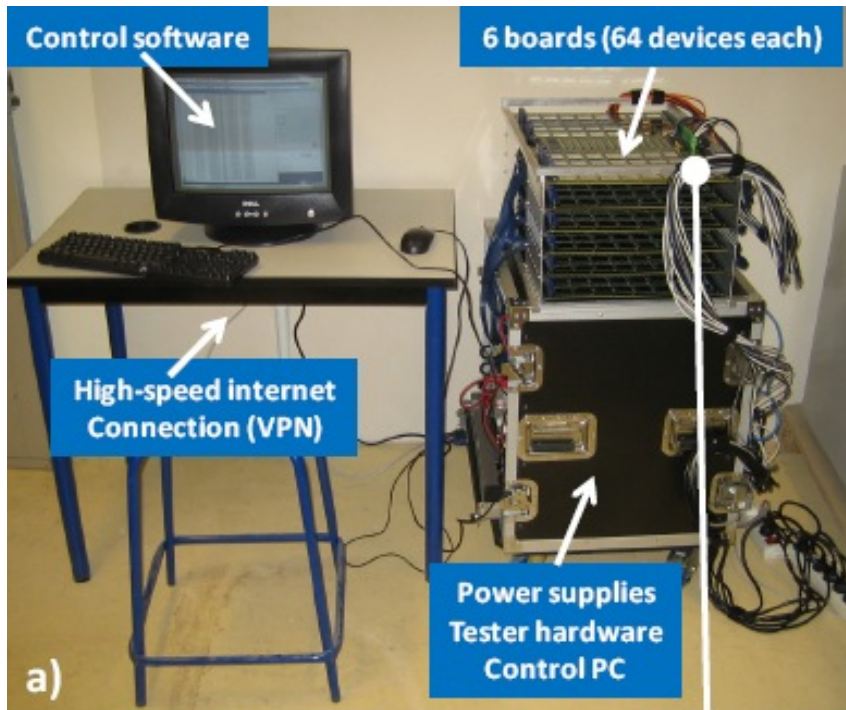


The Pacific Decadal Oscillation (PDO) Index is defined as the leading principal component of North Pacific monthly sea surface temperature variability (poleward of 20N for the 1900-93 period).



Fish scales buried in marine laminated sediments can provide a record of population variability of small pelagic fishes prior to the development of the fisheries





Les neutrons et les rayonnements alpha de la radioactivité naturelle sont la source d'erreurs dans les circuits de microélectronique

L'utilisation de matériaux « radioactifs » peut entraîner des incidents industriels majeurs

Le LSM est laboratoire de référence pour la norme internationale JEDEC en microélectronique

Water collection

The IRSN has instruments to collect cloud water at the station's scientific study of the atmosphere at the summit of the Puy de Dome (OPGC / Laboratoire de Météorologie Physique)



Optical measurement of the
contains in liquid water
of the cloud



Application à la datation du vin

Ph. Hubert (CENBG)

CENBG – LSM - DGCCRF

- Développement des mesures de spectroscopie gamma très bas bruit de fond pour l'expérience NEMO
- NEMO : selection and controle de tous les matériaux !
- Après NEMO: peutt-on utiliser ces détecteurs pour d'autres applications?
- 2000: Discussion avec DGCCRF à Bordeaux :

Est-il possible de mesurer le millésime d'une bouteille de vin de Bordeaux ?

Et sans sans ouvrir la bouteille?



En 2000 apparition sur le marché de bouteilles de Château Margaux de 1900

Question de la répression des fraudes: comment expertiser ces bouteilles ?



Radioactivité gamma dans le vin

Pour avoir la meilleure sensibilité, le vin est évaporé et calciné (400-500°C)

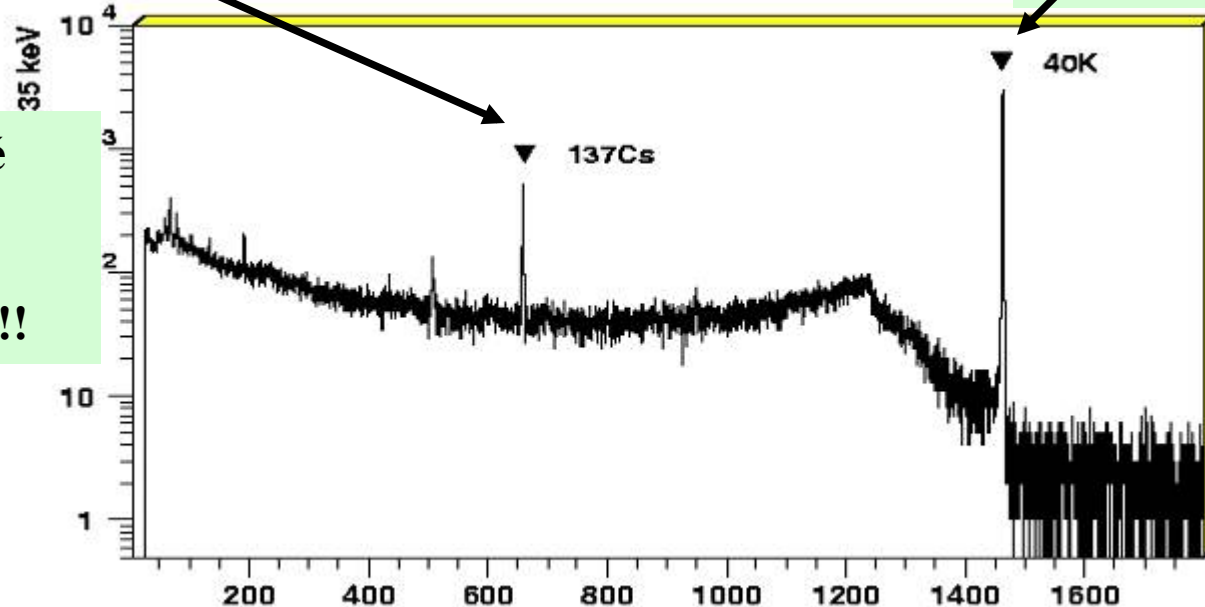
→ 1–2 g de cendre

^{137}Cs non naturel, isotope radioactif créé par l'homme

^{40}K présent naturellement partout

L'activité dépend Du millésime !!

30 Bq/l dans tous les vins

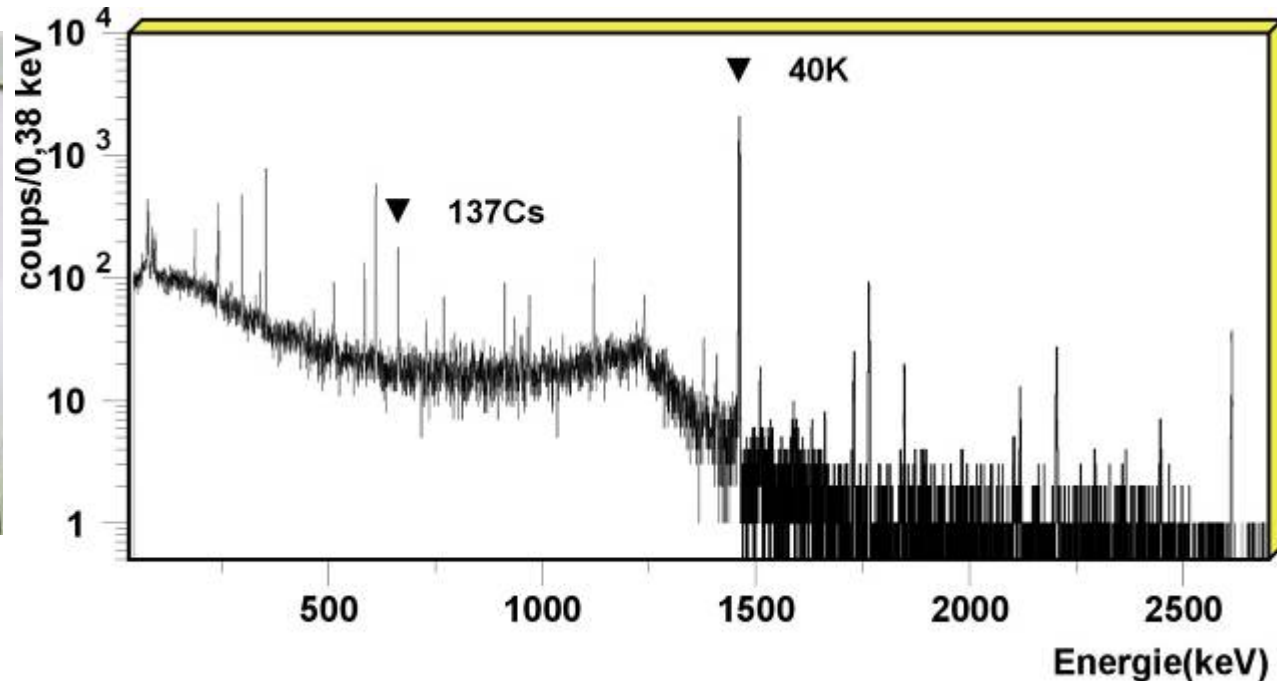


Energie des rayonnements gamma (keV)

29 bouteilles authentiques de 1950 à 2000 mesurées

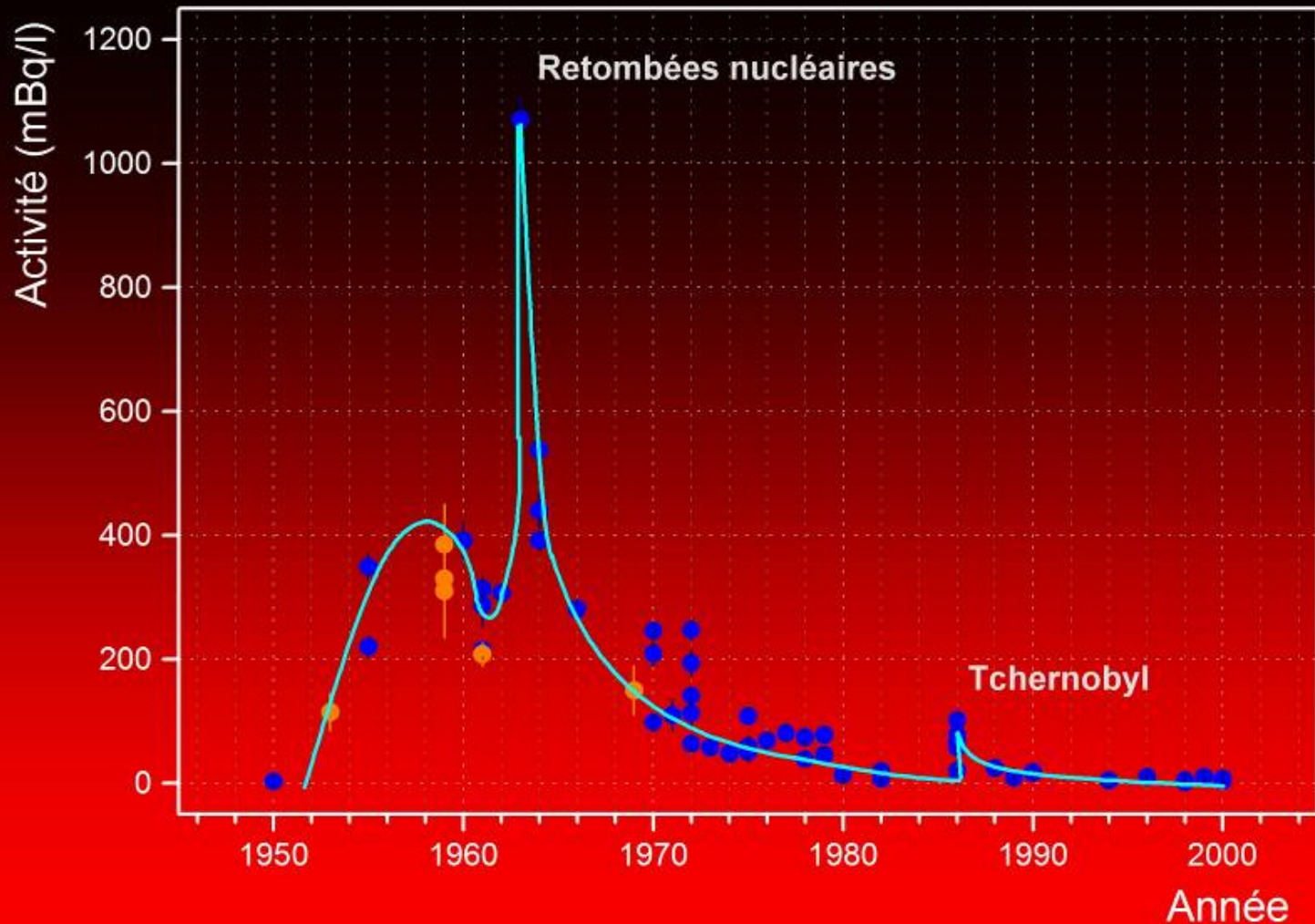
$^{137}\text{Cs} \rightarrow$ raie gamma 661 keV

Peut facilement traverser le vin et la verre



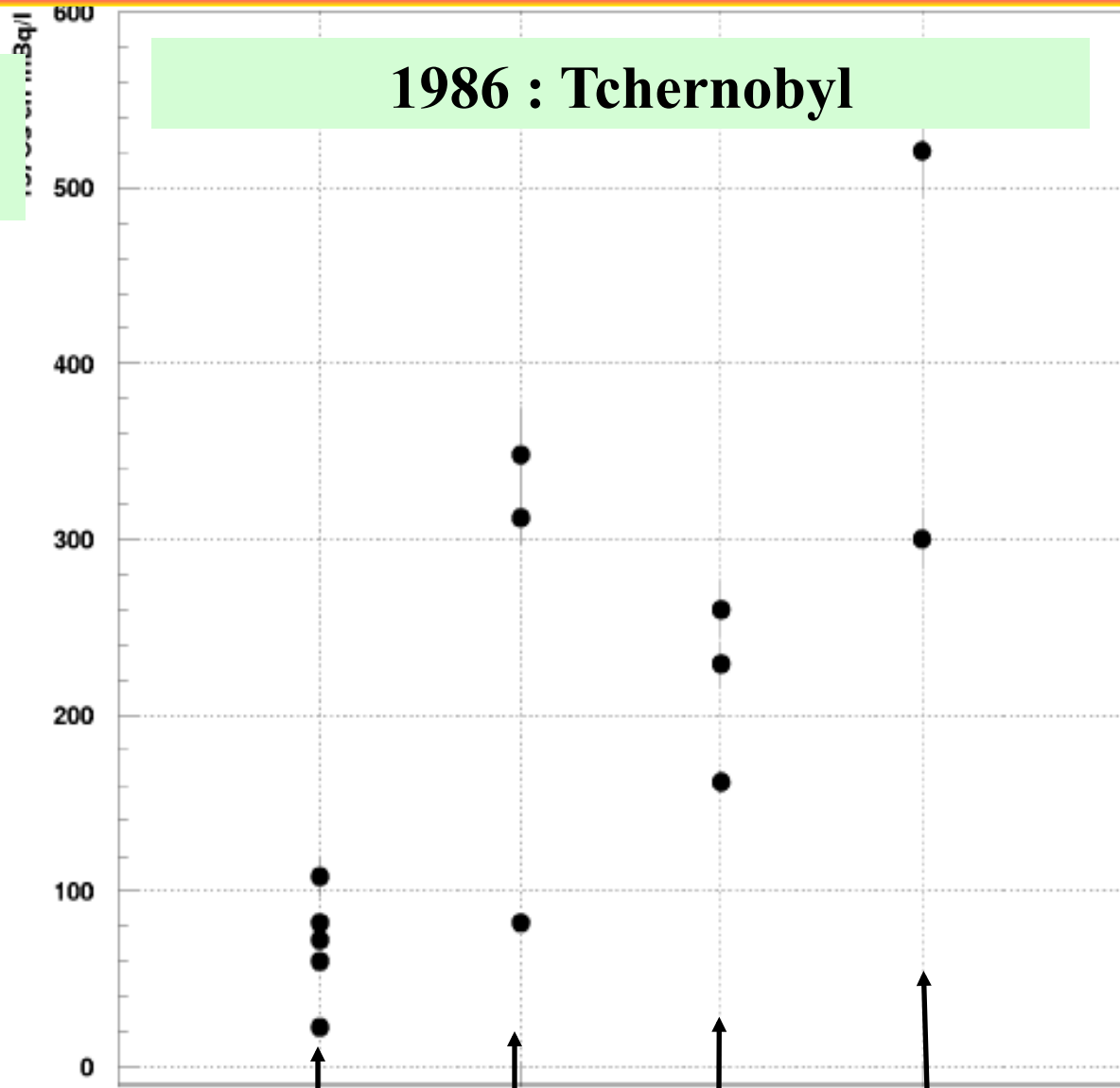
Pas de ^{137}Cs dans le verre

Seulement des traces de ^{137}Cs dans les bouchons



Activités en ^{137}Cs dans différents vins

^{137}Cs mBq/kg



Origine des vins → Bordeaux Rhone Alsace Provence

Vrai ou faux château Latour 1900 ?



Vrai ou faux château Margaux 1900 ?



Prix d'une bouteille de l'ordre de 3000 euros!

La justice a fournit: 6 bouteilles de Margaux and 6 bouteilles de Lafite

	^{137}Cs	^{14}C	
Margaux	1964 \pm 1	1961-1962	OK
Lafite	1963 \pm 1	1957	6 ans de difference?
# bottle	4	6	

^{137}Cs mesures non destructives

Toutes les bouteilles contiennent du ^{137}Cs mais l'activité est différente d'une bouteille à l'autre !



Mélanges, vins différents?

160 000 \$ pièce



Château Lafite 1784 et 1787 ?

Château Branne-Mouton 1784 et 1787 ?
(Mouton-Rotschild aujourd'hui)



Château Yquem 1784 (Sauternes) ?

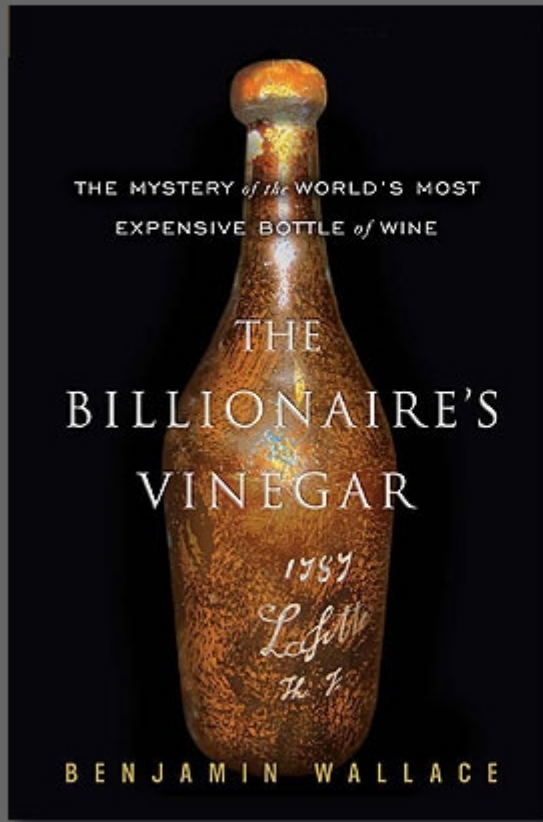


Signature de Thomas Jefferson



BENJAMIN WALLACE

THE BOOK
PRESS
BIO
NEWS & EVENTS



BUY THE BOOK

Order *The Billionaire's Vinegar* from one of these fine retailers:

[Amazon](#) | [Barnes & Noble](#) | [BookSense](#) | [Borders](#)

Hardcover: 336 pages

Publisher: Crown (May 13, 2008)

ISBN-10: 0307338770

ISBN-13: 978-0307338778



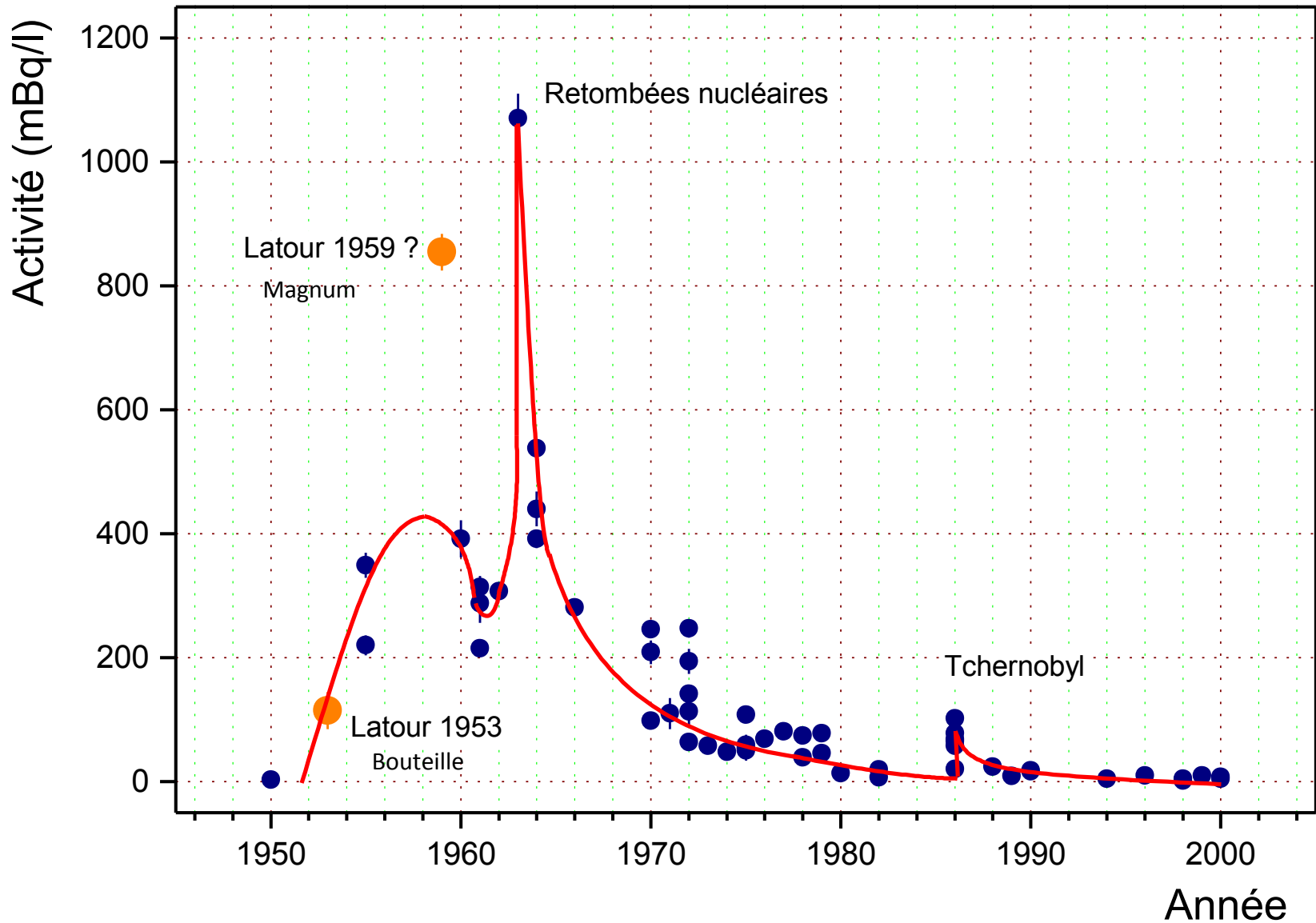
Sat May 31, 2008

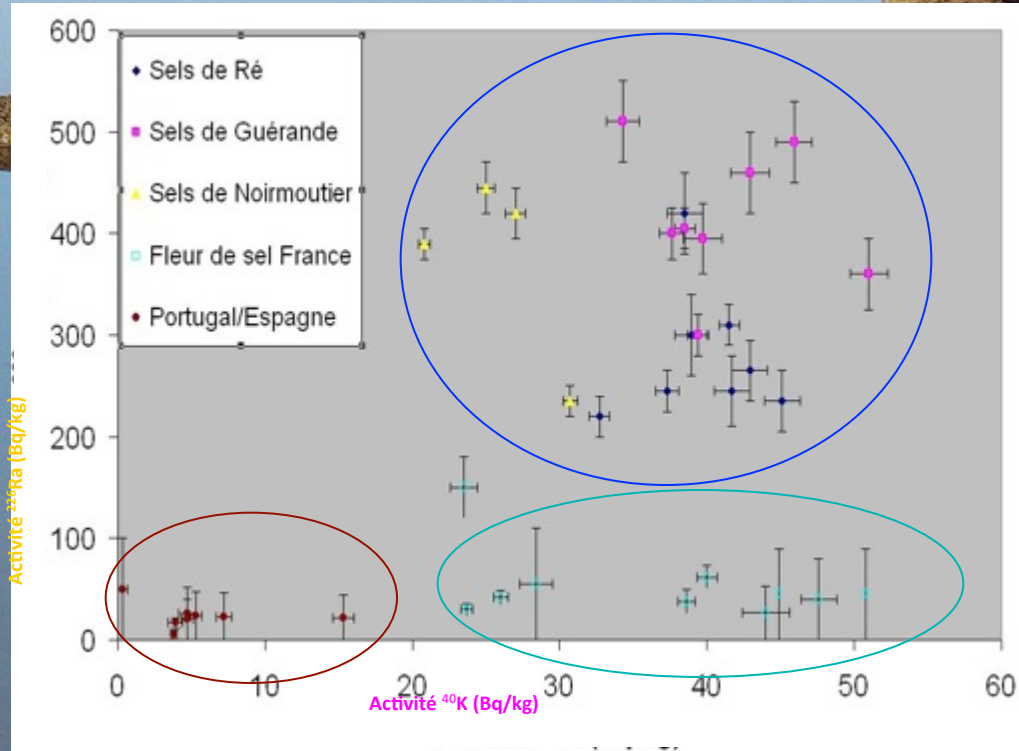


(163 350 \$ → 18 000 euros/magnum)

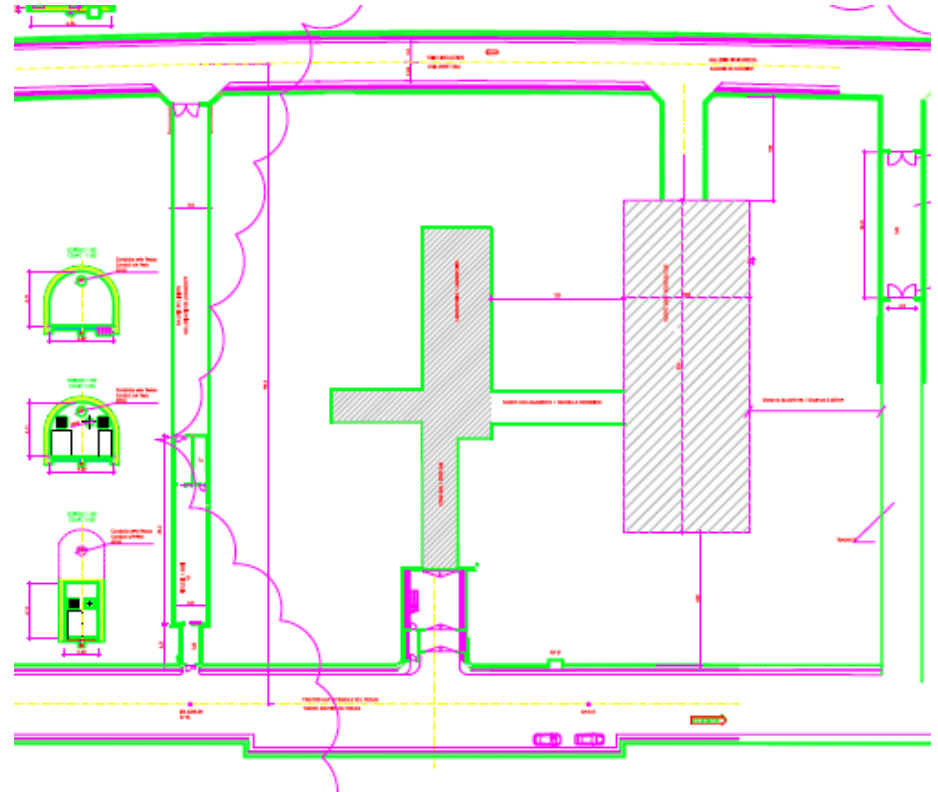
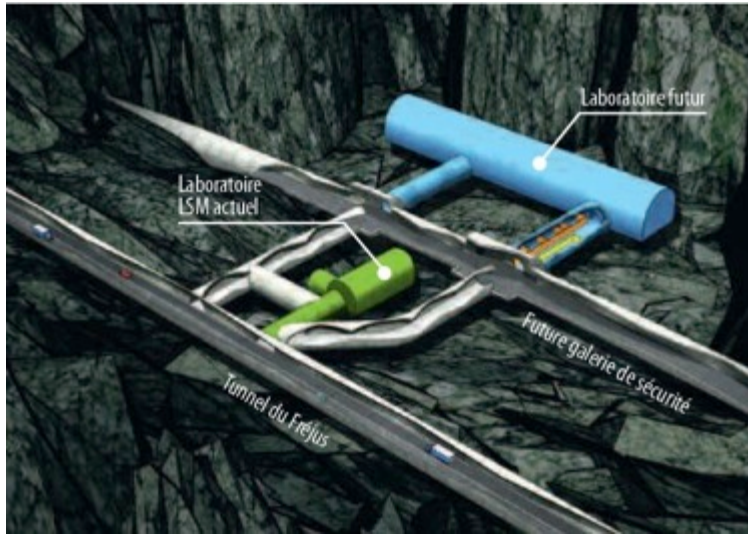
A case of **6 magnums of Chateau Mouton Rothschild, vintage 1945**, is seen going under the hammer at a fine wine auction in a hotel in Hong Kong, on May 31, 2008. The auction has raised an Asian record of more than **eight million dollars**, organisers said, highlighting the region's growing passion for fine vintages. (AFP/Antony Dickson)

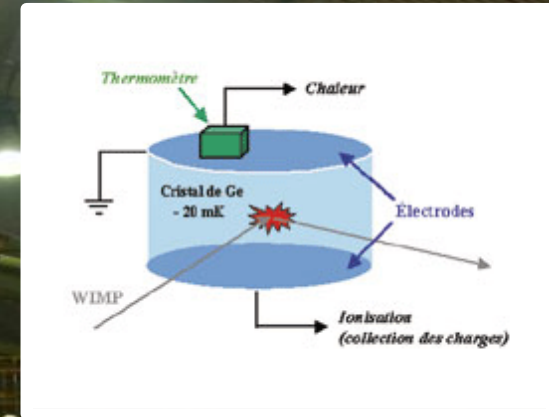
Château Latour (2 magnums)





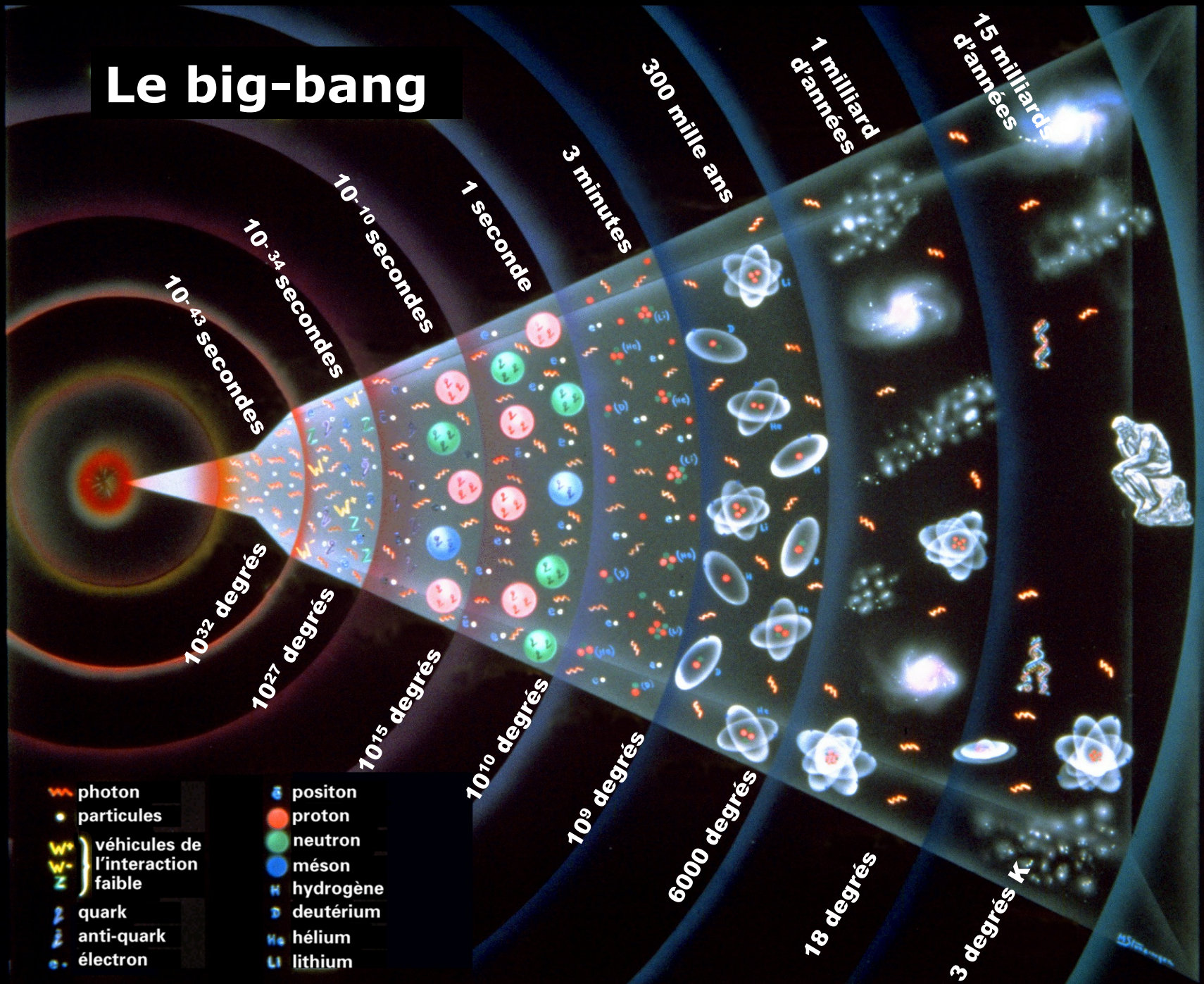
Comment garantir l'origine des sels ?



















Détecteur fonctionnant à 15 mK au-dessus du zéro absolu (-273,15 °C) avec des matériaux très basse radioactivité

Le big-bang



- | | |
|---|---|
|  photon |  positon |
|  particules |  proton |
|  } véhicules de l'interaction faible |  neutron |
|  quark |  méson |
|  anti-quark |  hydrogène |
|  électron |  deutérium |
| |  hélium |
| |  lithium |

55/10/1990

Radioactivité des verres

Verre des bouteilles (en non destructif)

Pas de ^{137}Cs , mais contient beaucoup de ^{40}K et U/Th/Ra

Verre	^{40}K (cph)	^{226}Ra (cph)	^{228}Ra (cph)
1784(?)	1500	1820	913
1929	1179	480	507
> 1950	~ 300	60 – 150	30 – 300 cph

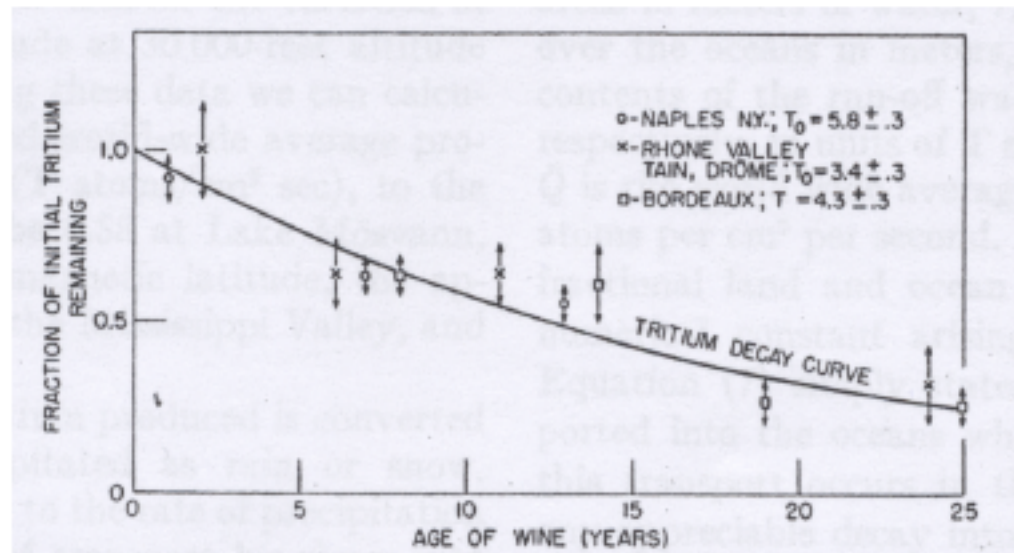
Important pour les vins très vieux !

Encore une étude à faire !

Tritium ($Q_{\beta} = 17 \text{ keV}$)

- Utilisé dès 1954 par Kaufman et Libby

[Phys. Rev 93(1954) 1337]

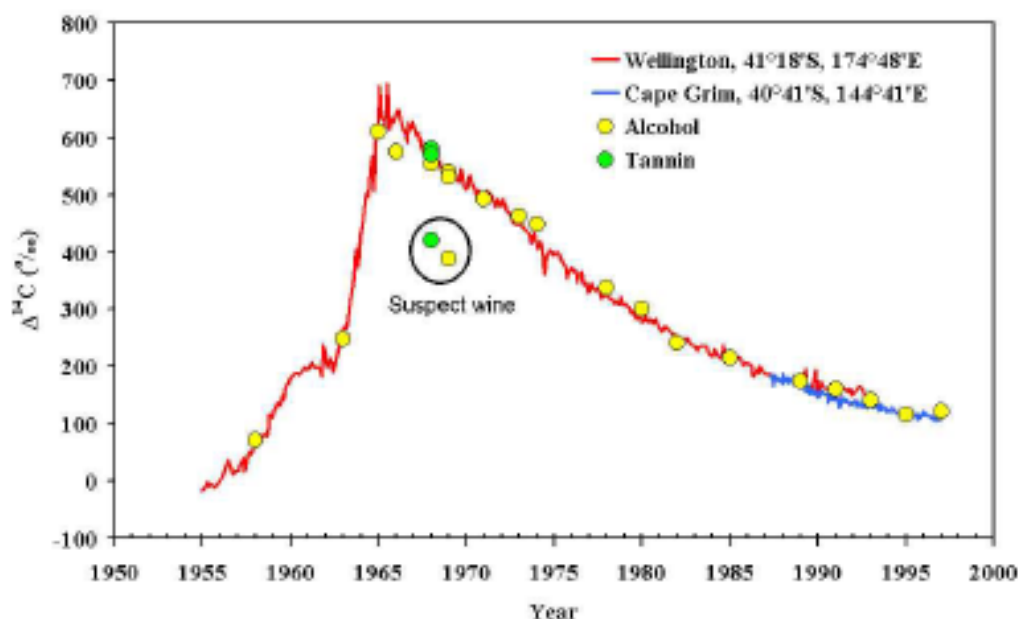


Devenu compliqué après les essais atmosphériques et l'avènement des centrales nucléaires

- Encore utilisé par Schönhofer (1993) en Autriche
- Peut être utilisé pour les alcools (Armagnac, Cognac, Calvados,...) comme le ^{14}C

^{14}C

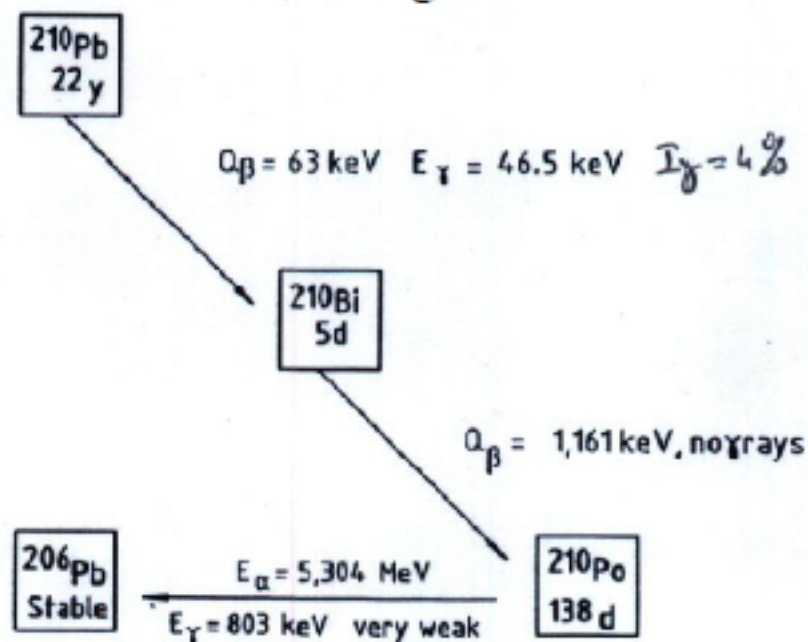
- Utilisé dès les années 1970 par Martinière et al. sur vins et alcools
(Laboratoire d'œnologie Bordeaux)
- Actuellement : Groupe d'Adélaïde (Australie) par AMS



- Technique marche bien, un peu lourde
- Ouverture de la bouteille, donc destructif
- Variation faible au delà de 1990
- Problème si ajout de sucre, acide tartrique, ...

^{210}Pb

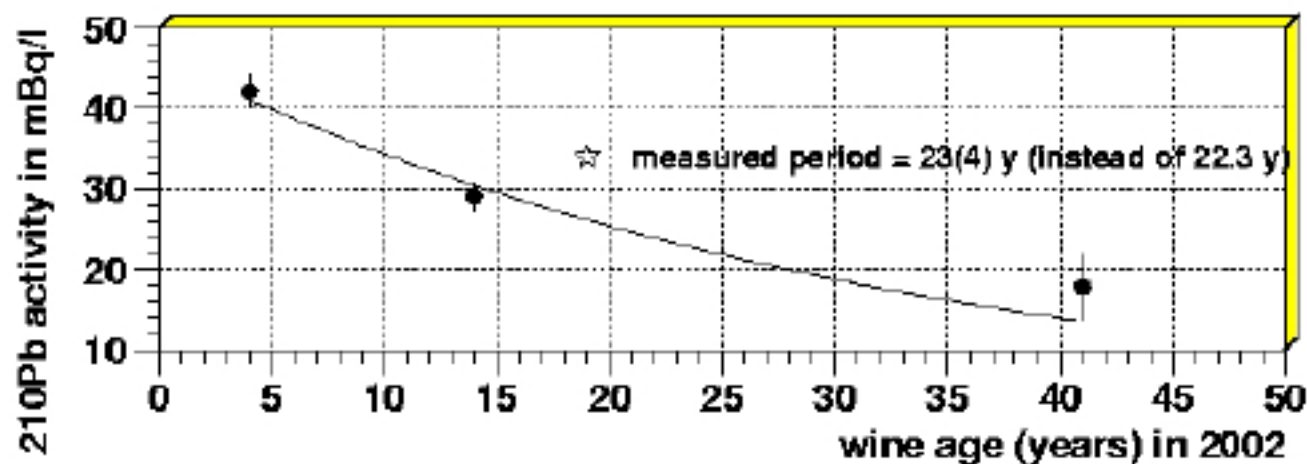
Origine du ^{210}Pb : décroissance du Rn de l'air

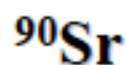


se dépose sur le sol, le raisin, ...,
avec les précipitations

à Bordeaux $\sim 80 \text{ Bq/m}^2 \cdot \text{an}$

J.L. Reyss
LSCE





Comme ^{14}C , tritium \rightarrow β^- pur $Q_\beta = 2,3 \text{ Mev}$

Comme ^{137}Cs \rightarrow

- Produit de fission
- $T_{1/2} = 28,5 \text{ ans}$

- Comportements différents dans la nature

^{137}Cs \longleftrightarrow potassium
 ^{90}Sr \longleftrightarrow calcium

- Etude en Italie

^{137}Cs absorbé préférentiellement par les feuilles

^{90}Sr absorbé préférentiellement par les racines



Etude à faire : Quelle courbe en ^{90}Sr en fonction du millésime ?

Isotopes de Ra

^{226}Ra (U), ^{228}Ra (Th), faibles (< 50 mBq/l), présents dans beaucoup de vins, mais pas dans tous !

Rappels :

$$^{226}\text{Ra } T_{1/2} = 1600 \text{ ans}$$

$$^{228}\text{Ra } T_{1/2} = 5,7 \text{ ans} ; ^{228}\text{Th } T_{1/2} = 1,9 \text{ ans}$$

$$\text{Pour un vin récent } A(^{226}\text{Ra}) = A(^{228}\text{Ra})$$

$$A(^{228}\text{Th}) = 0$$

Test sur des St Emilion 1999, mesurés en 2003 :

$$A(^{226}\text{Ra}) = 20 \text{ mBq/l}$$

$$A(^{228}\text{Ra}) \sim 10 \text{ mBq/l} \rightarrow \text{OK !}$$

$$A(^{228}\text{Th}) \sim 10 \text{ mBq/l} \rightarrow \text{OK !}$$

Autre test (avec Ge puits) Sémillon 2003 (mesuré fin 2003) :

$$A(^{226}\text{Ra}) = 21(1) \text{ mBq/l}$$

$$A(^{228}\text{Ra}) = 30(3) \text{ mBq/l}$$

$$A(^{228}\text{Th}) / A(^{228}\text{Ra}) = 0,25 \rightarrow 8 \text{ mois} \rightarrow \text{OK}$$