

AUVERGNE

Sciences

N° 56 - SEPTEMBRE 2003

LES PHÉNOMÈNES DE HALOS
LES MINES EN AUVERGNE
LE JARDIN LECOQ

BULLETIN DE L'ADASTA

ASSOCIATION POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'ANIMATION SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE EN AUVERGNE

CLASSIFICATION DES PHENOMENES DE HALOS ET DECOUVERTES RECENTES

Luc DETTWILLER

Docteur en Optique et Traitement du signal - Professeur de Chaires Supérieures (PC) - Lycée Blaise PASCAL - 36 avenue Carnot - 63037 CLERMONT-FERRAND CEDEX*

Dans les phénomènes de l'optique atmosphérique, les halos forment un vaste sous-ensemble par leur nombre et leur grande variété. Certaines formes sont banales et faciles à comprendre, ou fréquentes et bien expliquées ; d'autres sont très surprenantes (comme les faux soleils), ou complexes et difficiles à étudier ; enfin, certaines sont très rares et d'explication incertaine.

Pour des enseignants de physique, la connaissance de ces phénomènes peut être source de nombreuses illustrations vivantes de divers cours, afin de les rendre plus motivants pour les élèves. Dans le *Bulletin de l'ADASTA*, Michel HENRY a déjà publié un article traitant de ce sujet, ainsi que dans la *Revue du palais de la découverte* [17-18] ; notre propos n'est pas de répéter ces beaux textes dont nous conseillons vivement la lecture. Nous nous fixons ici un but plus technique, consistant à livrer une classification des phénomènes de halos ; compte tenu de leur grande diversité, une telle présentation, basée sur les mécanismes physiques de leur formation, sera utile à quiconque souhaite approfondir la connaissance de ces beaux phénomènes naturels et les observer avec sagacité. Il faudrait de très nombreux schémas pour illustrer notre propos, mais leur quantité rend impossible leur reproduction dans le volume normal d'un article, qui veut seulement être un aide-mémoire de physique des halos.

L'étude actuelle des halos n'est pas figée, pour plusieurs raisons.

D'abord, leur compréhension n'est pas que du ressort de l'optique : elle

fait aussi intervenir la thermodynamique, la cristallographie, la météorologie. On peut donc appréhender ces phénomènes sous des angles différents, ce qui s'avère fécond. Ainsi, le rapprochement avec ces autres parties de la physique a permis de proposer en 1981 la première explication satisfaisante d'un halo très rare (dont les premières mentions datent de 1629, puis 1727, 1747 et 1906) : il serait dû à la présence exceptionnelle, dans la haute atmosphère, d'une variété de glace qui ailleurs sur Terre ne se forme jamais naturellement.

Ensuite, on continue à observer de nouveaux halos ! Par exemple, ceux qui furent découverts fin 1997 confirment l'explication du halo rare mentionné ci-dessus ; et on en a encore découvert d'autres fin 1998...

Enfin, l'analyse détaillée des halos ou de certaines de leurs caractéristiques donne toujours lieu à des publications dans les revues de recherche en optique. Les moyens modernes de calcul par ordinateur permettent de pousser plus loin certaines investigations théoriques, ce qui oblige parfois à réviser des explications précédemment admises comme classiques.

La lecture de l'aide-mémoire qui suit sera forcément aride... Nous l'offrons aux lecteurs seulement parce que nous espérons qu'il puisse rendre service, en rassemblant des données éparses ou très récentes et parfois difficiles à trouver. Nous les présentons selon deux grands axes : d'abord, une classification des halos, d'après leur modélisation standard au moyen de l'optique géométrique ;

ensuite, l'impact de phénomènes complémentaires qui ne peuvent être omis dans une étude un peu complète. La conclusion de ce chapitre résumé d'optique atmosphérique peut être utilisée pour montrer l'aspect dynamique de la connaissance, sur l'exemple d'une théorie physique qu'on aurait pu croire déjà achevée.

1 - Modèle géométrique standard

Principes

La source S de lumière (blanche) est supposée ponctuelle et à l'infini ; dans la suite de l'exposé nous l'appellerons conventionnellement aussi le Soleil, car pour les halos c'est la situation usuelle.

Les cristaux de glace sont considérés comme des systèmes optiques formés d'une succession de dioptries et/ou de miroirs idéalement plans, donc rigoureusement stigmatiques pour tout objet à l'infini.

On néglige les effets d'ombre portée par un cristal sur les autres.

On suppose l'existence d'un très grand nombre de cristaux situés dans quasiment toutes les directions du ciel visibles depuis l'observateur.

On se limite à l'étude des images suffisamment lumineuses données par ces cristaux, et donc formées avec assez peu de réflexions partielles, car sur la glace (d'indice voisin de 1,31) le facteur de réflexion en incidence normale n'est que de 1,8 %.

On néglige dans un premier temps les

phénomènes de diffraction, de polarisation, de diffusion multiple (ils seront pris en compte au paragraphe 2).

1.1 Halos irisés dûs à la réfraction

La dispersion de la glace est normale dans le domaine visible : son indice de réfraction n croît du rouge au violet ; la variation relative d'indice entre ces deux bornes, appelée pouvoir dispersif, est d'environ 1/47. C'est pourquoi les halos dûs à la réfraction doivent *a priori* présenter des irisations.

1.1.1 Avec des cristaux d'orientations quelconques, équiprobables

1.1.1.1 Halo de 22°

Ce halo est lié à l'accumulation de lumière au minimum de déviation valant 22° environ pour un prisme de glace d'angle $A = 60^\circ$. Le minimum de déviation est le plus faible pour le rouge, qu'on voit donc à l'intérieur du cercle bien lumineux ; plus vers l'extérieur on voit ce cercle orange, puis jaunâtre peu visible, et verdâtre très rarement (les couleurs sont de plus en plus délavées à cause du mélange de plus en plus grand entre les différentes composantes spectrales formant des halos décalés).

Souvent le cercle de 22° de rayon a une luminosité non uniforme : cela peut venir d'une densité de cristaux non uniforme, ou d'orientations non équiprobables, privilégiant par exemple les directions verticales et horizontales pour les arêtes (cas des cristaux en forme de colonnes à capuchon et de balles de revolver respectivement) - alors on aura 4 parties plus brillantes.

Quand on voit le cercle de 22° en entier, on le croit souvent aplati horizontalement ; ce n'est qu'une illusion perceptive (cérébrale) classique.

1.1.1.2 Halo de 46°

Ce halo est lié au minimum de déviation valant 46° environ pour un prisme de glace d'angle $A = 90^\circ$.

L'ordre des couleurs est le même, et leur visibilité aussi, même si elles sont plus étalées.

Ce halo est plus rare, car si les cristaux sont en forme de balle de revolver majoritairement, il y a moins d'arêtes avec $A = 90^\circ$.

Ce halo est moins lumineux car :

- il est plus large ;
- l'incidence des rayons utiles est

plus grande, donc il y a plus de lumière perdue par réflexion partielle à l'entrée ;

- pour les faisceaux utiles, si on compare à la situation donnant naissance au halo de 22° avec des cristaux de mêmes dimensions, les aires utiles des faces sont plus petites pour la même raison.

1.1.1.3 Arcs rares

Certains cristaux peuvent avoir (à leurs extrémités) des formes pyramidales, susceptibles d'expliquer des halos circulaires de rayons angulaires inhabituels, allant de 4° à plus de 40° : citons les halos de VAN BUIJSEN (8,3°), RANKIN ou HALL (17,4°), BURNEY (19°), DUTHEIL (24°), FEUILLEE (32,3°)... ; et le 20 novembre 1998 on a découvert des halos de 5,4° et 11,8° !

Remarques

Les cristaux hexagonaux de glace donnent aussi des prismes d'angle $A = 120^\circ$; mais comme la moitié de cet angle dépasse l'angle d'incidence limite $i_l = \arcsin \frac{1}{n} \cong 49,8^\circ$

un tel prisme ne peut laisser passer la lumière sans réflexion totale.

Comme les prismes ont 3 degrés de liberté d'orientation, mais que la sphère céleste n'a que 2 dimensions, sur elle le halo est à 2 dimensions ; notons bien qu'ici et dans la suite de cet article nous appelons " halo " toute la distribution de lumière vue sur le ciel à cause de la présence des cristaux, et pas seulement sa partie où la lumière s'accumule (appelée " domaine d'accumulation ") - qui est donc la plus lumineuse mais qui n'en forme qu'une portion.

Le mécanisme d'accumulation de lumière est différent de celui de l'arc-en-ciel. Chaque goutte sphérique éclairée produit une caustique où la lumière s'accumule, contribuant ainsi à l'arc-en-ciel. Un cristal, ayant des faces planes dans une position donnée, ne produit qu'un ensemble discret de faisceaux parallèles et donc pas de caustique ; mais au voisinage du domaine d'accumulation sur la sphère céleste la densité angulaire de cristaux donnant des images de la source S vues par l'observateur est beaucoup plus grande.

1.1.2 Avec des cristaux ayant une libre rotation autour de la verticale

1.1.2.1 Arêtes verticales

Ils donnent naissance aux **parhélies** (ou faux soleils, ou " chiens ").

Les prismes n'ont plus qu'un degré de liberté, donc le halo est de dimension 1 sur la sphère céleste (c'est un arc parallèle à l'horizon) ; son domaine d'accumulation est de dimension 0, constitué de deux points, et ce sont eux qui forment les **parhélies** proprement dits - le reste du halo formant les **queues** des parhélies.

Les points les plus proches sont rouges, puis viennent de l'orange, du jaune et du vert de plus en plus délavés (mais moins que dans le halo de 22°). Les queues des parhélies sont blanches.

Les parhélies existent seulement si la hauteur céleste H de la source S est inférieure à

$$H_l = \arccos \left(\sqrt{n^2 - 1} \tan \frac{A}{2} \right)$$

Pour les parhélies du halo de 22° (resp. 46°) on trouve $H_l \cong 61^\circ$ (resp. 32°). Il n'est pas certain que les parhélies des halos de 46° aient été jamais vus ; on a longtemps cru les avoir observés à Saskatoon en 1970, mais on pense maintenant qu'il s'agissait plutôt d'un phénomène d'apparence voisine (voir § 2.3.1).

1.1.2.2 Arêtes horizontales

Il n'y a pas de domaine d'accumulation dans ce cas.

Arc circumzénithal (arc " tangent " supérieur)

C'est un arc parallèle à l'horizon, mais proche du zénith.

Il n'existe que si la distance zénithale Z de la source S est supérieure à

$$i_o = \arcsin [n \sin(A - i_l)]$$

soit $i_o \cong 58^\circ$ car $A = 90^\circ$. C'est un arc de rayon angulaire, $\sqrt{n^2 - \sin^2 Z}$ de largeur voisine de 2°, très net, lumineux, aux couleurs vives et bien distinctes jusqu'au bleu ; il se montre souvent sans le halo de 46°, mais presque toujours avec les parhélies du halo de 22°.

Arc circumhorizontal (arc " tangent " inférieur)

C'est un arc parallèle à l'horizon et proche de lui.

Il n'existe que si $H \geq i_o \cong 58^\circ$. Il est moins lumineux que l'arc circumzénithal car son rayon est plus grand ($\arcsin \sqrt{n^2 - \sin^2 H}$), et plus rare à cause de la condition $H \geq 58^\circ$.

Arcs de PARRY (découverts en 1819-1820)

Ils présentent de multiples formes ; dans la nomenclature de GREENLER, on distingue 4 formes normales (*upper sunvex, upper suncave, lower sunvex, lower suncave*) et 5 formes alternatives...

Arcs parroïdes

Ce sont des arcs qui se forment par deux réfractions sur les faces d'un prisme d'arête horizontale mais tourbillonnant autour d'une axe vertical. D'après cette définition, les arcs circumzénithal et circumhorizontal sont parroïdes.

1.1.3 Avec des cristaux ayant une libre rotation autour de deux axes L'un de ces axes est toujours vertical.

1.1.3.1 Arêtes verticales à certains instants (tourbillonnement)
Cela donne les arcs de LOWITZ, qui sont rares ; ils joignent le halo de 22° à ses parhélies, s'ils en sont assez éloignés (quelques degrés au moins), donc si $H > 25^\circ$.

1.1.3.2 Arêtes horizontales

Angle $A = 120^\circ$: arcs tangents supérieur et inférieur au halo de 22° , halo circonscrit (ou parhélies inférieur, supérieur et vertical)

Les prismes ont 2 degrés de liberté, donc ce halo est à 2 dimensions ; son domaine d'accumulation est à 1 dimension, c'est une courbe tangente au halo de 22° . Elle est fermée lorsque $H \geq 90^\circ - H_l \cong 29^\circ$. Le halo circonscrit peut se montrer sans celui de 22° ; ses parties supérieure et inférieure sont toujours les plus brillantes et les mieux colorées.

Angle $A = 90^\circ$: arcs infralatéraux et supralatéraux (tangents au halo de 46°)

Les prismes ont 2 degrés de liberté, donc ce halo est à 2 dimensions ; son domaine d'accumulation est à 1 dimension, c'est une courbe tangente au halo de 46° , dont la forme dépend encore de la valeur de H - comparée à $H_l \cong 32^\circ$

Les arcs supralatéraux sont très rares, et leurs quelques observations sont ambiguës.

1.2 Halos non irisés dus à la réflexion externe aux cristaux

Le phénomène de réflexion n'est pas dispersif, et c'est pour cela que les

halos qu'il provoque ne sont pas irisés.

1.2.1 Sur des faces verticales

Cela donne naissance au cercle parhélique ; c'est un halo à 1 dimension sans accumulation. Ce halo est obtenu le plus souvent avec des cristaux dont l'axe sénaire est vertical.

Comme le facteur de réflexion augmente avec l'incidence en lumière naturelle, la luminosité sur ce cercle devrait décroître avec la distance angulaire à la source ; mais il y a aussi des réflexions internes (plus probables en incidence quasi-normale) - voir leur effet au paragraphe 2.2.2.2.

1.2.2 Sur des faces obliques

1.2.2.1 Colonnes

Ce sont des halos à 2 dimensions, mais très aplatis horizontalement si la source est proche de l'horizon.

La libre rotation autour de la verticale, et les balancements de part et d'autre de l'horizontale, font que l'ensemble des images de la source formées par les réflexions sur des faces inclinées, donnent sur la sphère céleste un ensemble de points qui prend l'aspect d'une colonne.

Au coucher du Soleil et peu après, la colonne peut atteindre une hauteur de 30 à 40° , sa largeur n'étant que de 2° environ. On avait du mal à rendre compte du grand rapport hauteur/largeur des colonnes, et BRAVAIS pensait qu'il ne peut s'expliquer que par des réflexions multiples ; en fait il n'en est rien, la solution réside dans un calcul correct de photométrie qui n'a été bien posé qu'en 1979...

1.2.2.2 Cercles parhéliques obliques

Ce sont des halos à 1 dimension sans accumulation, formés par réflexion sur des faces obliques ayant une libre rotation avec la verticale ; leur forme dépend de la hauteur céleste de la source.

1.2.3 Sur des faces horizontales

La réflexion sur de telles faces donne naissance au sous-soleil.

1.3 Halos dus à la réflexion et la réfraction

1.3.1 Avec des cristaux ayant une libre rotation autour de la verticale

1.3.1.1 Paranthélies de 120° et anthélie

Les cristaux ont 1 degré de liberté, mais - cas particulier - ce halo est de dimension 0, réduit à son domaine d'accumulation !

Ces paranthélies sont des taches brillantes blanches, à cause d'un phénomène semblable à l'achromatisme apparent de certains oculaires, faisant que malgré la dispersion due à la réfraction il n'apparaît pas d'irisations. Leur azimut par rapport à S reste $\pm 120^\circ$ indépendamment de H ; il en est de même pour les anthélies, à 180° de S.

1.3.1.2 Tache bleue

C'est une petite zone bleue ou bleu verdâtre de typiquement 3° de longueur sur le cercle parhélique, qui a été décrite en 1951 et photographiée en 1994 pour la première fois ! Elle est située d'un côté ou de l'autre des paranthélies, en fonction de la hauteur céleste de la source. Ce phénomène est dû à un des mécanismes de formation du cercle parhélique : la réflexion de la lumière à l'intérieur d'un cristal sur une face verticale, précédée et suivie d'une transmission par les faces horizontales ; dans ce cas il apparaît un chromatisme de luminance, et non plus de position, dû à la variation brutale du facteur de réflexion au voisinage de l'angle de réfraction limite qui dépend de la longueur d'onde.

1.3.2 Avec des cristaux ayant une libre rotation autour de deux axes

1.3.2.1 Halos à 2 dimensions avec accumulation

Quand la lumière ne subit qu'une réflexion totale à l'intérieur d'un cristal de glace en forme de colonne hexagonale, cela donne les arcs de WEGENER qui se croisent en faisant entre eux un angle voisin de 90° .

Quand la lumière subit 3 réflexions totales à l'intérieur d'un cristal de glace en forme de colonne hexagonale, cela donne les arcs de TRICKER qui se croisent selon un angle nettement inférieur à 90° .

1.3.2.2 Halos à 2 dimensions sans accumulation

Quand la lumière subit 4 réflexions totales à l'intérieur d'un cristal de glace en forme de colonne hexagonale, cela donne l'arc anthélique diffus A.

Quand la lumière subit 2 réflexions totales à l'intérieur d'un cristal de glace en forme de colonne hexagonale, cela donne l'arc anthélique diffus B.

Ces arcs sont assez lumineux, et peuvent simuler une colonne anthélique ; ils ne sont pas colorés car il y a achromatisme apparent, par le même mécanisme que dans les paranthélies de 120°.

2 - Phénomènes complémentaires

2.1 Effets géométriques

2.1.1 Largeur angulaire de la source

Le plus souvent la source de lumière avec laquelle on observe les halos est le Soleil, mais parfois aussi la Lune. Dans les deux cas, son diamètre angulaire est 32' environ. Il en résulte une superposition des halos dûs à chaque point source, donc les pics d'intensité sont élargis, les couleurs se mélangent plus et ainsi se délavent.

2.1.2 Balancement des axes orientés des cristaux

Cet effet élargit aussi les arcs et peut simuler un contact de deux arcs proches (c'est le cas avec le halo de 46° et les arcs circumzénithal ou circumhorizontal, appelés aussi pour cela arcs tangents supérieur ou inférieur au halo de 46°).

Il influe nettement sur la largeur des parthélies.

2.2 Effets d'optique physique

2.2.1 Interférences et diffraction

La diffraction élargit aussi les pics d'intensité et rend moins nets les bords des halos.

Exemple du petit halo (22°)

La première mesure du profil d'intensité de ce halo date de 1984, et a donné pour cette observation une largeur à mi-hauteur de 5°. Or celle due à la dispersion est voisine de 0,5°, de même que celle due au diamètre apparent du Soleil ; on en déduit que la dimension moyenne des cristaux, expliquant par diffraction l'élargissement supplémentaire de 4°, était de l'ordre de 10 µm - ce qui est cohérent avec les données météorologiques.

2.2.2 Polarisation

2.2.2.1 Cas des halos dûs à la réfraction seulement

La réfraction de la lumière polarise assez peu ; le degré de polarisation p du cercle du petit halo (22°) et ses arcs tangents est $p \cong 4\%$, et pour celui du grand halo (46°) et ses arcs tangents $p \cong 16\%$.

On a découvert en 1977 que la biréfringence de la glace ($+1,4 \cdot 10^{-3}$ environ sur tout le visible), d'axe optique parallèle à l'axe sénéaire, est sensible dans les parthélies de 22° ; dans ce cas l'axe optique est vertical, puisqu'il est parallèle à l'axe sénéaire. Lorsque la source S est sur l'horizon, la distance angulaire entre S et le parthélie formé par les rayons extraordinaires, polarisés verticalement, excède de 0,11° celle obtenue avec les rayons ordinaires, polarisés horizontalement. Mais, à cause de la largeur des parthélies, l'écart entre les maxima de $|p|$ est voisin de 0,5°.

2.2.2.2 Cas des halos avec réflexion

La réflexion partielle polarise plus, surtout au voisinage de l'incidence brewsterienne ; les colonnes solaires sont donc assez nettement polarisées horizontalement.

Dans le cercle parthélique, sa polarisation due à une réflexion interne (sur une face verticale) est le plus souvent négligeable. Mais comme la glace est biréfringente, cette réflexion est a priori double pour chaque rayon incident sur cette face. Cet effet apporte au cercle parthélique trois composantes circulaires séparées sur la sphère céleste mais toutes centrées sur le zénith, et différemment polarisées : le cercle supérieur (resp. inférieur) est parfaitement polarisé horizontalement (resp. verticalement), le cercle médian est non polarisé - mais superposé à celui qui est dû seulement à la réflexion externe sur une face verticale, et qui est partiellement polarisé verticalement (le degré de polarisation pouvant atteindre 100 % en fonction de l'azimut et de la hauteur de la source). Comme la biréfringence de la glace est faible, l'écart entre ces trois cercles est bien plus petit que leur largeur (due à celle du Soleil et au balancement des cristaux). On ne voit donc qu'un seul cercle parthélique, mais la polarisation de son bord supérieur est

partielle horizontale, de degré variable avec l'azimut et la hauteur de la source (si celle-ci est inférieure à 40°, l'effet est visible à l'œil nu avec un polariseur sur un cercle parthélique bien net entre 90° et 120° d'azimut par rapport au Soleil) ; il en est de même pour le paranthélie de 120°, en plus des effets de polarisation analogues à ceux des parthélies (voir § 2.2.2.1).

2.3 Diffusion multiple

La diffusion considérée ici est restreinte à celle qu'explique l'optique géométrique, avec les réflexions et réfractions.

2.3.1 Entre les cristaux

La diffusion multiple rajoute un voile sur la sphère céleste.

Elle fait apparaître des structures secondaires, quand la structure primaire est un spot assez lumineux : ce sont surtout les parthélies des parthélies de 22°, situés donc à 0° et à $\pm 2 \times 22^\circ$ du Soleil (observation de Saskatoon mentionnée au § 1.1.2.1). Elle explique aussi l'arc de KERN de 1^e espèce, qui est un cercle blanc situé à la hauteur de l'arc circumzénithal.

La diffusion multiple est enfin la cause de l'anthélie, contrairement à ce qu'on pensait jusqu'en 1989 ; on a compris alors que c'est la seule explication rendant compte du fait que ce halo n'apparaît pas si $H > 45^\circ$: il serait dû au sous-soleil du point anti-solaire, avec des colonnes orientées en position de PARRY.

2.3.2 À l'intérieur d'un cristal composite

Certains cristaux sont formés de deux plaquettes fixées aux extrémités d'une colonne. La lumière diffusée par l'une d'elles peut ensuite être diffusée par l'autre. Cela explique l'arc de KERN de 2^e espèce, qui est une portion de cercle situé à la hauteur de l'arc circumzénithal mais du côté opposé à la source.

Conclusion

Nous espérons que cet aide-mémoire, en soulignant la richesse des phénomènes de halos, vous incitera à mieux les observer ! Bien des phénomènes qui se déroulent sous nos yeux nous échappent, par manque d'attention ou de sagacité dans l'observation...

Les halos les plus usuels sont, par ordre de fréquence décroissante :

- le petit halo (22°) ;
- les parhélies ;
- les arcs tangents ;
- les colonnes ;
- le cercle parhélique.

La traque des phénomènes de halos, par des amateurs avertis (*cf. infra* l'adresse d'un réseau d'observateurs), peut faire progresser leur connaissance, qui n'est pas complète !

On continue actuellement à découvrir de nouveaux halos : par exemple, à l'extrémité nord de l'altiplano chilien, au-dessus du volcan Lascar qui a éjecté un gros nuage de vapeur d'eau vers la haute atmosphère, les 27 et 28 novembre 1997, on a couvert photographiquement le développement d'un magnifique système de halos, qui en contenait plusieurs inédits ; puis le 10 novembre 1998 à la station du pôle sud on a encore découvert d'autres halos.

Entre 1997 et 2000, diverses questions inexplicables ont été résolues : l'origine du halo de SCHEINER (28° de rayon, dû à des cristaux de glace cubique Ic), de l'arc de KERN de 2° espèce (diffusion multiple intracristalline - voir § 2.3.2), des halos elliptiques et des anneaux de BOTT-LINGER (dûs à des cristaux pyramidaux). De plus, l'observation fine des halos suscite, quand on veut en rendre compte, des améliorations des techniques de calcul de la lumière diffusée et de sa polarisation.

Mais un mystère persiste encore actuellement : celui du halo circulaire de HEVEL, de 90° de rayon, alors que la plus grande valeur du minimum de déviation dans un prisme de glace est

$$D_M = 180^\circ - 2i_j \cong 80,5^\circ,$$

i.e. celui donné lorsque l'angle du prisme prend la valeur limite $A_j = 2i_j \cong 99,5^\circ \dots$

L'observation des halos est intéressante à d'autres niveaux que la théorie de l'optique : elle permet d'obtenir à distance des informations sur l'état de l'eau dans l'atmosphère, ou la dimension des cristaux de glace. Ainsi se posèrent en 1999-2000 de nouvelles questions sur la surveillance de l'atmosphère, dont voici quelques exemples.

Sachant que la diffraction n'occulte

pas le phénomène de halo dès que la dimension des cristaux atteint un ordre de grandeur de 10 μm ou plus, on devrait observer plus de halos qu'on n'en voit réellement. D'où vient ce déficit ? Ces cristaux ont-ils souvent leurs faces rugueuses, ou présentent-ils des défauts de symétrie ?

La formation des arcs de PARRY exige une stabilité surprenante de l'horizontalité de certaines faces des cristaux, qui a bien été confirmée par l'analyse LIDAR des nuées formant ces arcs. Quel phénomène subtil d'aérodynamique permettrait d'expliquer une telle stabilité ? Cela dépend-il de la morphologie du cristal, et peut-elle être influencée par les noyaux de condensation atmosphérique ?

Pendant les siècles précédents, les explorateurs des régions polaires se sont souvent émerveillés du spectacle des halos ; dans notre cas, il nous permettra de redire que pour apprendre beaucoup de physique (au moins au début) et pour la faire aimer, il n'est pas indispensable de recourir à des appareils et des expériences complexes : il suffit d'observer la Nature avec des yeux ouverts, de la questionner avec un esprit ouvert.

BIBLIOGRAPHIE

Quelques livres solides et récents :

- [1] M. MINNAERT, *The Nature of Light & Color in the Open Air*, Dover (New York, 1954) : une étude simple mais complète des phénomènes optiques dans la nature, avec de nombreuses idées d'observations faciles et efficaces (mais quelques erreurs, en particulier sur le rayon vert).
- [2] M. MINNAERT, *Light and Color in the Outdoors*, Springer Verlag (Berlin, 1993) : réédition de l'ouvrage précédent.
- [3] R. A. R. TRICKER, *Introduction to Meteorological Optics*, American Elsevier (New York, 1970) ou Mills and Boon (Londres, 1970) : aborde les aspects théoriques de façon substantielle.
- [4] R. A. R. TRICKER, *Ice Crystal Haloes*, Atmospheric Optics Technical Group of the Optical Society of America (Washington, 1979)
- [5] R. GREENLER, *Rainbows, Halos and Glories*, Cambridge University Press (Cambridge, 1980) : un livre plus restreint que ceux de Minnaert, mais illustré de remarquables photographies en couleur, et enrichi de simulations sur ordinateur.
- [6] W. R. CORLISS, *Rare Halos, Mirages, Anomalous Rainbows and Related Electromagnetic Phenomena*, Sourcebook Project, (Glen Arm, Md., 1984)
- [7] G. P. KÖNNEN et J. TINBERGEN, *Polarized Light in Nature*, Cambridge University Press (Cambridge, 1985)
- [8] L. DETTWILLER, *Qu'est ce que l'optique géométrique ? - fondements et applications*, Dunod (Paris, 1990)
- [9] W. TAPE, *Atmospheric Halos*, vol. 64 des Antarctic Research Series, American Geophysical

Union (Washington, D.C., 1994)

[10] D. K. LYNCH et W. LIVINGSTON, *Color and Light in Nature*, Cambridge University Press (Cambridge, 1995) : un livre détaillé et précis illustré par une riche collection de photographies d'un grand intérêt.

[11] E. BIEMONT, *Météores et effets lumineux dans l'atmosphère terrestre*, coll. Que sais-je ? n° 3146, P.U.F. (Paris, 1997)

[12] R. ERESMAA, A. JOKINEN, V. MÄKELÄ, M. PEKKOLA, J. RUOSKANEN et M. SILLANPÄÄ, *European Halo Project* : Report of May 1996, (Helsinki, 1996) ; *European Halo Project* : Report of April 1997, (Helsinki, 1997)

[13] D. LYNCH et W. LIVINGSTON, *Aurores, mirages, éclipses... - Comprendre les phénomènes optiques de la nature*, Dunod (Paris, 2002) : traduction de leur livre de 1995.

Articles de revues de vulgarisation :

[14] D. LYNCH, "Les halos atmosphériques", in Les phénomènes naturels, Bibliothèque Pour la Science, Belin (Paris, 1978)

[15] J. WALKER, "Les motifs de givre et le cadran solaire", in 23 expériences d'amateur, Bibliothèque Pour la Science, Belin (Paris, 1982)

[16] M. CHAPELET, "Déviation des rayons lumineux lors de la traversée d'un prisme : les halos solaires", Bull. Un. Phys. 83 (n° 712, mars 1989)

[17] M. HENRY, "Phénomènes naturels - Optique atmosphérique", Auvergne Sciences - Bulletin de l'ADASTA, n° 33, 11-21 (mars 1995)

[18] M. HENRY, "Les halos", Revue du palais de la découverte 30, 26-36 (n° 291, oct. 2001)

ICONOGRAPHIE

[19] F. SUAGHER et J.-P. PARISOT, *Jeux de lumière - Les phénomènes lumineux du ciel*, Cêtre (Besançon, 1995) : un recueil de belles photographies en couleur de phénomènes optiques atmosphériques, avec des commentaires intéressants mais moins précis que ceux du livre de LYNCH et LIVINGSTON.

[20] Diapositives du CLEA, série D1 "Les phénomènes lumineux" (26 rue Bérengère - 92210 SAINT CLOUD) : on y retrouve des photographies présentées dans le livre précédent.

Pour d'autres diapositives, voir aussi DIAPOFILM, JEULIN ou PIERRON - Phénomènes en optique de l'atmosphère.

Bien d'autres livres ou articles contiennent aussi des photographies remarquables : voir par exemple les ouvrages de D. J. K. O'CONNELL, R. GREENLER, D. K. LYNCH et W. LIVINGSTON déjà mentionnés (années 1958, 1980, 1995).

EXPERIENCES

Pour simuler un halo il y a l'expérience de Cornu (faisant précipiter un alun de sodium et potassium), dont une variante au laser est décrite dans les pp. 54-57 de M. HENRY et R. JOUANISSON, *La lumière du laser - guide d'expériences*, Masson (Paris, 1993).

Dans l'article, déjà cité, de M. HENRY, "Phénomènes naturels - Optique atmosphérique", Auvergne Sciences - Bulletin de l'ADASTA, n° 33, 11-21 (mars 1995), on trouvera beaucoup d'idées pour simuler simplement un cercle parhélique, une colonne solaire, un halo (expérience de Cornu), un parhélie, une couronne, etc.

RESEAU D'OBSERVATEURS

L'association finlandaise URSA a mis sur pied divers réseaux d'observateurs :

Finnish Amateur Astronomer's Network

J. MOILANEN, M. PEKKOLA et M. RIIKONEN, *Finnish Halo Observers Network*, URSA,

Raatiemäenkatu 3 A 2 - 00140 HELSINKI - FINLANDE

L'Auvergne, ancien pays minier

par Jean-Pierre CARROUÉ

Géologue, ancien élève de la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand
Ancien ingénieur au Bureau de Recherches Géologiques et Minières

Le Massif Central, l'Auvergne en particulier, a été dans un passé déjà éloigné de quelques dizaines d'années, un pays minier de notable importance.

J.-P. CARROUÉ a activement participé aux prospections effectuées dans la seconde moitié du vingtième siècle pour la découverte de nouveaux gisements ou la démonstration d'extensions nouvelles des gisements connus.

Il nous propose un tour d'horizon sur les recherches et exploitations de minerais métalliques et de minéraux industriels. Il évoquera entre autres les mines d'antimoine du célèbre district de BRIOUDE-MASSIAC, de fluorine de LANGEAC ou du BEIX, le plomb argentifère de PONTGIBAUD, l'or du CHATELET, l'uranium des BOIS NOIRS.

Le charbon

Le charbon n'entre pas dans notre panorama consacré aux mines métalliques mais a connu ses heures de gloire, nous ne pouvons le passer sous silence, nous nous limiterons à la liste des principales mines en rappelant les dates-clés de leur activité et leur production, des données avancées au cours d'une conférence à la S.H.N.A. par E.PAPCIAK, ancien Ingénieur divisionnaire des Mines, rappelées ici avec son aimable autorisation.

Une remarque préliminaire s'impose : les exploitations les plus importantes ont fait l'objet de la loi de nationalisation du 17 mai 1946 et ont été placées sous le contrôle des Houillères du Bassin d'Auvergne créées le 30 juin 46.

Ces mines sont, pour la commodité de l'exposé, classées en fonction de

leurs caractères géologiques (âge) ou de leur localisation :

Les bassins alignés le long du "sillon houiller" :

- SAINT-ELOY, fermé en 1978, a produit 40 millions de tonnes;
- MESSEIX, fermé en 1989, avec 11 M de tonnes (anthracite);
- PUY-SAINT-GULMIER, excepté de la nationalisation;
- CHAMPAGNAC, fermé en 1959, avec 9 M de tonnes;
- NOYANT, fermé en 1941, avant la loi de nationalisation, avec 3 M de tonnes.

A l'Ouest du sillon houiller, deux mines non nationalisées :

- COMMENTRY, fermé en 1955, qui a produit 28 M de tonnes;
- DOYET, fermé en 1953, avec 15 M de tonnes.

Le long de la vallée de l'Allier :

- BRASSAC, fermé en 1978, avec 30 M de tonnes;
- LANGEAC, fermé en 1925, avant la nationalisation, avec 4 M de tonnes.

Les bassins permien (les précédents sont du Carbonifère) :

- BERT-MONTCOMBROUX, dans le Nord du département de l'Allier, fermé en 1951, avec 4 M de tonnes;
- L'AUMANCE, d'abord exploité en travaux "fond", puis en "découverte"; la production a cessé, les travaux de réhabilitation du site sont en cours.

A titre d'illustration, la production globale depuis l'origine jusqu'en 1947 atteignait 150 millions de tonnes, l'effectif cette année là était de 5950 ouvriers et employés.

Les mines métalliques

Forme générale des "gisements

métalliques" et nature des terrains encaissants

La plupart des gisements exploités ou des indices reconnus sont de type filonien et sont encaissés dans les roches du "socle", des terrains métamorphiques ou des roches granitiques. C'est dire qu'ils résultent de la fracturation de ce socle : fracturation "favorable" de certains terrains (les migmatites du district de Brioude-Massiac) ou fracturation en relation avec de grands accidents tels que le "grand sillon houiller".

Comment se sont formés ces gisements ?

Dans les fractures les plus largement "ouvertes", des solutions chaudes chargées des éléments qu'elles ont dissous en lessivant les couches profondes de l'écorce terrestre, sont remontées sous la pression du gaz carbonique en se refroidissant progressivement et en déposant entre autres les métaux contenus. Les températures de dépôts passent de 400°C, voire plus, pour les gîtes à étain-tungstène et arsenic, à 200-400°C pour ceux à antimoine ou à plomb et à environ 140°C pour les filons à fluorine.

Il ne faut pas pour cela imaginer un refroidissement progressif dans une même fracture avec des dépôts successifs, voire superposés, dans le sens vertical. La réalité est plus complexe, le jeu des fractures et leur remplissage sont marqués par une certaine rythmicité. Les unes seront occupées par des sulfures, d'autres ouvertes plus tard contiendront de la fluorine.

Quand se sont mises en place ces minéralisations ? On peut schématiquement dire que fracturation et

remplissage se sont produits au cours des grandes périodes orogéniques, à savoir fin de la surrection de la Chaîne hercynienne, voire prémices de l'orogénie alpine. On a en effet établi des âges de 195 millions d'années pour la mise en place des filons de fluorine, les plus "froids" et les plus récents; c'est l'époque où s'annonce un grand événement: l'ouverture de l'Atlantique, conséquence de la célèbre "tectonique des plaques".

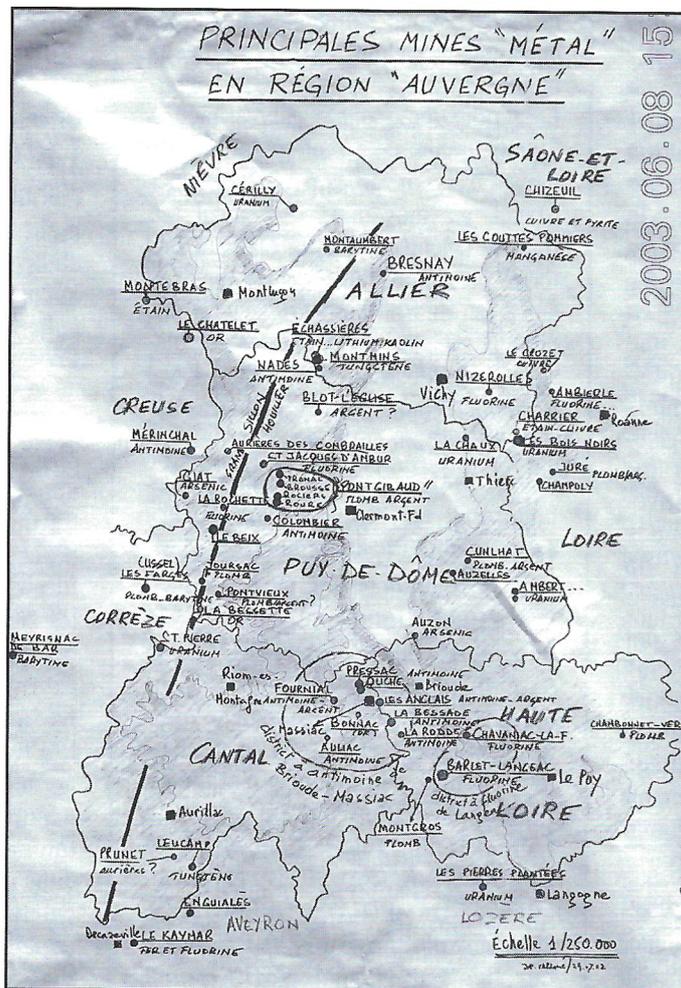
C'est encore trop simple: certains métaux vont quitter la fracture porteuse initiale et vont migrer dans des horizons plus réceptifs, des niveaux sédimentaires du tertiaire par exemple... l'uranium est coutumier du fait!

L'OR

L'OR des Gaules aurait, dit-on, attiré César. Mais l'Auvergne, contrairement au Limousin voisin, ne garde que quelques traces de cette exploitation antique:

Les excavations de La BESSETTE ou du "Camp de César", longtemps considérées comme des vestiges de camp romain, ont été identifiées dès 1842 (P.MIGNOT) comme des aurières puis en 1893 (A.De LAPPARENT) comme des exploitations d'or et étain dans un "placer". Les sondages pratiqués en 1905 par le "Syndicat VAZEILLE" ont montré qu'il n'y avait pas de gisement alluvionnaire mais que l'or était très finement dispersé dans la tranche altérée des migmatites sur une épaisseur de 20 mètres avec des teneurs de 1,5 à 3 grammes d'or à la tonne difficilement récupérables. Les travaux miniers exécutés en 1910 (sous la conduite de J.DEMARTY) ont traversé des filons de quartz à sulfures et traces d'or libre et ont découvert des bois de mine attribués aux Gallo-Romains. Interrompus par la Grande Guerre, les travaux ont été repris sans succès et abandonnés en 1936.

Des recherches infructueuses ont été



pratiquées à quelques centaines de mètres plus au Sud: au "Communal", au "Ravin de l'Ecluse", à "La Viallole" où des galeries ont été tracées en 1934-35 dans des filons parfois minéralisés en pyrite, mispickel, galène et blende, sulfoantimoniures. Les teneurs sont irrégulières et ne présentent jamais un seuil économique. (Diplôme de Géologue Pétrographe de Georges BOURNAT, Clermont-Fd, 1959)

Dans le même district, la mine de PONTVIEUX près de TAUVES, est fréquemment l'objet d'articles dans la presse régionale lors de séances d'initiation de prospection à la batée organisées dans le voisinage. Les travaux conduits de façon sporadique entre 1897 et 1910 y font état de teneurs élevées en or et argent des plus fantaisistes, portant sans doute sur quelques grains de minerai massif; aucune production n'est sortie de cette mine.

Des aurières sont aussi identifiées dans les COMBRAILLES, l'une des plus belles étant celle du "CREUX DU

RENARD", dans la commune de CHARENSAT. Les prospections effectuées tant par le B.R.G.M. que par des sociétés privées, lors du boom de la recherche d'or dans les années 80, n'ont pas abouti. Une intéressante étude archéologique de ce site est menée par P.RIGAUD et P.BOUYER, archéologues au C.N.R.S.

La mine de BONNAC, dans le Cantal, est plus connue par la faillite frauduleuse de la Société des Mines de Bonnac que par l'or qui en a été extrait.

Des vestiges de laverie y sont attribués sans garantie aux Gallo-Romains.

Des aurières ont été identifiées dans le secteur de PRUNET, au voisinage de LEUCAMP mais aucun complément d'étude n'a été pratiqué.

La mine du CHATELET, dans la commune de BUDELIERE, près d'EVAUX, a été découverte en 1896 par Victor

LASSALE, lors de la construction de la gare. L'or est intimement associé au mispickel ou à la löllingite (FeAsS et FeAs_2); il n'y a pas d'or libre et par conséquent pas d'aurières. La production arrêtée en 1955 s'élève à 11 tonnes d'or. Les travaux conduits en 85-90 par le B.R.G.M. n'ont pas permis la démonstration d'un tonnage de réserves suffisant pour envisager une reprise.

Au même moment, "Total-Compagnie Minière" a exploré sans succès la structure de VILLERANGES dans laquelle la présence d'antimoine avait amené la réalisation de travaux miniers de peu d'importance.

L'ARGENT

L'ARGENT a été activement recherché dans l'Antiquité. En témoignent les excavations et les galeries foncées dans les filons de quartz à galène qui forment le champ filonien de BLOT- L'EGLISE, exploré sans succès par le B.R.G.M. en 1958. Un bois de mine gallo-romain a été "carotté"!

Le filon des FARGES, près d'Ussel,

est jalonné par des fosses et des déblais antiques qui témoignent ainsi de l'exploitation de l'argent par les Gallo-Romains. Ce filon a fait l'objet d'une campagne active d'exploration par sondages et travaux miniers conduits par le B.R.G.M. dans le cadre d'un syndicat de recherches avec divers groupes miniers privés. Après démonstration de réserves en plomb conséquentes dans une gangue barytique, la mise en exploitation a démarré en 1974, mais RHONE-PROGIL a écrémé le gisement et cessé prématurément les travaux, obturant même définitivement le puits au grand dam des minéralogistes amateurs de la célèbre " pyromorphite des Farges ".

Des vieux travaux gallo-romains ont aussi été mis en évidence " aux ANGLAIS " et des restes de fours retrouvés lors de la campagne de travaux miniers du B.R.G.M. Aucun avenir n'est promis à ce gisement, condamné par suite de la grande extension de ces anciens travaux.

La mine de FOURNIAL explorée entre 1912 et 1935 est célèbre par ses " argents rouges ", des sulfo-antimoniures et notamment de la pyrrargyrite. 500 tonnes de minerai avaient été lavées, des teneurs en argent de 500 grammes par tonne de tout-venant étaient avancées, non confirmées par les travaux du B.R.G.M. en 1966-67.

La production d'argent la plus importante provient en réalité des mines de plomb, de plomb argentifère, que nous allons maintenant évoquer.

● ● ● ● ● LE PLOMB

Les mines de PONTGIBAUD

Les travaux les plus anciens sont attribués aux Gallo-Romains par A. DAUBREE (1881) qui relate la découverte de médailles et de lampes à huile dans les recherches médiévales sur le filon Saint-Denis à ROSIERS-SUR-SIOULE. De récentes mesures d'âge absolu pratiquées sur des bois de mine du même site (communication orale de Christian MARCONNET) font remonter ces travaux au III^{ème} siècle.

Des travaux sont foncés en différents points, Les COMBRES, BARBECOT, PRANAL, ROURE, ROSIERS, tout au long des XVI^{ème}, XVII^{ème} et XVIII^{ème} siècles mais il faut attendre le XIX^{ème} et surtout sa seconde moitié pour voir prospérer

le district, sous l'impulsion du financier anglais Richard TAYLOR et de ses techniciens.

La production globale est estimée à 50000 tonnes de plomb-métal et 100 tonnes d'argent, tirées d'un tout-venant titrant en moyenne 5% en plomb (teneur calculée) et 2 kg d'argent par tonne de plomb. Sur 7 mines alignées sur 8 km du Sud au Nord, le total des travaux avoisine 68 kilomètres de galeries et 3 000 mètres de puits, l'aval maximal reconnu est de 250 mètres au-dessous des affleurements.

PONTGIBAUD tient ainsi une place honorable parmi les gisements filoniens de plomb exploités en France.

Dans le Livradois, les petites mines d'AUZELLES (6000 tonnes de plomb, 6 tonnes d'argent), de CUNLHAT et de ST-AMAND-ROCHE-SAVINE, ont appartenu à la Compagnie des mines de Pontgibaud et ont pu livrer leur minerai lavé à la fonderie installée à Pontgibaud. Plus à l'Est, dans la Loire, les mines de la Concession de ST-MARTIN-LA-SAUVETE, et parmi elles CHAMPOLY, GRESOLLES, JURE, exploitées au XVIII^{ème} siècle par les De BLUMENSTEIN, ont produit moins de 10000 tonnes de plomb et de 10 tonnes d'argent.

Les mines de ST-JULIEN-MOLIN-MOLETTE, à la limite de la Loire et de l'Ardèche ont été exploitées par la même famille.

Dans le périmètre élargi du périmètre du district à antimoine de BRIOUDE-MASSIAC, on peut signaler l'ancienne mine de LA RODDE qui a produit 2500 tonnes de plomb et 1250 tonnes d'antimoine à partir de la semseyite, un sulfo-antimoniure de plomb, classé dans les " plombs-complexes " et MONTGROS avec 1500 tonnes.

Parmi les nombreuses mines ouvertes dans des filons barytiques bien minéralisés, on citera celle de CHAMBONNET-VERSLHAC, dans l'Est de la Haute-Loire.

A titre indicatif, l'ancienne mine d'antimoine d'ALLY, ouverte à la visite du public, est probablement celle de LA RODDE.

● ● ● ● ● LE ZINC

L'Auvergne n'a pas livré de zinc, bien que la blende (ZnS) soit parfois associée abondamment à la galène de

certain filons, comme à PONTGIBAUD, ou aux sulfo-antimoniures à FOURNIAL.

● ● ● ● ● LE CUIVRE

Les filons à galène et blende renferment aussi fréquemment de la chalcopryrite, sulfure de cuivre, mais aucun de ces filons n'a produit de cuivre.

Près de VOLLORE-VILLE, au début du XX^{ème} siècle, de petits filons de quartz à mouches de chalcopryrite ont fait l'objet de travaux miniers sans ampleur.

Au CROZET, à la limite de l'Allier et de la Loire, un filon ou un amas de forme indéterminée encaissé dans les terrains carbonifères, a livré de beaux échantillons de galène, blende, azurite et malachite.

La mine de CHARRIER, près de LAPRUGNE, Allier, exploitée dans les premières années de l'après-guerre, a fourni 1000 tonnes de cuivre et 760 tonnes d'étain. Elle était ouverte dans un amas original à chalcopryrite, cuivres gris, bornite et cassitérite encaissé dans les terrains dinantiens. C'est là qu'est située la source CHARRIER, " l'eau minérale la plus radioactive du monde " !

Hors de nos limites, mais toute proche, rappelons l'existence de l'importante mine de CHIZEUIL, en Saône-et-Loire qui a produit 1000 tonnes de cuivre provenant en partie d'un filon à énargite recoupant un amas sulfuré qui a lui-même livré 5 millions de tonnes de pyrite, minerai de soufre avant que celui-ci ne soit extrait du gaz de Lacq !

● ● ● ● ● L'ETAIN

Outre à CHARRIER déjà décrit, l'étain est présent dans des gîtes d'un type tout à fait différent :

A ECHASSIERES, dans la carrière de kaolin de BEAUVOIR, l'étain n'est pas de type filonien mais il est intimement associé au granite à albite, que ce soit dans sa partie supérieure altérée, kaolinisée, ou dans la roche saine. La teneur du tout-venant avoisine 1,4 kilos d'étain à la tonne, exprimé sous la forme classique de cassitérite, l'oxyde, mais beaucoup trop fine pour que l'exploitation industrielle ait pu en être lancée, même si un apport non négligeable pouvait être fourni par les minerais

accompagnateurs que sont la micro-lite et la colombo-tantalite. Il va de soi que ces " minéraux lourds " récupérés au cours des opérations de traitement de la roche pour en extraire le kaolin marchand sont commercialisés.

Au cours de l'étude de ce gisement, des fosses d'exploitation de l'étain éluvionnaire, des stannières, ont été repérées dans le secteur dit des Bois Menus. Faut-il en conclure à une exploitation gallo-romaine ?

A rapprocher de ce type de gisement, la carrière de produits feldspathiques de MONTEBRAS, en Creuse et les anciens travaux miniers foncés à son voisinage immédiat, à la recherche d'étain, depuis l'époque romaine jusqu'au début du XX^{ème} siècle. La production cumulée atteint tout juste 300 tonnes.

● ● ● ● ● LE TUNGSTENE

Classiquement associé à l'étain, le tungstène a été activement exploité à ECHASSIERES, que ce soit en travaux miniers sur le " filon du MAZET ", dans le Nord de la CONCESSION des MONTMINS, ou en travaux miniers puis à ciel ouvert sur le " stockwerk " à wolframite de La BOSSE.

La production totale jusqu'à la fermeture en 1962 s'élève à 6500 tonnes de concentré à 65% de WO₃, soit 3000 tonnes de tungstène.

Dans la Châtaigneraie cantalienne et dans le département tout proche de l'Aveyron, les gisements filoniens de LEUCAMP et ENGUIALES, ce dernier exploité jusque dans les années 1970, ont fourni respectivement 1100 et 775 tonnes de tungstène.

● ● ● ● ● L'ANTIMOINE

C'est sans doute le métal, ou plus exactement le métalloïde, qui vaut son bon classement à l'Auvergne dans les mines métalliques françaises ! De 1890 à 1909, la France fut le premier producteur mondial d'antimoine, avec une production globale de 120000 tonnes dont le Massif Central a fourni 40%, soit 48 000 tonnes, provenant largement du " district de BRIOUDE-MASSIAC ".

C'est évidemment loin de La LUCETTE (dans la Mayenne) dont je

tairai la production !

Le district a été activement exploité pendant près de 80 ans jusqu'à l'arrêt de la mine de La BESSADE en 1936, mises à part les reprises sporadiques à OUCHE.

Les principaux centres d'extraction ont été : OUCHE, le seul situé dans le Cantal, avec 9300 tonnes (y compris la production faite entre 1945 et 1979), La BESSADE, en Haute-Loire, avec 8500 tonnes, Le FRAISSE, 3000 tonnes, PRESSAC, 3000 tonnes, arrêté trop tôt, à la suite de l'effondrement du puits, La CHASSAGNE, 2000 tonnes, arrêté dans les mêmes conditions, OSFOND, avec 2100 tonnes.

Pendant 4 ans, Jean-Jacques PERICHAUD, chef de la mission " Auvergne-Velay " au sein de la division " Massif Central " du B.R.G.M., a entrepris le dépouillement des archives, la reconnaissance du terrain, la visite des vieux travaux, un travail qui s'est conclu par la soutenance d'une thèse de doctorat d'Etat et qui a conduit à la reprise de sondages et de travaux miniers sur nombre de gisements, sans qu'hélas aient pu être envisagées des possibilités de reprise. Une synthèse très accessible de son travail est donnée dans le numéro de Juillet-Août-Septembre 1980 de la CHRONIQUE DE LA RECHERCHE MINIERE publiée par le B.R.G.M.

Des gisements isolés dans le reste de l'Auvergne ou ses environs immédiats ont fourni une petite production :

Le COLOMBIER, dans le Sud du district plombo-argentifère de Pontgibaud avec un peu plus de 1100 tonnes, MERINCHAL, en Creuse, avec 2600 tonnes de minerai à 30-35%, NADES, à la limite Puy-de-Dôme - Allier avec 600 tonnes.

Les gîtes de MOUREUILLE, FONTA-BOURGNON, plus au Sud, ceux de La RAMADE, du MAS, de RUERE près de MESSEIX se sont révélés sans intérêt économique.

A BRESNAY près de MOULINS, les moines (sic) ont dans un passé lointain exploité l'antimoine !

Hors Auvergne, en Lozère, il faut citer le district du COLLET-DE-DEZE dont la mine principale, La FELGETTE, a fourni entre 1880 et 1948 environ 2500 tonnes d'antimoine.

La consommation française a long-

temps été assurée par la grosse mine de La LUCETTE, en Vendée, un temps relayée par d'autres mines du massif armoricain, ROCHETREJOUX, QUIMPER, Les BROUZILS, épuisées ou arrêtées par suite de la concurrence sud-américaine ! A partir de minerais importés, la France reste néanmoins un des plus gros producteurs d'antimoine.

Mais à quoi sert l'antimoine ? Ce fut le cosmétique des femmes dans l'Antiquité, le " kohol ", puis le durcisseur du plomb dans les batteries, les caractères d'imprimerie; il entrait aussi dans la fabrication des pointes d'obus (les " shrapnels "), c'était le " métal-régule ", des bielles coulées!

Aujourd'hui, l'oxyde d'antimoine entre dans la fabrication des matières plastiques pour les ignifuger.

● ● ● ● ● L'ARSENIC

L'arsenic, tiré du mispikel (FeAs₂) a été extrait des mines de GIAT, 6500 tonnes de minerai lavé à 20% entrant dans la fabrication de gaz de combat, et de RODIER, 3 000 tonnes destinées à la fabrication d'insecticides à l'usine d'AUZON. Cette usine a fonctionné plus tard avec de l'orpiment (As₂S₃) et du réalgar (As₂S) provenant de la mine corse de MATRA.

Le mispickel est fréquemment associé à la wolframite, comme à LEUCAMP et à BONNAC. Il renferme souvent de l'or, comme au CHATELET.

● ● ● ● ● L'URANIUM

J'avoue une certaine méconnaissance en ce domaine qui n'a jamais été le mien au cours de ma carrière, bien que mes contacts avec les collègues concernés aient été des meilleurs et que j'aie pu visiter nombre de mines.

Découvert en Auvergne dès 1891 par J.DEMARTY à Farérolles près de BOURG-LASTIC, en 1904 à SAINT-MARTIN-DES-OLMES puis aux Andrés, près de BUSSET, l'uranium prendra une place de grande importance dès 1946 avec la recherche systématique entreprise par le C.E.A. (Commissariat à l'Energie Atomique) relayé plus tard par sa filiale COGEMA (Compagnie Générale des Matières Nucléaires).

RELIEZ et BIGAY, commune de LACHAUX, dans le Nord-Forez, sont contemporaines des premières mines ouvertes dans le Morvan par le C.E.A. Elles n'auront produit que quelques dizaines de tonnes "d'uranium contenu" et seront relayées par l'important gisement voisin du LIMOZAT ou des BOIS NOIRS, qui a produit 5300 tonnes (C.E.A. devenu COGEMA).

Le BOIS DES FAYES et le BOIS DES GARDES, près d'Ambert, ont produit respectivement 70 et 10 tonnes (COGEMA ?).

Le CELLIER et les PIERRES PLANTEES, près de Langogne, en Lozère, ont produit 1100 et 550 tonnes (exploitations CFMU). Il s'agissait là de gisements filoniens alors que ceux qui suivent sont de type sédimentaire : A SAINT-PIERRE, dans le Cantal, l'exploitation à ciel ouvert conduite par la SCUMRA puis par TCMF a porté sur des sables oligocènes imprégnés d'autunite et de francevillite; la production atteint 1000 tonnes.

Autour de CERILLY (Allier) l'exploitation a momentanément porté sur de petits bassins permien dont les réserves sont protégées par la Concession de LOMBRE (COGEMA).

La production régionale et nationale est arrêtée mais les réserves auvergnates démontrées atteignent 6000 tonnes d'uranium-contenu, susceptibles d'alimenter la consommation française pendant un an !



LA FLUORINE

La fluorine, fluorure de calcium, n'est pas à proprement parler un minéral métallique, mais un "minéral industriel", il est vrai "concessible", dont l'Auvergne a été est un gros producteur. Anecdote préalable : l'exploitation de la fluorine en Auvergne démarre à la fin du XIX^{ème} siècle sur le filon des FOUGERETTES, près de Montluçon, destinée à la décoration des balustrades de l'Opéra de PARIS !

Les filons de fluorine sont très nombreux dans le Massif Central et l'Auvergne en particulier. Mis à part les filons du Tarn, toutes les exploitations sont aujourd'hui arrêtées. Il existe par contre des gisements "sédimentaires" à la périphérie du Morvan, qui peuvent constituer les réserves d'avenir.

Le "district de LANGEAC" a été successivement exploité par M. MAUSIER, la Société des Mines de Barlet, la Société des Houillères de

Marsanges, la Compagnie Alais-Froges et Camargue devenue Péchiney et sa filiale SECME, la famille BERANGER-DELABRE.

Dans le groupe dit de BARLET-LANGEAC, le plus gros producteur a été le faisceau de MARSANGES qui a fourni 800000 tonnes de "spath chimique" à 80-85% CaF₂ jusqu'à sa fermeture en 1975, suivi par la lentille de LA DREYT, avec 150000 tonnes de "spath acide" (siliceux, à 40% CaF₂) et par LE ROULADOU, 20000 tonnes de "spath métallurgique" à 70% CaF₂.

Plus au Nord, CHAVANIAC, arrêté en 1979, a franchi la barre des 700000 tonnes de "spath acide", soit 300000 tonnes de spath contenu. L'exploitation démarrée par la famille BERANGER-DELABRE a été poursuivie par le groupe PECHINEY.

Le filon du BEIX, à LASTIC, encaissé par le granite de bordure du Sillon Houiller, exploité par le groupe TEISSET-KESLLER puis plus tard par UGINE, a produit 360000 tonnes de première qualité à 95% Ca F₂. Ses gros cristaux cubiques, jaunes ou bleus, sont très prisés des minéralogistes amateurs.

Au voisinage, la mine du BOISSET a été peu productrice; les filons de LA ROCHETTE ou de SAUVAGNAT, BISAGE, LE FOUR, repris sporadiquement par des particuliers et de petites sociétés plus ou moins "fantômes", n'ont guère livré plus de 50000 tonnes de spath à basse teneur.

Proches du district de Pontgibaud, les filons de SAINT-JACQUES D'AMBUR (mines de LA BARRE et de MARTINECHE) ont justifié une exploitation plus soutenue et ont produit une centaine de milliers de tonnes de spath métallurgique; il semble qu'ils aient alimenté la fonderie de plomb de Pontgibaud dans ses dernières années. Ces mines ont une triste réputation, les cas de silicose y ont été fréquents.

En montagne bourbonnaise, le filon de NIZEROLLES a vu son exploitation, précocement stoppée, interrompue vers 1985 par la concurrence de la fluorine chinoise ! C'était la dernière mine de fluorine auvergnate. Un peu plus à l'Est, sur le versant oriental, le filon d'AMBIERLE a fait l'objet de campagnes de sondages, il peut constituer quelques réserves.

La production française est actuellement assurée par les mines du district du Tarn (Le BURC et MONTROC) et une petite mine vosgienne (MAXONCHAMPT).

La fluorine est essentiellement utilisée comme fondant dans la sidérurgie et dans la métallurgie de l'aluminium, mais elle entre aussi dans l'industrie du verre (abaissement du point de fusion), dans l'optique. Elle est la source de l'acide fluorhydrique ou plus généralement du fluor nécessaire à la fabrication de certains plastiques.



LA BARYTINE

Minéral industriel non concessible bien que souvent connexe de la fluorine, d'autres fois gangue de la galène, comme aux FARGES (déjà cités) où elle a été récupérée, la barytine a été exploitée pendant 30 ans à MONTALIMBERT, près de BUXIERES-LES-MINES (Allier). La production avoisine 80000 tonnes, le gisement est épuisé. Ce petit filon appartient en fait à une grande structure Est-Ouest, la structure des GUYONNIERES, jalonnée sporadiquement par des affleurements barytiques sans continuité.

De petites exploitations artisanales en Haute-Loire ont fourni de maigres tonnages.

La production française est actuellement assurée par la mine à ciel ouvert de CHAILLAC, dans l'Indre.

La barytine, de par ses propriétés physiques, entre dans la fabrication des boues de forage, des bétons anti-nucléaires, des plaquettes de freins, des écrans de télévision couleur, de certains plastiques (pare-chocs et tableaux de bord d'automobiles).



AUTRES MINERAUX INDUSTRIELS

Le KAOLIN et les produits felspathiques ont été cités à propos de l'étain de MONTEBRAS et d'ECHASSIERES.

La DIATOMITE, accumulation d'organismes unicellulaires à test siliceux dans d'anciens "maars" est activement exploité dans la région de MURAT (Cantal). Je rappellerai l'exploitation du petit bassin éocène (?) de MENAT, un ancien "maar", qui livrait soit de la silice, soit du "noir d'Auvergne", selon que l'on grillait ou que l'on distillait en vase clos les "schistes bitumineux" de la formation.

L'ASPHALTE a été exploité jusque dans les années 60 par la SMAC à la MINE DES ROYS, à DALLET et plus anciennement à PONT-DU-CHATEAU.

Historique du Jardin Lecoq

par Guy ROBERT

Au 18^{ème} et 19^{ème} siècles, les jardins ont connu en France de nombreux bouleversements. Jusqu'à la fin du 18^{ème} siècle, Clermont ne brille pas par ses jardins. Il existe quelques places plantées d'arbres :

- la place du Taureau (emplacement du Musée).
- La place Saint Hérem (lieu du marché)
- La place de la Poterne

La place de Jaude était à cette époque un lieu de marché. Elle ne sera aménagée qu'au début du 20^{ème} siècle.

La place des Bughes, bien à l'extérieur de Clermont à cette époque était occupée par une prairie ; un projet de jardin avait été réalisé.

Seuls quelques jardins arborés étaient privés, ils appartenaient soit à des particuliers, soit à des ordres religieux (enclos des Capucins, enclos des Ursulines, enclos des Pères de la charité...)

La situation urbanistique de Clermont aux 18^{ème} et 19^{ème} siècles.

Ces époques sont marquées par la fin de la royauté, l'industrialisation, et le développement des villes.

C'est vers 1920 que Clermont va connaître son développement, de 30 000 habitants, la ville passe à 38 000 en 1872 et 53 000 en 1901. Les travaux seront réalisés par l'équipe municipale, à cette époque les maires se succèdent. On peut citer Blatin en 1930, L.B. de Chazelles, J. P. Mège. Malgré les grands travaux l'environnement est triste ce qui fit dire à une étrangère en 1850 que la ville est un " vilain tableau dans une bordure magnifique ".

En 1838 la rue Saint Jacques deviendra le boulevard Vercingétorix, à la même époque le cours Sablon créé en 1800 s'arrêtait à hauteur du jardin des plantes.

Premiers projets de jardin

Le jardin botanique de l'abbé Delarbre (élève de B. de Jussieu, il est le fondateur de la botanique en Auvergne)

En 1745 le Collège de médecine fait une demande pour la création d'un jardin à Clermont. L'emplacement se situait vers la porte Saint Esprit et le jardin des Cordeliers (zone de la préfecture). Dès 1761, le collège et la ville s'accordent pour la construction d'un bâtiment de cours de médecine et chirurgie avec un jardin botanique apothicaire.

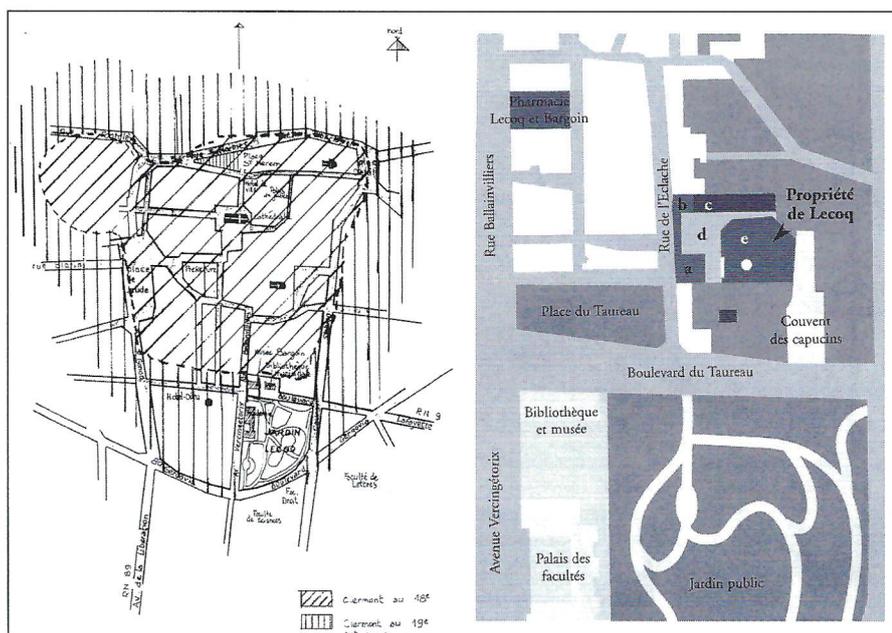
En 1769, l'abbé Delarbre, curé de Royat propose un plan. Il s'agissait d'un jardin botanique inauguré seulement en 1781, il se situe vers la rue des Capucins le long de la rue Bansac. Pendant 20 ans le jardin voyagea à différents endroits (Domaine des Jacobins, Couvent du Bon Pasteur...), pour se retrouver en 1794 à l'emplacement actuel. A la mort de l'abbé Delarbre en 1807, l'abbé Lacoste succède à l'abbé Delarbre comme directeur du jardin botanique, à la mort de Lacoste, le jardin reste en sommeil.

En 1825 un bassin est construit. En 1829 un projet de serres est fait par Ledru architecte de la ville.

Dès la fin des années 1830 Lecoq avait redessiné le jardin botanique, celui-ci occupait la moitié nord du jardin actuel.

Le jardin public

Vers 1845 les rues desservant le quartier sont réalisées, les terrains pour agrandir le jardin sont achetés



Plan du quartier du Musée vers 1860.

en 1846. Ledru auteur du projet parle d'y faire " un ensemble de choses, régulier et grandiose ". Il s'agit d'un jardin à la française avec de grandes allées et un bassin. Le dessin est très classique avec un croisement central des allées délimitant 4 aires.

La ville achète les terrains situés au sud du jardin, Lecoq réorganise le nouveau jardin, les plans sont adoptés en 1859. Le jardin est fermé pendant la durée des travaux.

Le jardin des plantes

Les travaux d'aménagement du jardin botanique avaient commencé mais lentement faute de crédits. Henri LECOQ intervient à la fois comme mécène, botaniste et directeur du jardin. Une souscription est lancée, H. LECOQ financera la construction des serres en 1865, il prête les 50 000 francs nécessaires contre une rente de 5%.

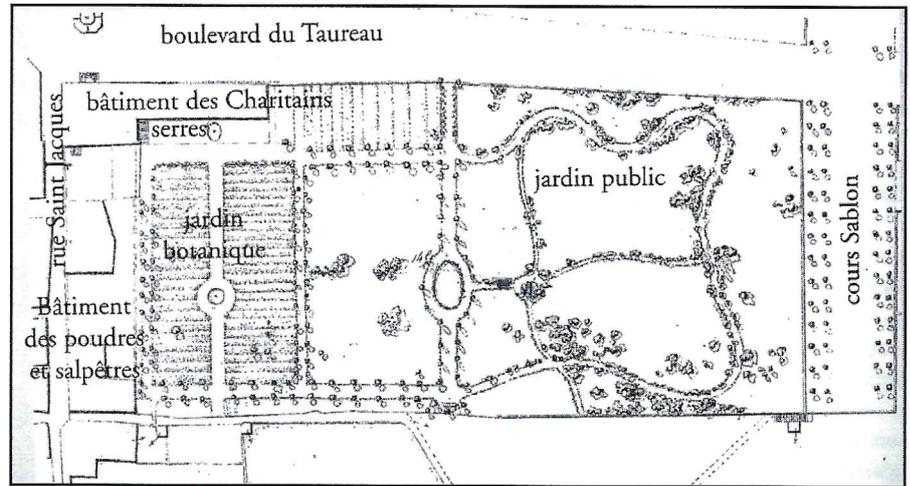
Un jardin botanique en forme d'arc de cercle est aménagé dans la partie sud nouvellement acquise. En 1912, le jardin botanique est transféré de l'autre côté de l'avenue Vercingétorix, en contrebas de l'Hôtel-dieu, il est remplacé par une pergola et une roseraie.

En 1972, le jardin botanique est transféré dans la zone de la Charme. La plupart des travaux réalisés subsistent encore à l'heure actuelle.

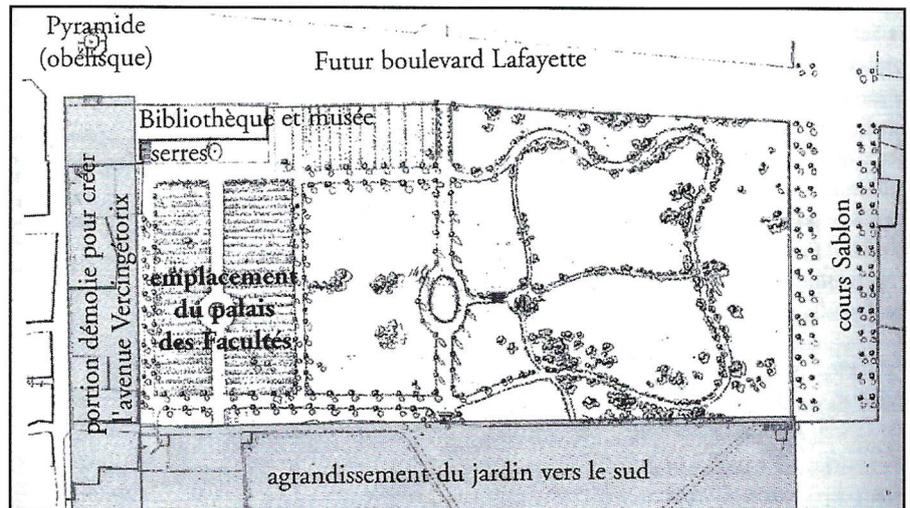
A cette époque où l'on aménage le jardin des plantes, les Clermontois délaissent le terrain des Bughes qui reste une prairie. De plus le jardin est plus agréable et surtout plus central.

Le jardin LECOQ

Jusqu'en 1971 on parlait indifféremment du jardin des plantes ou du jardin botanique. A la mort de H. LECOQ la municipalité décide de donner son nom au jardin et de lui élever un buste dans ce même jardin, qui désormais s'appellera le " jardin Lecoq ".



Plan du quartier jardin botanique, état 1860



plan du quartier jardin botanique, plan des travaux projetés

Plan du jardin avec croisement des allées

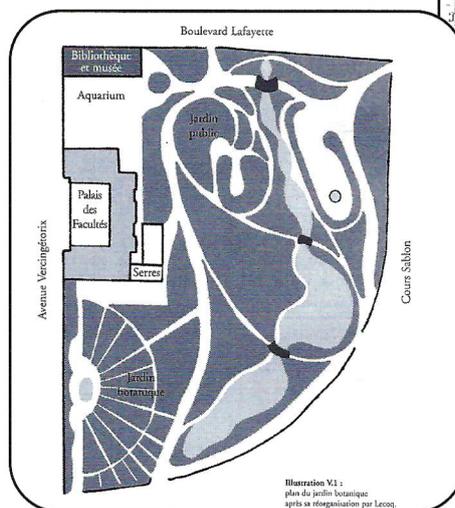
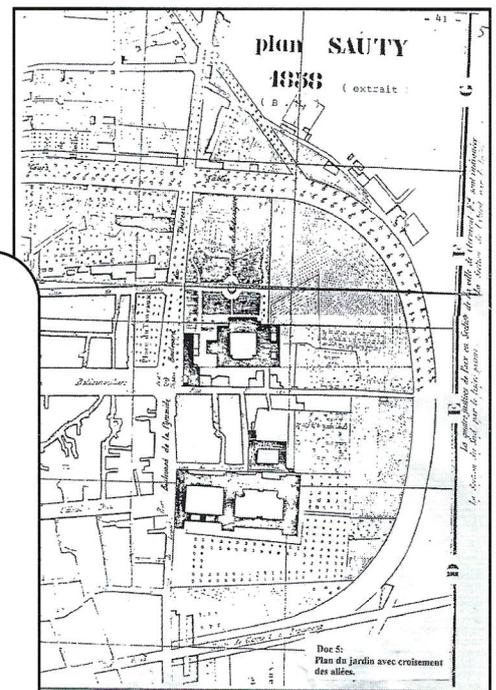


Illustration V1 : plan du jardin botanique après sa réorganisation par Lecoq.



Merci à Pierre PENICAUD, Conservateur du Musée LECOQ pour l'aide apportée sur l'origine du jardin LECOQ et d'avoir permis à l'ADASTA l'utilisation des documents contenus dans son livre : LES FORTUNES D'UN NATURALISTE A CLERMONT-FERRAND, ouvrage édité pour célébrer le bicentenaire de la naissance d'Henri LECOQ. Ouvrage en vente au Musée LECOQ : 28 euros

TRANSFORMATION DU QUARTIER

A partir de 1861

Emplacement de l'actuel Rectorat
= Palais des Facultés

1872

Achat par la ville de Clermont de
la maison d'Henri LECOQ qui
deviendra le MUSEE LECOQ

1899 - 1901

Construction du Musée Bargoin et
la Bibliothèque municipale.

LES TRAVAUX D'AMENAGEMENT DU JARDIN Depuis 1865

1868

Construction du pavillon du jardin

1877

Reconstruction du pont

1884

Chauffage des serres

1894

Amélioration de l'alimentation en eau

1899 - 1909

Clôture du jardin

1900 - 1902

Eclairage

1912

Transfert de la partie botanique
de l'autre côté de la rue
Vercingétorix

1915

Remontage de la porte du
Domaine de Bien Assis

1925

Aménagement de la Pergola et de
la Roseraie

1927 - 1937

Installation des Colonnes à la
Roseraie

1930

Construction de la buvette de
forme elliptique

1957

Construction du Théâtre de
verdure

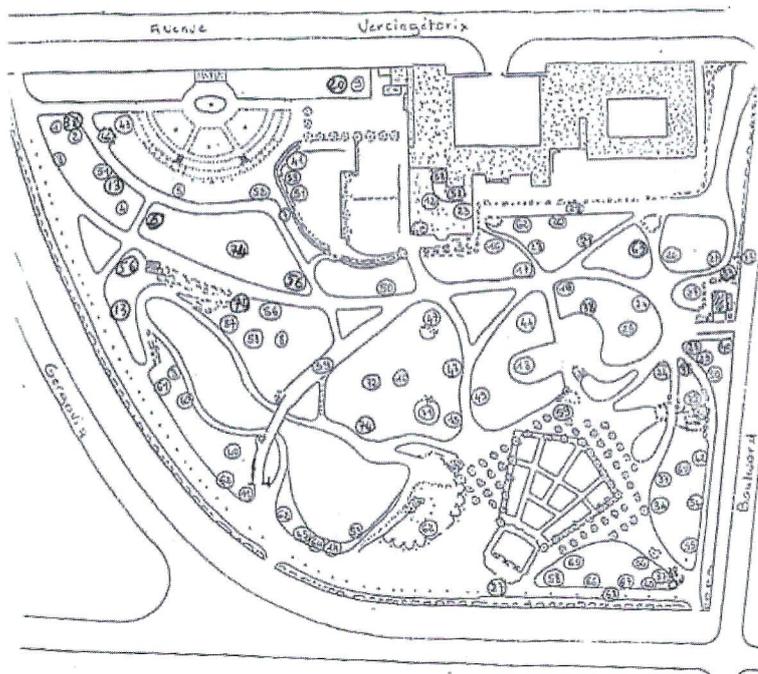
1978

Réalisation de l'aire de jeux en
rondins

1981

Destruction des serres

JARDIN LECOQ EN 2003



*Les modifications suite à la tempête de décembre 1999 n'ont pas été faites.
Tous les arbres ne sont pas signalés*

BALADE SOUS LES ARBRES DU JARDIN LECOQ

Maryse POINTUD

Le mercredi 4 juin 2003, le président de l'ADASTA, Monsieur Jean-Claude CAPELANI, entouré des " Jeunes Pousses ", de leurs animatrices et animateurs, sous la responsabilité de Madame Pierrette TOURREIX, et un groupe important d'adultes passionnés ont déambulé dans le jardin LECOQ à la découverte des arbres ancestraux et de ceux, nouvellement plantés.

Grâce à notre sympathique guide de l'ADASTA, Monsieur Guy ROBERT, nous avons été initiés à la reconnaissance des espèces par ses documents et par des travaux pratiques d'observation sur le tas, en toute convivialité.

Pour les " Jeunes Pousses " Monsieur Guy ROBERT avait prévu six parcours découverte, de difficulté croissante selon l'âge des enfants. On a le choix d'aborder le jardin LECOQ par cinq belles portes en fer forgé.

D'entrée, Monsieur ROBERT nous a précisé l'idée de la plantation du Parc à savoir :

- Ne planter, en principe, que des arbres mâles (arbres Dioïques).

- Cependant Dame Nature ayant une grande créativité, certaines espèces d'arbres (dits monoïques) portent dans 1 seul arbre les fleurs mâles, les fleurs femelles et les fruits.

Et maintenant, en voyage pour la flânerie dans les allées du jardin LECOQ !

Si on arrive par l'avenue VERCINGETORIX, face à la Pyramide, on est accueilli par un CEDRE du LIBAN, à la cime étalée, arbre monoïque à la ramure vert foncé avec aiguilles persistantes. L'écorce creusée en sillons verticaux nous offre une palette de gris très agréable. Avec le tronc dans l'antiquité on faisait des meubles, des maisons, des navires.

Son coéquipier, au feuillage vert clair caduc est un ERABLE NEGUNDO (ou Négondo N°55) ou érable à feuilles de frêne. En effet c'est le seul érable à feuilles composées constituées de 3 à 5 ou 7 folioles opposées dentées, parfois lobées dont les fruits doubles et ailés pendent en grappes de 20 cm, les ailes fines des deux samares formant un angle aigu.

Lui tient compagnie, l'ERABLE de MONTPELLIER avec ses toutes petites feuilles à trois lobes, nettement arrondis, d'un vert soutenu et à bords entiers. Les fruits pendent par deux, les ailes des deux samares étant très rapprochées ou se chevauchant même.

Les accompagne en les dominant de son houppier le PIN SYLVESTRE N°73 avec son écorce écaillée-ocrea-saumonnée, espèce monoïque. Ensuite, un élégant ERABLE NEGUNDO aux feuilles panachées, décore le PAVILLON de GARDE construit par l'architecte Louis JARRIER en 1870, ainsi qu'un PAULOWNIA N°27 aux larges feuilles vertes, grisâtres en dessous, groupées par deux et opposées. En mai, ses fleurs violacées pâles ont une odeur de violette, le fruit devenant une capsule ovoïde.



Paulownia



De haut en bas : Cèdre du Liban, Erable Négundo vert clair, Erable de Montpellier, Pin sylvestre.

En Chine son bois léger et tendre est utilisé dans la lutherie et au Japon pour les meubles.

On est arrivé alors à l'entrée par le Boulevard Lafayette. A cet endroit on a l'embarras du choix pour admirer les arbres ancestraux du jardin LECOQ. Si on lève le regard vers le RECTORAT, on est salué par un majestueux CEDRE BLEU de l'ATLAS N°63 espèce monoïque, aux cônes dressés dont la ramure s'étale en forme conique et met en valeur le splendide feuillage, à la couronne arrondie, du HETRE POURPRE avec ses fruits, les faines, enveloppées d'une nacelle à 4 lobes hérissés d'aspérités. Les graines font les délices à l'automne des écureuils et des geais. On remarquera le tronc lisse et gris

foncé du Hêtre. L'amande de la faine fournit une huile comestible et le bois du Hêtre fut utilisé en saboterie, pour les traverses de chemin de fer et est excellent pour le chauffage.

Si on regarde vers le jardin d'enfants le buste de Monsieur Henri LECOQ est entouré à droite et à gauche par un immense SEQUIOADENDRON GEANT N°24 avec son port pyramidal, son tronc puissant à écorce rougeâtre et ses feuilles squamiformes. On peut remarquer que ses branches ont la particularité d'être tombantes avant de se relever aux extrémités. Son feuillage est entièrement constitué d'écaillés vertes plaquées contre la tige quand l'arbre est jeune et sur les branches adultes. Le Séquoia géant a une longévité de 2 000 à 3 000 ans. Derrière le buste de Monsieur Henri LECOQ, l'ARAUCARIA du CHILI N°25 ou désespoir des singes, avec ses feuilles persistantes et piquantes à leurs extrémités, spiralées autour des rameaux, nous nargue avec tous ses cônes globuleux au sommet de l'arbre ! Ils contiennent des graines ailées à amande comestible pour les humains et délicieuses pour les singes qui doivent attendre la chute des cônes à maturité pour les déguster. C'est une espèce monoïque.

Si maintenant on dévale sur l'allée parallèle au Boulevard LAFAYETTE, que d'arbres étonnants !

A gauche, le MAGNOLIA à grandes fleurs N°28 nous présente ses



A gauche Araucaria, à droite Séquoia géant

grandes feuilles brillantes vertes et persistantes, de forme elliptique, allongées au milieu desquelles de juin à novembre quelques très belles et très grandes fleurs blanches odorantes se prélassent, puis un autre ERABLE de MONPELLIER N°29 s'étale avec deux branches maîtresses basses pour bien se faire remarquer. Son voisin l'ERABLE de CHINE N°30 très différent avec ses feuilles ovales vert foncé brillant a la coquetterie de présenter un tronc et des branches colorées délicatement en bandes verticales vertes, beiges rehaussées de stries blanches. Ramené de Chine par le père Armand David on l'appelle ACER Davidi. Il faudra voir à l'automne si ses feuilles deviennent jaunes puis pourpres.

Sur la droite, le beau GINKGO BILOBA N°31 ou l'arbre aux quarante écus fait l'important.

Il fut le premier arbre véritable de la Terre et le premier exemple d'arbres à feuillage caduc à la fin de l'ère primaire (on retrouve des traces fossiles sur l'ensemble de la planète). Au pied du GINKGO, les dinosaures vivaient peut-être heureux puisque presque toutes les espèces de GINKGO ont disparu avec les dinosaures ? C'est un conifère qui perd ses feuilles très particulières. Elles ont un limbe vert franc en forme d'éventail sur les rameaux longs. Toutes les nervures sont en éventails et présentent une fente médiane sur les rameaux longs. Toutes les nervures sont en éventails comme des aiguilles collées entre elles.

En automne il faudra venir admirer le feuillage qui prend une belle teinte jaune d'or. Seul, un pied mâle a été planté car les pieds femelles ont des fruits jaunes comme une très grosse mirabelle dont l'odeur est très désagréable à maturité bien que l'amande interne soit comestible ? Il y a un pied femelle aux thermes Romains de ROYAT.

Ensuite après un imposant CEDRE du LIBAN N°32 on retiendra un HOUX à feuilles non piquantes, on admirera le SAULE PLEUREUR TORTUEUX N°42 et on s'arrêtera devant un frêne exceptionnel : le FRENE à fleurs N°54, le frêne qui est courant étant le frêne commun (Boulevard Pochet-



arbre au 40 écus ou GINKGO BILOBA

Lagaye). Le frêne à fleurs, à feuilles composées caduques et aux folioles imparimentées et opposées contient 5 ou 7 ou 9 folioles par feuille (le frêne commun a 9 ou 11 ou 13). Dans le frêne à fleurs, un petit pédoncule attache la foliole au pétiole. (Dans le frêne commun la foliole est directement accrochée au pétiole). Les folioles sont vert prairie dessus, et dessous, elles sont plus pâles et couvertes sur les nervures près de la base d'une pubescence blanchâtre. Elles sont entières à la base et légèrement dentées ensuite. L'écorce verdâtre ou grisâtre sur les rameaux est gris foncé sur le tronc lisse. La cime régulière forme une boule au branchage très dense. (Le branchage du frêne commun est aéré et ouvert). En mai peu de temps après la sortie des feuilles, les fleurs blanchâtres se présentent en bouquets allongés,

terminaux et répandent un agréable parfum. Les fruits mûrs en septembre sont des samares de 2 cm. Ce frêne à fleurs est aussi appelé orne ou ornier ou frêne à manne à cause du suc durcissant et sucré qui s'échappe après incision des tiges ou des branches. En Sicile il est recueilli car certains de ses composants sont utilisés en pharmacie.

Que dire enfin de son voisin l'OSTRYER N°35 à feuilles de charme ou CHARME-HOUBLON. Il est très agréable à regarder avec ses grappes de fruits vert-jaunâtre très pâles rappelant ceux du houblon qui éclairent le feuillage vert prairie et qui à l'automne le décorent par leur couleur brun-jaunâtre. L'écorce est écaillée avec des sillons verticaux gris brun ocre. Son bois très dur est appelé bois-de-fer !

On se rapproche de la sortie sur le cours Sablon au croisement avec le Boulevard Lafayette.

✓ Face au THEATRE de Verdure par où commencer ?

D'abord sur l'allée on est arrêté par un ERABLE SYCOMORE au tronc écaillé aux couleurs jaune ocre gris clair. On l'appelle aussi ERABLE-Faux Platane. Ses feuilles caduques simples opposées ont cinq lobes principaux ovales crénelés. Ses fruits en grappe de disamares associées en accent circonflexe font une jolie décoration. Derrière lui ses copains en bosquet l'admirent.

✓ Ensuite parallèlement au Cours Sablon une rangée de CATALPA N°68 tient compagnie à un PAULOWNIA N°27 ce qui permet de les comparer. Leurs grandes feuilles vertes, caduques qui apparaissent en mai sont analogues. Cependant le CATALPA commun (ou de Caroline) a des feuilles très fréquemment regroupées par trois au même niveau sur le rameau. Attention à ne pas froisser une feuille entre les mains car elle dégagera une odeur désagréable. Les fleurs blanches tachetées de rouge et jaune à la gorge s'épanouissent en juillet. Leurs fruits ressemblent à de longs haricots verts de 20 à 40 cm de long et de 6 à 15 mm de large. A maturité on a des graines à touffes de poils blancs. CATALPA est le nom que lui donnaient les INDIENS de la Caroline en Amérique.

Si on continue l'allée le long du cours Sablon on rencontre des ERABLES SYCOMORES ou des TILLEULS.

✓ Enfin entre cette allée et celle du Bosquet de sycomores on a une île de gazon plantée d'espèces intéressantes. D'abord le grand IF N°38 aux aiguilles persistantes vert foncé, à



à gauche Erable Negundo panaché, à droite Paulownia

l'écorce brun gris rougeâtre, sillonnée, s'exfoliant en lanières. Cet arbre a aussi une longévité millénaire. Tous ses organes sont toxiques, seule sur les pieds femelle la pulpe de l'arille rouge ne serait pas dangereuse ? Mais la graine oui.

✓ Ensuite en contraste on rencontre un arbre aux aiguilles vert tendre le METASEQUOIA N° 37, conifère à aiguilles caduques opposées plus denses sur les rameaux brun-rose où elles forment des palmettes légèrement recourbées à la pointe. Le tronc est brun-rouge orangé profondément fissuré, l'écorce peut se détacher en lanières fibreuses et étroites. Les fruits sont des cônes verts, brun-rouge à maturité. A l'automne ce feuillage léger prend une belle couleur du rose-brun à l'orange-ambéré.

✓ Quelques pas de plus et nous voici devant l'extraordinaire CYPRES de LAWSON N° 65 dont les branches basses tordues réalisent une

merveilleuse cabane aérée de verdure foncée. Charles Lawson pépiniériste à EDIMBOURG sema les premières graines envoyées d'OREGON en 1854.

Les écailles présentent des marques blanches en forme de X à leur face inférieure. Les fleurs mâles aux extrémités des branches sont rouge carmin, les fruits mûrs en automne sont des cônes globuleux très petits (1 mm) d'abord verdâtres puis brun-glaucous. Le bois contient des essences odoriférantes qui écartent les mites !

✓ Au bout de l'île de gazon nous rencontrons l'étonnant LIBOCEDRE N° 58 qui n'est pas un cèdre ! (Cupressacées et non cedrus). Sa cime érigée en colonne très régulière est arrondie au sommet, l'écorce nappée de gris et de

rose orangé est burinée en grandes plaques irrégulièrement déchirées ce qui contraste avec les jeunes pousses verdâtres et les feuilles en écailles triangulaires sont regroupées en verticilles de 4 qui confèrent aux petits rameaux un aspect de " tige de prêle ". Si on les écrase, elles dégagent une forte odeur de térébenthine. Résineux, persistant, ses fleurs mâles sont de petits cônes de 3 mm poussant à la pointe des rameaux qui sont verdâtre prairie à la floraison en juin et atteignent 2 cm à maturité en prenant une couleur rouille. Son bois tendre et régulier se prête à la sculpture et à la fabrication de maquettes.

✓ Autour du THEATRE de VERDURE les MARRONNIERS d'INDE N° 59 nous font une ombre appréciée. Ce sont des marronniers à FLEURS BLANCHES particulières ! En effet elles sont tachées de jaune lorsqu'elles produisent du nectar et, quand la source est tarie, elles se tachent de rouge ! Les insectes visitent les fleurs seulement lorsqu'elles sont tachées de jaune ! La floraison a

lieu en mai. Ses grandes feuilles se composent de 5 à 7 folioles disposées en éventail, la foliole la plus grande étant au centre et les deux folioles plus petites près du pétiole qui peut atteindre 20 cm de long. Le fruit est gainé d'une bogue piquante qui contient une à 3 graines : les marrons.

✓ Déambulons entre buvette et la porte du DOMAINE de BIEN-ASSIS Dominant le plan d'eau de leur haute stature nous avons un ERABLE SYCOMORE N°53 accompagné d'un COPALME °14 qui nous étonne par son tronc à écorce grise profondément fissurée, les rameaux portant parfois des ailes liégeuses, par ses feuilles caduques simples alternées longuement pétiolées typiquement palmées avec cinq lobes à bords dentelés, par ses fruits globuleux verts hérissés de pointes vertes non piquantes, persistant sur l'arbre après maturité en octobre sous forme de boules hérissées épineuses, brunes d'environ 2,5 cm de diamètre qui restent tout l'hiver.

✓ Chez le COPALME ORIENTAL N°14 (liquidambar orientalis), on constate que les feuilles mesurent 4 à 5 cm de large, les cinq lobes étant subdivisés en lobules.

✓ Chez le COPALME d'AMERIQUE (liquidambar styraciflua) les feuilles sont composées de cinq lobes triangulaires avec cinq nervures partant de la base. Dans les arbres jeunes les feuilles à 3 lobes ; dans les sujets âgés on rencontre aussi des feuilles à 7 lobes. Dans les trois cas le lobe central forme une longue pointe et ces copalmes sont plantés très souvent dans les squares de la ville. En octobre il faudra voir la couleur du feuillage du copalme verte ou dorée ou éclatante carminée vive ou pourpre violacé avec parfois des plages de jais brillant !

✓ Que dire du nom de LIQUIDAMBAR qui fait rêver : il signifie ambre liquide pour parler de la sève balsamique couleur de miel, qui coule spontanément des incisions faites à l'écorce et employée autrefois en parfumerie et en médecine sous le nom de styrax. Après les averses printanières, de l'arbre tout entier se dégage une agréable odeur balsamique.



Porte de Bien-Assis avec le petit mûrier noir à feuilles vert tendre

✓ Superbe, le PEUPLIER NOIR d'ITALIE N°45 présente un fût droit à l'écorce grise crevassée d'îles et des feuilles losangiques remarquables qui renvoient la lumière du soleil à la moindre brise.

✓ Quelques pas vers le plan d'eau et on remarque un jeune MURIER NOIR à mûres roses qui seront noires à maturité, qu'il ne faut pas confondre avec le MURIER BLANC qui fait des mûres blanches à maturité et dont les feuilles servent à nourrir les vers à soie.

✓ Après être passés devant la deuxième porte d'entrée sur le COURS SABLON, nous continuons notre promenade parallèlement au Boulevard François MITTERRAND. Sur l'oasis de gazon descendant vers le plan d'eau, on observe un conifère élégant, le CYPRES de NUTKA, vert foncé très original par sa forme évasée vers le bas et ses ramilles retombantes.

✓ Derrière, plus bas, le CEDRE de l'HYMALAYA N°3 au port élancé, un semi-pleureur, nous salue avec son rameau au sommet penché. Nous arrivons sur l'espace face à l'entrée, au croisement avec l'avenue VERCINGETORIX. Là l'immense TULIPIER de Virginie N°4, avec ses jolies fleurs odorantes en forme de tulipe, jaune clair, et ses feuilles en forme de tête

de chat s'impose à nos regards admiratifs.

✓ A ses pieds, un plus loin le NOISETIER de BIZANCE N°2 présente ses larges feuilles et en face le MARONNIER à fleurs rouges N°46 fait de l'ombre à un banc. Lui, porte des fruits de couleur verte et sans piquants à maturité !

✓ En longeant la Roseraie on rencontre encore des espèces originales : Le SAVONNIER de CHINE N°5, arbre au feuillage caduc, à la cime aplatie présentant en été des panicules jaunes d'or et en septembre-octobre, les fruits sont des capsules brun pourpre de 4 à 5 cm de long. Ses feuilles composées, sont alternées, imparipennées de 9 à 15 folioles ovales, de 3 à 8 cm de long, irrégulièrement crénelées.

✓ Un peu plus loin nous arrivons devant un très grand CHENE à feuilles de Châtaignier N°7. Ensuite nous remontons vers le rectorat pour admirer un luxueux TILLEUL N°62 à feuilles finement découpées puis un MAGNOLIA soulange qui fleurit d'abord au printemps avant de mettre ses feuilles vert tendre et de les perdre à l'automne.

✓ Enfin contre la grille du rectorat se prélassent un MICOCOULIER N° 22

superbe aux feuilles caduques alternes simples, dentelées, ovales à bords asymétriques avec une pointe très longue, étroite et incurvée. De la base de la feuille partent toujours trois nervures. Les fruits ressemblent à une petite cerise d'abord vert-jaune puis rougeâtre et violet-noir à maturité. La micocoule a une chair réduite mais est comestible et d'un goût agréable.

L'écorce est noire et presque lisse. Avec son bois on fait des cannes, des avirons, de la sculpture et même les manches des fouets dits de PERPIGNAN !

Il est très utilisé dans le midi comme arbre d'ornement sur des avenues, des rues, et sur la place de Millau en 2003 !

✓ Allons vers l'aire de JEUX sur la droite on admire un ALBIZZIA N° 12 ou ARBRE à SOIE qui fleurit de juin-juillet à septembre.

Les fleurs sont à l'extrémité des rameaux en panicules légères et soyeuses d'un rose vif.

Les feuilles caduques longues composées sont doublement pennées. Chaque feuille contient 8 à 12 paires de folioles et chaque foliole 14 à 36 paires de petites folioles vert clair. Les fruits mûrs de septembre à novembre sont des gousses plates rétrécies entre les graines, de 15 cm de long. Le bois était utilisé pour le cadre des tableaux. On appelle aussi ACACIA de CONSTANTINOBLE ou MIMOSA ROSE !

✓ En continuant vers la roseraie un imposant CHENE pédoncule N°20 nous salue.

✓ En traversant la roseraie nous allons à la découverte d'un conifère extraordinaire qui de loin ressemble à un sapin noble bleu ou à un épicéa bleu. En fait c'est un

SAPIN et non un PIN avec un nom de PIN c'est le PINSAPO " glauca " (ABIES PINSAPO). Il nous vient du sud de l'Espagne, de GIBRALTAR. On l'appelle aussi SAPIN d'Espagne.

C'est un grand conifère bien équilibré aux aiguilles bleu-tées courtes (15 mm) disposées en forme de goupillon sur les rameaux et sur les branches. C'est un arbre agréablement géométrique avec beaucoup " d'angles droits ". Les cônes dressés généralement solitairement ont 10 à 15 cm de long et sont brun violacé. Au toucher, il ne pique pas, de même que le sapin noble bleu N°48, alors que l'épicéa bleu pique les doigts.



Tulipier de Virginie

Après un après-midi si riche on a fait beaucoup de progrès et on a en même temps mesuré nos lacunes ! Cette visite est peut-être une invitation à feuilletter les livres a déquats pour continuer à enquêter sur les arbres, afin de les reconnaître en appliquant la méthode des parcours présentée par Monsieur Guy ROBERT

Ce parc est d'une très grande richesse malgré le fait qu'il ait beaucoup souffert de la tempête avec des arbres abattus par le vent et d'autres par précaution comme le superbe grand CHENE PEDONCULE près du Rectorat.

Que dire de la dernière innovation d'ouvrir le parc sur le COURS SABLON et le Boulevard François MITTERRAND en enlevant la haie d'arbustes, certains trouvent que la variété des arbustes habillait davantage DAME NATURE, d'autres apprécient cette disposition ouverte. Enfin n'oublions pas d'ajouter que le personnel jardinier tient ce jardin dans un excellent état.

(Ces dates et ces visites sont à titre indicatif et sont susceptibles d'être modifiées, vous recevrez une invitation de confirmation à chaque conférence et visite)

Conférences

- ✓ Mercredi 29 octobre - Monsieur Jean-Yves Bignon (Centre Jean Perrin) : . .

Hérédité et Cancer

- ✓ Mercredi 19 novembre - Monsieur Louis Avan :

Les nouveaux défis de l'énergie.

- ✓ Mercredi 10 décembre - Monsieur Kieffer :

Le volcanisme

- ✓ Mercredi 21 Janvier 2004 - Madame Estelle Vaille-Perret du service de Madame le professeur Jalenque :

La maladie d'Alzheimer

- ✓ Mercredi 25 février - Madame Geneviève Gaudet :

Antibiotiques et antibiothérapie

- ✓ Mars Monsieur André Claverie :

L'énergie photovoltaïque

Visites

- ✓ Visite 5 novembre Vulcania et Expo sur les météorites avec " les Jeunes Pousses "
- ✓ Visite de l'Institut Français du Pétrole à Lyon (date non définie)
- ✓ Visite commentée de Notre Dame du Port (date non définie)
- ✓ Visite commentée de la Cathédrale (date non définie)
- ✓ Visite du Centre de Mesures Physiques sur le bruit, éclairage, ventilation (date non définie)
- ✓ Visite du centre de mesures physiques et de la documentation du service de prévention de la CRAM (pour " les Jeunes Pousses " stand sur le bruit et l'éclairage) (date non définie)
- ✓ Visite de l'imprimerie Vallon à Saint-Yorre (date non définie)

- ✓ Visite de l'usine Ceraver fabricant d'isolateurs à haute tension (date non définie)

- ✓ Visite de l'usine Gauthier à Vertolaye fabricant de rubans, (date non définie)

- ✓ Visite d'un estampeur - sculpteur Yves Guérin à Romagnat, (date non définie)

- ✓ Visite des stands d'éclairage Philips - Mazda, Etablissements Caillot (Pont de Sèvre paris) (date non définie)

- ✓ Visite du Cerchar (date non définie)

- ✓ Visite de Sylvania à Saint Etienne : lampes fluorescentes, Etablissements Caillot, (date non définie)

- ✓ Visite d'un four à chaux encore en activité entre Ebreuil et Lalizolle, (date non définie)

Informations

La cotisation annuelle individuelle sera désormais de 30 euros.

La cotisation collective reste à 80 euros.

L'adhésion donne droit à la revue Auvergne-Sciences, à des réductions sur les locations et les achats, à des invitations aux conférences et aux visites d'entreprises

(une participation aux frais peut être demandée lors de certaines visites).

MICHELIN dans le cadre de la réhabilitation des terrains disponibles reprend ses locaux, nous changerons donc d'adresse mais toutes nos activités continuent et nous vous communiquerons nos nouvelles coordonnées dès que possible.

LES JEUNES POUSSES c'est reparti !

Inscription pour l'année 2003-2004, documents à fournir remplis à l'ADASTA :

- assurance scolaire
- fiche d'inscription complétée
- autorisation de photographier vos enfants et publier ces photos dans notre revue.
- Chèque de 30 euros par enfant

Coût : Fournir un chèque d'adhésion à l'ordre " ADASTA " lors de la première rencontre. Une adhésion par enfant actuellement de 30€. De plus toute sortie impliquant un déplacement par car et des entrées donnera lieu à la participation des familles pour chaque enfant.

Fonctionnement :

- 1 groupe de 20 enfants environ
- le mercredi après-midi de 14 h 00 à 16 h 00,

- 1 fois par mois
- Enfants de 7 à 12 ans sous le critère de savoir lire.

PROGRAMME "LES JEUNES POUSSES" 2003-2004

Il reste convenu que les conditions pour les " Jeunes Pousses " sont :

- 1 règlement d'une cotisation de 30€ par enfant
- toute sortie impliquant un déplacement par car et des entrées donnera lieu à la participation des familles pour chaque enfant.

Mercredi 24 septembre : 1^{ère} séance - accueil des enfants et début des expériences dans les locaux - 19 Rue de Bien-Assis 63100 Clermont-Ferrand

ISAAC NEWTON (1642- 1727)

Suzanne Gély

En guise de conclusion aux 10 traductions des " Principes " et comme annoncé dans la dernière Revue d'Auvergne Sciences (N° 55), voici une rapide biographie de Newton dont tout le monde connaît le génie scientifique mais, pas forcément, le cours de cette vie si féconde.

Voici comment Isaac Newton se jugeait lui-même vers le déclin de sa longue vie...

" J'ignore sous quel aspect je puis apparaître au monde ; mais, à moi-même, je me fais l'effet de n'avoir pas été autre chose qu'un garçon jouant sur le rivage et m'amusant, de temps à autre, à trouver un caillou plus poli ou un coquillage plus joli qu'à l'ordinaire, tandis que le grand océan de la vérité se déroulait devant moi sans que je le connusse "

Isaac NEWTON, né le jour de Noël 1642, l'année de la mort de Galilée, était issu d'une famille de petits propriétaires indépendants vivant au manoir du bourg de Woolsthorpe, à une dizaine de kilomètres au Sud de Grantham, dans le comté de Lincoln, en Angleterre.

Son père, prénommé également Isaac, mourut à l'âge de 30 ans, avant la naissance de son fils. Le bébé, né avant terme, était si frêle et si chétif qu'on pensa qu'il ne pourrait pas vivre longtemps...

Après la mort de son mari, la mère de Newton, Anna, économiste, industrielle, courageuse ménagère épousa le Révérend Barnabé Smith, de la Paroisse voisine de North Witham et laissa le jeune Isaac, âgé de trois ans aux soins de sa grand-mère. De son second mariage, la mère de Newton eut trois enfants dont aucun ne fut remarquable.

Isaac n'était pas un enfant robuste ; il était forcé de se tenir à l'écart des jeux turbulents des garçons de son âge ; il inventait ses propres distractions dans lesquelles son génie se manifestait déjà : cerfs-volants éclairés de lanternes pour effrayer, la nuit, les villageois ; jouets mécaniques qu'il fabriquait et faisait marcher ; roues hydrauliques, moulins, boîtes à ouvrage, cadrans solaires, une horloge en bois qui donnait l'heure et stupéfiait ses camarades de jeu...

Newton reçut sa première éducation dans les écoles communales du voisinage. Un oncle maternel, le Révérend William

Ayscough, fut le premier à reconnaître en Newton des capacités extraordinaires ; sur son conseil, l'enfant fut envoyé au collège de Grantham où il ne tarda pas à prendre la tête de la classe. Le Directeur et l'oncle Ayscough reconnurent que Newton était maintenant de taille à aborder Cambridge, la célèbre Université. La décision fut prise définitivement lorsque l'oncle surprit son neveu à lire en cachette au pied d'une haie alors qu'on le croyait en train d'aider un fermier au marché...

Mais il fallut persuader la mère de le laisser partir à Cambridge au lieu de le garder à la maison, comme elle en avait l'intention pour aider, à Woolsthorpe, aux soins de la ferme paternelle qu'elle venait, en 1661, de regagner après la mort de son second mari.

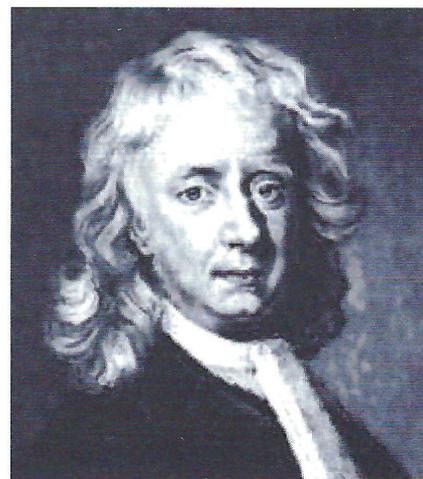
Avant de suivre Newton au Collège de la Trinité à Cambridge, jetons un coup d'œil sur l'Angleterre de son temps.

Newton grandit dans une atmosphère de guerre civile politique et religieuse au cours de laquelle les Puritains d'Olivier Cromwell (1500-1658) comme leurs adversaires Royalistes, partisans de Charles 1^{er} (né en 1600 - décapité en 1649), pillaient tout ce qui était nécessaire à leurs soldats enguillés...

Toute cette brutalité et l'hypocrisie des Puritains eurent l'influence la plus salutaire sur le caractère du jeune Newton : il grandit dans la haine de la tyrannie, de la perfidie, de l'oppression et eut le courage beaucoup plus tard (en 1627) de lutter contre le roi Jacques II qui essayait de prendre la direction de l'Université...

C'est au mois de juin 1661 que Newton, âgé de 19 ans, entra au Collège de la Trinité à Cambridge, " *au pair* ", c'est-à-dire qu'il faisait des travaux manuels pour compenser ses frais d'entretien et d'instruction. La guerre civile, la restauration de la Monarchie en 1661 et la complaisance aveugle de l'Université à l'égard de la Couronne avaient fait descendre Cambridge à un des étages les plus bas de son histoire lorsque Newton y arriva. Cependant, lentement au début, rapidement ensuite, il se trouva dans son élément et s'absorba dans ses études.

Le Professeur de Mathématiques était le Dr Isaac Barrow (1630-1677) qui reconnut très vite que son disciple le dépassait... C'est à cette époque, par un



travail acharné, que Newton établit la base de ses travaux ultérieurs en Sciences et en Mathématiques.

Cependant, il menait la vie normale d'un étudiant de son temps et on retrouve, sur son carnet de notes, la trace de plusieurs séances de taverne et de deux pertes au jeu... Il eut son diplôme de " **bachelier es arts** " en janvier 1664.

L'épidémie de peste bubonique qui sévit en 1664-1665 amena la fermeture de l'Université et obligea Newton à revenir à Woolsthorpe où il passa deux années dans la méditation.

C'est alors qu'il inventa la méthode des *fluxions* (calcul différentiel et intégral), découvrit la loi de la *gravitation universelle* et démontra, par l'expérience, que la lumière blanche est le *résultat de la combinaison de toutes les couleurs* ! Tout ceci avant l'âge de 25 ans...

Un manuscrit, daté du 20 mai 1665 montre que Newton, à 23 ans, avait suffisamment développé les principes du calcul infinitésimal pour trouver *la tangente et la courbure en un point d'une courbe continue*.

De même sa découverte des termes du binôme $(a+b)^n$ fut un échelon essentiel pour les développements mathématiques ultérieurs.

Pour la **gravitation universelle**, Newton y a réfléchi pendant 20 ans ! L'attraction d'une sphère sur un point extérieur est la même que *si la masse entière de la sphère était concentrée en un seul point en son centre* : c'est simple, mais il fallait y penser !

Après son retour à Cambridge, lors de la réouverture de l'Université, Newton fut élu membre du Collège la Trinité en 1667 et, à l'âge de 26 ans, en 1669, il succéda à Barrow comme professeur de Mathématiques. Ses premières leçons traitèrent de l'Optique : il y exposa ses propres découvertes et traça sa *théorie*

corpculaire de la lumière comme émission de corpuscules et non pas un phénomène ondulatoire comme Huygens (1629-1695) et Hooke l'affirmaient. En fait, aujourd'hui, les 2 théories - corpusculaire et ondulatoire - de la lumière sont réconciliées dans la *théorie moderne des quanta*.

Il construisit lui-même un télescope à réflexion pour observer les satellites de Jupiter et vérifier ainsi que sa théorie de la gravitation était vraiment universelle...

En 1672, il est élu à "la ROYAL SOCIETY" mais il subit des controverses et même des médisances de la part de Hooke, Lucas, Linus.

Ce ne fut qu'en 1687, et encouragé par Halley, astronome royal de la Cour d'Angleterre, qu'il se décida à publier ses "Principes mathématiques de la Philosophie Naturelle" ; ils furent, d'ailleurs, imprimés aux frais de Halley.

Cet ouvrage eut un grand retentissement dans le monde scientifique de l'époque. Par exemple, les comètes "affranchies de toute loi" que des yeux superstitieux considéraient comme des avertissements du ciel irrité ont été ramenées à des membres inoffensifs du Système Solaire, soumis à la loi universelle et dont on peut prévoir la date de leur brillant retour comme la belle Comète de Halley revenue dans le ciel après une absence de 74 ans !

Mais, en 1692, le manque de sommeil et de nourriture qui avait permis à Newton de rédiger ses "Principes" en 18 mois provoqua une maladie grave qui l'amena à deux doigts de la folie.

Heureusement, il se rétablit en 1693.

Mais c'est alors qu'il apprit que le calcul

différentiel et intégral était bien connu sur le continent où on en attribuait la paternité à Leibniz (1646-1716), mathématicien né à Leipzig

Les lettres entre les deux savants furent d'abord cordiales mais de zélés partisans de l'un et de l'autre (en France Voltaire soutint Newton et accabla Leibniz) envenimèrent la situation. Ce fut une querelle triste et stérile entre Anglais d'un côté, Suisses et Français de l'autre...

En 1696, à 54 ans, Newton devint Gouverneur de la Monnaie puis, en 1699, il fut promu à la dignité de Grand-Maître de la Monnaie

Quelques années après la parution des "Principes" qui fit de Newton un demi-dieu, le système newtonien fut enseigné à Cambridge en 1699 et à Oxford en 1704.

En 1703, Newton fut élu Président de "la Royal Society", dignité à laquelle il fut réélu constamment jusqu'à sa mort. En 1705, la bonne reine Anne le décora de l'ordre de Chevalier.

Mais les honneurs ne le détournèrent pas de ses préoccupations scientifiques : En 1696 et en 1716 Bernoulli et Leibniz complétèrent deux défis aux mathématiciens de l'Europe :

Newton fut le seul à relever ces deux défis car sa vivacité intellectuelle était intacte.

On attribue à Newton le propos suivant " Si j'ai pu voir un peu plus loin que d'autres, c'est que je me suis hissé sur les épaules de géants ". Parmi les plus grands de ces géants, il y avait Descartes, Képler et Galilée qu'il avait passionnément étudiés...

La conviction religieuse la plus profonde était empreinte dans tous les ouvrages de Newton.

La main de Dieu lui apparaissait dans ces merveilles de la Nature que l'observation et l'étude lui rendaient familières. Il voulut éclairer la religion chrétienne du flambeau de la Philosophie et de l'Histoire. Il démontra par des calculs astronomiques les faits incontestés de l'Histoire et les interprétations naturelles du sens des Ecritures. C'est ainsi qu'il publia :

" Observations sur les prophéties de l'Écriture Sainte, particulièrement sur les prophéties de Daniel et sur l'Apocalypse de Saint Jean "

Dans l'ensemble, l'existence de Newton fut heureuse : sa santé s'est maintenue excellente jusqu'à ses dernières années ; il ne portait pas de lunettes et n'a perdu qu'une dent. Sa vie laborieuse l'avait écarté du mariage mais une nièce vivait dans sa maison avec son mari et tous deux prenaient soin de sa personne et de sa fortune car Newton était riche et faisait beaucoup de bien...

Ses derniers jours furent profondément humains et touchants. Il n'échappa pas à la souffrance mais il s'éteignit en paix vers deux heures du matin le 20 mars 1727 dans sa quatre-vingt-cinquième année.

L'Angleterre tout entière prit le deuil et décerna les plus grands honneurs à sa mémoire.

Son corps, après avoir été exposé à la Chambre des Lords fut transporté au milieu d'une pompe presque royale à l'Abbaye de Westminster où, entouré encore de la plus grande vénération, il repose désormais...

LEÇONS DE MARIE CURIE



Nous avons le plaisir de recommander à nos lecteurs ce petit ouvrage émouvant rassemblant des notes prises par l'une de ses élèves. Avec l'accord d'Hélène Langevin-Joliot, petite-fille de Marie Curie, directrice de recherches émérite au CNRS, nous publions des extraits de l'avant-propos de l'ouvrage, écrit par Hélène Langevin-Joliot, et par Rémi Langevin, petit-neveu d'Isabelle Chavannes, professeur de mathématiques à l'Université de Bourgogne.

"Le présent livre reproduit les notes prises par Isabelle Chavannes au cours d'une partie des leçons de physique données par Marie Curie. Ces notes ont été retrouvées par l'un d'entre nous qui, plus tard, à l'Université de Bourgogne, en fit quelques copies et commença à les faire connaître. L'intérêt suscité et les encouragements reçus débouchent aujourd'hui sur leur publication, précédée en introduction de l'extrait du livre Madame Curie par Eve Curie évoquant la coopérative.

Hélène Langevin-Joliot - Rémi Langevin

"Un jour mon grand-père décida de trier ce qui se trouvait dans sa cave, et en particulier une malle de papiers provenant de sa sœur, Isabelle Chavannes. Je fus chargé de mettre dans la chaudière ce qu'il souhaitait brûler. Au cours de cette opération, mon attention fut attirée par le contenu d'un classeur noir: il contenait les notes prises par Isabelle lors des leçons de physique élémentaire données par Marie Curie. Mon grand-père me fit cadeau du classeur et des notes." **Rémi Langevin**

Les membres de l'ADASTA peuvent se procurer ce livre à prix réduit en écrivant à : Association Curie et Joliot-Curie - 11 rue Pierre et Marie Curie - 75248 Paris Cedex 05 - Préciser nom, adresse et bien spécifier "membre de l'ADASTA, Clermont-Ferrand". Joindre un chèque de 10€

NOUS VENONS DE PERDRE UN AMI FIDÈLE



Maurice JACOB (1909-2003) est décédé le Lundi 24 Mars 2003 à Lyon ; il avait 94 ans.

Il soutenait notre action de "popularisation scientifique".

Son fils, Maurice-René Jacob, brillant scientifique au CERN, avait écrit, en Novembre 1999, pour le n° 46 d'Auvergne-Sciences, un très bel article sur l'antimatière.

Maurice Jacob, Agrégé de Sciences Physiques, enseigna pendant de nombreuses années, en classe de Mathématiques Spéciales M¹, au Lycée du Parc, à Lyon. C'était un professeur remarquable, très apprécié de ses élèves et de ses collègues.

En 1949, il créa la section Académique lyonnaise de l'Union des Physiciens qu'il présida pendant 24 ans.

Il faisait partie de nombreuses Associations, comme l'ADASTA, l'Académie des Sciences et Belles lettres de Lyon dont il était membre titulaire, la Société des Amis d'Ampère, le Rotary-Club et des Associations musicales...

Il était très ami du regretté Hubert Gié, Inspecteur Général de Physique qui avait soutenu fortement l'Adasta depuis sa création en 1986 par Roland Jouanisson.

Dans notre mémoire, ces deux scientifiques amis, Hubert Gié et Maurice Jacob resteront des exemples d'intelligence, de dévouement et de courage pour maintenir la qualité de l'enseignement scientifique français.

Clermont-Ferrand, le 17 Juin 2003, Suzanne Gély

Les "Jeunes Pousses"

Bien que le 3^e trimestre de l'année scolaire ait été court les "Jeunes Pousses" ont fait preuve d'une grande activité.

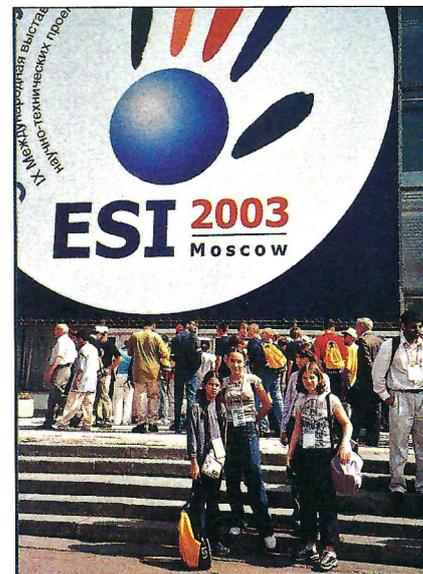
Expo-Sciences régionale a eu lieu à Cournon du 21 au 24 mai. Les "Jeunes Pousses" y ont participé le mercredi et le samedi. Ils ont présenté : le principe du siphon – la fontaine de Heron et quelques expériences simples réalisées aussi par ordinateur grâce au CD Rom créé pour eux par l'ADASTA. C'est à la suite d'Expo-Sciences que la délégation des "Jeunes Pousses" a été désignée pour représenter l'Auvergne à l'Exposition Internationale de Moscou du 11 au 19 juillet 2003. Quelle joie et quelle chance pour les 4 jeunes qui sont parties,

en dépit des contraintes administratives et de la courte période préparatoire. Nous en parlerons plus longuement dans le prochain numéro de la revue.

Le 4 juin visite du Jardin Lecocq pour les adultes et les "Jeunes Pousses". Par groupes, avec l'aide de plans les enfants devaient suivre les itinéraires, reconnaître les arbres à partir de leurs feuilles et des descriptions qu'ils en avaient. Malgré la chaleur ils ont couru dans les allées à la recherche des différentes espèces, la tâche n'était pas facile mais chaque groupe voulait terminer le premier ! Ensuite les "Jeunes Pousses" ont investi le "tourniquet" du parc de jeux et tous ensemble ils s'en sont donnés à cœur joie. Tous

garderont, j'en suis certaine, un bon souvenir de leur escapade au Jardin Lecocq.

Le mercredi 18 juin les "Jeunes Pousses" et certains adhérents de l'ADASTA ont mesuré la pression atmosphérique en 4 lieux différents : Rue de Bien Assis, la Font de l'Arbre, le col de Ceysnat et au sommet du Puy de Dôme. Le soleil dardait mais courageusement et rapidement les "Jeunes



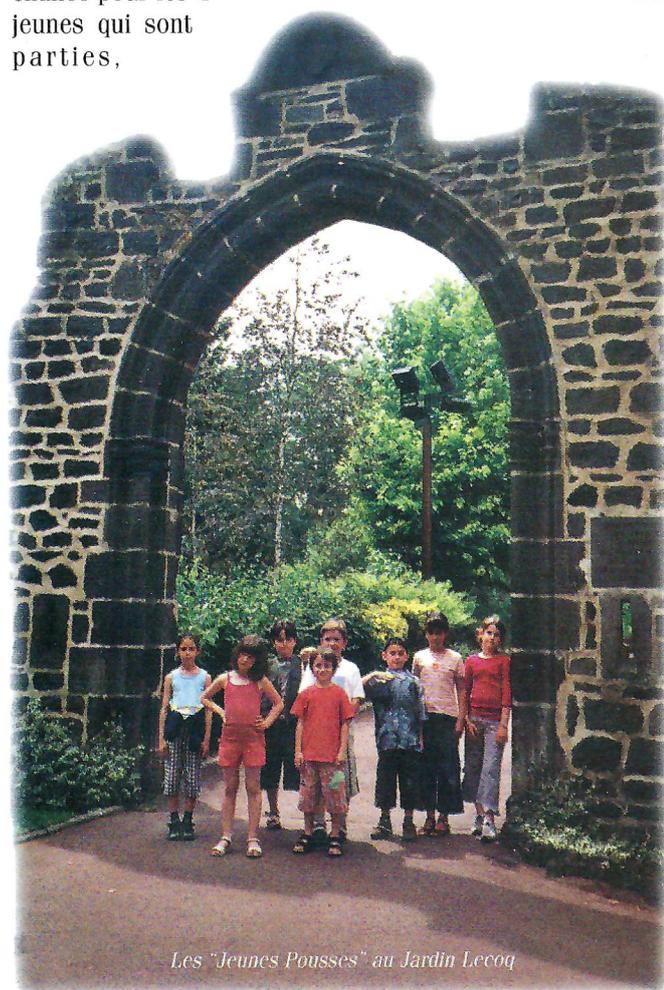
Les "Jeunes Pousses" à Moscou

"Pousses" ont monté le Puy de Dôme à pied, ils ont visité l'exposition sur le volcanisme, fait le tour du sommet, vu les travaux réalisés pour réhabilitation des ruines du Temple de Mercure, admiré le ballet coloré des ailes volantes et trop vite il a fallu repartir direction Laschamp.

A Laschamp, Madame Gely nous attendait pour nous faire découvrir un des lieux de l'inversion du champ magnétique. Munis de leurs boussoles les enfants et les adultes ont pu constater la déviation de 180° de l'aiguille aimantée. Tandis que l'on discutait scientifiquement au sujet de ce phénomène assez rare certains "garnements" se sont appropriés les rochers comme terrain de jeux.

Un copieux goûter a réuni tout le monde pour terminer cet après-midi très ensoleillé et culturellement riche de découvertes et c'est un peu à regret que nous avons regagné Clermont et dit "au revoir" aux "Jeunes Pousses".

Pierrette TOURREIX



Les "Jeunes Pousses" au Jardin Lecocq