



**HAL**  
open science

## I. - L'aspect historique de la découverte de la radioactivité artificielle

S. Rosenblum

► **To cite this version:**

S. Rosenblum. I. - L'aspect historique de la découverte de la radioactivité artificielle. Journal de Physique et le Radium, 1955, 16 (10), pp.743-747. 10.1051/jphysrad:019550016010074301 . jpa-00235260

**HAL Id: jpa-00235260**

**<https://hal.science/jpa-00235260>**

Submitted on 4 Feb 2008

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LE JOURNAL DE PHYSIQUE ET LE RADIUM.

TOME 16, OCTOBRE 1955, PAGE 743

Conférences prononcées devant la Société Française de Physique  
pour la célébration du vingt-cinquième anniversaire  
de la découverte de la Radioactivité artificielle.

## I. — L'ASPECT HISTORIQUE DE LA DÉCOUVERTE DE LA RADIOACTIVITÉ ARTIFICIELLE

Par S. ROSENBLUM,





Directeur de Recherches au C. N. R. S.

A la gare de Copenhague, comme dans toutes les gares du monde, il existe une horloge, mais cette horloge est particulière : elle ne comporte aucun organe mobile visible. Chaque minute, de nombreux tubes au néon s'allument et indiquent l'heure. Ainsi, à 6 h du soir sur le cadran apparaît le nombre 18 00 suivi de 18 01, 18 02, etc.

Me trouvant un soir devant cette gare les minutes me semblaient ne jamais vouloir finir ; mais, voyant apparaître 19 00 sur le cadran je me sentais reculer au début du siècle et, pris au jeu de ma fantaisie, j'ai commencé à associer des dates et des formules mémorables de l'histoire de la Physique aux chiffres qui défilaient devant moi.

Permettez-moi de prendre comme cadre de mon exposé les quelques dates et images de cette coupe accidentelle dans le passé, nécessairement fragmentaire et subjective.

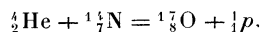
Nous voilà en 1900. La constante  $h$  de Planck voit le jour, ce qui est de bon augure pour le nouveau siècle. Nous remarquons toute une pléiade de physiciens nés entre 1900 et 1905, année où Einstein formula sa célèbre équation sans laquelle tous les

- 1900  PLANCK : Quantum d'action  $h$ .
- 1903 RUTHERFORD, SODDY : Transmutation spontanée des éléments. (FAJANS)
- 1905 EINSTEIN :  $E = mc^2$  ; effet photoélectrique,  $E = h\nu$ .
- 1911 RUTHERFORD : Atome planétaire.
- 1913 N. BOHR : Modèle de l'atome ;  $E_1 - E_2 = h\nu$ .
- 1919 RUTHERFORD - CHADWICK : Transmutation provoquée.
- 1919 ASTON : Séparation des isotopes. (SODDY)
- 1920 INSTITUT DE PHYSIQUE THÉORIQUE DE COPENHAGUE
- 1922 COMPTON : Effet  $h\nu/c$  
- 1924 BOTHE-GEIGER : simultanéité et corrélation angulaire dans l'effet COMPTON
- DE BROGLIE :  $\lambda = \frac{h}{p}$ .
- 1925 SCHRÖDINGER : Equation d'ondes.
- 1927 HEISENBERG :  $\Delta p \Delta x \sim h$ .
- 1928 GAMOW, CONDON et GURNEY : 
- 1931 Neutrino (PAULI)
- 1932 CHADWICK : Neutron. (RUTHERFORD, I et F. JOLIOT-CURIE.)
- INCENDIE DU REICHSTAG, EINSTEIN quitte l'Europe,
- 1933 suivi de FERMI, SZILARD etc.
- ANDERSON : Positron. (DIRAC)
- 1934 IRÈNE et FRÉDÉRIC JOLIOT-CURIE : Radioactivité "artificielle."
- 1938 Fission nucléaire 
- 1942 Pile à Chicago.
- 1952 BOHR - MOTTELSON : Niveaux de rotation des noyaux

développements ultérieurs de la Physique seraient difficiles à concevoir. Deux ans avant, Rutherford et Soddy avaient déjà montré que la radioactivité naturelle consistait en la transmutation successive et spontanée des éléments et l'on sait que la filiation des séries radioactives fût ensuite précisée par Soddy et Fajans.

Les expériences de Rutherford sur le passage des rayons  $\alpha$  à travers la matière ont fait mûrir dans son esprit l'image de l'atome planétaire. Cette image va entre les mains de Bohr se développer en une théorie englobant une grande partie des phénomènes physiques.

1919. La première transmutation artificielle est réalisée en bombardant l'azote par des rayons  $\alpha$ . On a



1919. Séparation d'isotopes par Aston à la suite des travaux de J. J. Thompson et de Soddy.

L'année 1919 est donc doublement importante pour la Physique nucléaire. D'un côté nous voilà en état de changer la nature chimique d'un élément et l'atome d'azote devient un atome d'oxygène; de l'autre côté Aston découvre une multitude de nouveaux spécimens atomiques, dont les masses sont des multiples entiers ou presque de la masse de l'atome de l'hydrogène. Si les isotopes ne sont pas de nouveaux éléments dans le sens chimique du mot, ils le sont bien aux yeux des physiciens.

A la suite des travaux d'Aston, environ 300 isotopes stables sont aujourd'hui connus. Les travaux sur l'isotopie permettent donc de tripler le nombre d'éléments de masse différente et ils montrent que l'isotopie est une propriété commune à tous les éléments chimiques.

L'année 1920 n'est peut-être pas moins importante pour la Physique, puisque nous assistons à la fondation de l'Institut de Physique théorique de Copenhague où, comme dirait Barrès, l'esprit de la Physique théorique soufflera dorénavant.

En 1924 paraît la thèse de Louis de Broglie, dont les conséquences pour la Physique moderne sont loin d'être épuisées.

Nous arrivons vers 1930. La génération de physiciens nés entre 1900 et 1905 commence à se faire remarquer de plus en plus.

1928. Théorie de Gamow qui est une conséquence directe de celles de Louis de Broglie et de Schrödinger appliquées au noyau. Théorie paradoxale où les particules  $\alpha$  sont, à tour de rôle, les prisonniers et les gardiens. Rien d'étonnant à ce que les  $\alpha$  finissent par s'échapper de temps à autre.

En 1931, Pauli émet l'hypothèse du neutrino.

L'année 1932 voit la découverte du neutron, à laquelle Irène et Frédéric Joliot ont contribué de la manière que vous connaissez; suit la découverte du positron.

Après ce rappel incomplet et imagé des événements

qui ont précédé la radioactivité artificielle, entrons dans le vif du sujet.

Jusqu'à la fin de 1933 il était admis que toute transmutation nucléaire était pratiquement instantanée, comme le sont certains phénomènes extra-nucléaires plus familiers aux physiciens, par exemple l'effet Compton qui cesse dès qu'on intercepte le flux de radiation pénétrante. L'idée de rechercher une transmutation à retardement de durée mesurable, c'est-à-dire une radioactivité vraie, mais provoquée artificiellement, semblait être vouée à un échec certain.

Je rappelle les expériences de Ramsay et celles plus récentes de Maracineanu, dans lesquelles on soumettait des éléments lourds, soit à l'action des rayons  $\alpha$ , soit à celle d'un rayonnement solaire hypothétique.

On sait que tous les phénomènes observés dans ces expériences étaient dus à des impuretés radioactives d'éléments connus.

On connaissait encore un autre type d'expérience dans lequel on se proposait non pas de rendre radioactifs des éléments stables, mais de modifier la vitesse de décroissance d'un élément radioactif. L'élément radioactif était dans ce cas soumis à de très basses températures, ou bien placé au sommet d'une haute montagne, ou bien encore dans la profondeur des mines. Les tentatives d'influencer la radioactivité naturelle restèrent, comme vous le savez, également vaines.

L'idée que la radioactivité était un phénomène immuable propre à certains éléments et par conséquent inaccessible à nos moyens d'action restait très fortement ancrée dans l'esprit des chimistes et physiciens de l'époque. On s'était donc résigné à enregistrer et à prévoir le déroulement d'événements, dont on avait perdu tout espoir de jamais pouvoir changer le cours prédestiné. Un élément quoique transformable par action instantanée était fatalement stable ou radioactif.

L'étonnement fut donc grand parmi les physiciens et chimistes lorsque Irène et Frédéric Joliot annoncèrent, au début de 1934, que quelques-uns des premiers éléments du tableau de Mendeleeff soumis pendant quelques minutes à l'action des rayons  $\alpha$  du polonium devenaient de leur côté le siège d'une émission radioactive. Permettez-moi de lire textuellement l'exposé de M<sup>me</sup> et M. Joliot :

« Ayant montré que des transmutations comme celle de  ${}^{10}\text{B}$ , de F, Na, Al par les rayons  $\alpha$  du polonium, donnaient lieu à l'émission de neutrons et de positrons, nous avons recherché en premier lieu si l'émission du neutron et celle du positron se produisaient pour un même seuil d'énergie des rayons  $\alpha$  incidents et, en second lieu, s'il en avait été ainsi, si l'émission du neutron et celle de l'électron positif étaient simultanées.

Déjà, la statistique des énergies des positons

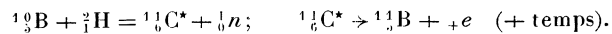
émis déduite de celle des rayons de courbures des trajectoires de brouillard de ces particules, montrait que l'on avait affaire à un spectre ressemblant à un spectre continu des  $\beta$  d'un radioélément naturel. Pourtant, nous ne fûmes pas, au début, spécialement alertés par cette similitude. En premier lieu, les neutrons et positons commencent à être émis pour une même énergie des rayons  $\alpha$  (même seuil) mais, et ce fût là le fait essentiel de la découverte, nous observâmes qu'après avoir irradié avec des rayons  $\alpha$  d'énergie au-dessus du seuil d'émission des neutrons et des positons, si l'on amenait l'énergie des  $\alpha$  au-dessous du seuil ou même à zéro, l'émission des neutrons cessait aussitôt, *tandis que celle des positons continuait de se produire.* »

Pour l'aluminium on trouvait une demi-période de 3 mn environ, ce qui signifie qu'au bout de 3 mn le nombre d'impulsions est réduit de moitié. La décroissance de l'aluminium était tout à fait analogue à la décroissance d'un quelconque élément radioactif naturel. L'hypothèse d'une impureté radioactive pouvait être écartée, car on ne voyait pas la raison pour laquelle cette impureté radioactive ne se manifesterait pas pour d'autres éléments légers. L'hypothèse d'une impureté étant écartée, il fallait encore voir si l'activité induite changeait de nature avec l'énergie des rayons  $\alpha$ . Il était facile de diminuer cette énergie en interposant des écrans matériels qui réduisaient l'énergie des rayons  $\alpha$  du polonium à 1 MeV seulement. La période observée restait indépendante de l'énergie des rayons  $\alpha$  incidents ainsi que de l'intensité de ce rayonnement. Ce fait avait son importance, car il incitait à réaliser des expériences avec d'autres particules accélérées artificiellement et de faible énergie. En effet, on ne disposait pas encore à l'époque de toute la gamme d'énergies élevées d'aujourd'hui.

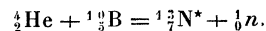
Du fait que le rayonnement émis agissait sur le compteur Geiger-Muller, on pouvait déduire que l'émission devait au signe près — comme nous l'avons vu — être apparentée au rayonnement  $\beta$  négatif de la radioactivité naturelle. Si l'analogie avec le rayonnement  $\beta$  était réellement profonde on devait s'attendre à ce que l'énergie de ces électrons soit répartie de façon continue et caractéristique. On sait que dans ce cas une partie variable de l'énergie de la transmutation est emportée par le neutrino, particule inobservable dans les conditions ordinaires.

Cette analogie avec le rayonnement  $\beta$  connu fut effectivement mise en évidence. Les expériences qu'Anderson effectua peu de temps après la découverte d'Irène et Frédéric Joliot sont particulièrement instructives. Les clichés de cet auteur, qui utilise la chambre Wilson pour détecter les électrons positifs émis par la cible, montrent un grand nombre de trajectoires de vitesse variable en accord avec les expériences de même nature d'Irène

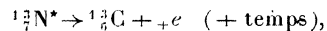
et Frédéric Joliot. La source d'oxyde de bore irradié auparavant par des deuteron, c'est-à-dire par des noyaux d'hydrogène de masse 2 accélérés sous 0,9 MeV donne lieu, cette fois-ci, à la réaction



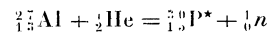
Mais revenons un instant aux expériences primitives d'Irène et Frédéric Joliot dans le cas du bore. Une cible contenant du bore est irradiée par des rayons  $\alpha$  et l'on obtient l'émission de neutrons suivant l'équation de transmutation



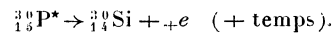
Or, l'isotope  ${}^7_7\text{N}$  stable n'existe pas dans la nature. Si l'analogie avec l'émission  $\beta$  ordinaire était valable,  ${}^7_7\text{N}^*$  émettant des positons devrait se transformer en  ${}^7_6\text{C}$  d'après l'équation



de même



donne



On sait que le nombre des neutrons contenus dans un isotope stable est presque toujours supérieur au nombre de protons; les isotopes créés par irradiation  $\alpha$  se stabilisent donc en se débarrassant de l'excès de charge positive par émission d'un positron. Il fallait par conséquent admettre que l'affirmation d'Irène et Frédéric Joliot d'avoir créé de nouveaux éléments radioactifs correspondait bien à la réalité. Je pense que la plupart des physiciens se seraient arrêtés là, mais ici intervient la formation d'Irène et Frédéric Joliot, l'un sortant de l'École de Physique et de Chimie et l'autre ayant longtemps assisté M<sup>me</sup> Pierre Curie dans ses travaux de Chimie des radioéléments naturels. Si le côté physicien de leur nature était satisfait, le côté chimiste réclamait des preuves plus tangibles.

Si le  ${}^7_7\text{N}$  est réellement présent dans la cible de bore, cette fois-ci il s'agit de l'azoture de bore, on doit pouvoir le séparer chimiquement. L'azoture de bore est donc décomposé par la soude à chaud et l'azote est libéré sous forme d'ammoniac à l'état gazeux. On peut recueillir ce gaz dans un tube aux parois minces, comme s'il s'agissait d'un gaz radioactif, tel le radon, et l'on constate que la plus grande partie de l'activité se trouve dans le tube mince. Ceci est bien conforme à l'hypothèse que l'atome actif est de l'azote formé dans le composé de bore irradié. Des expériences analogues permettaient de conclure que le radiophosphore, comme nous allons l'appeler dorénavant avec les Joliot, est bien formé après irradiation de l'aluminium par les rayons  $\alpha$ . Nous entrons ainsi dans une nouvelle phase : la Chimie nucléaire.

Arrêtons-nous maintenant quelques instants pour nous rappeler le cadre humain du Laboratoire Curie en 1934.

Dans la figure ci-contre nous voyons Irène et Frédéric Joliot dans un laboratoire de Chimie.



Fig. 1.

M<sup>me</sup> Pierre Curie toujours passionnée et infatigable venait souvent au laboratoire en dépit de son mauvais état de santé. M. André Debierne était encore très actif. On le voyait souvent discutant avec Goldschmidt, Guillot et M<sup>lle</sup> Perey. Parmi les chimistes remarquons encore : Haïssinsky, Zaviziano-Emmanuel, d'Agostino, Chamié et Galabert. Parmi les physiciens je vois : Arnoult, Fournier, Frilley, Grimberg, Grégoire, Lecoin, Kowarski, Savel, Surugue.

La figure la plus remarquable était le grand physicien Fernand Holweck, torturé sous l'occupation parce qu'il aimait tellement la liberté. Holweck était, comme vous le savez, un esprit très universel, précurseur dans plusieurs domaines. Je me rappelle le tableau noir au Laboratoire Curie, sur lequel était écrit à la craie que c'était là qu'en 1928, Holweck et Chevallier avaient réalisé pour la première fois la transmission d'une image par télévision. Pierre Chevallier devait également mourir pendant l'occupation.

A cette époque, Paul Langevin, Jean Perrin, Pierre Auger, Edmond Bauer, Henri Gondet et Francis Perrin venaient souvent au laboratoire, ainsi que Proca qui avait débuté comme expérimentateur dans ce même bâtiment. On voyait souvent Lacassagne venir travailler avec Holweck et Sonia Cotelle.

Beaucoup de nations d'Europe étaient représentées au laboratoire. Skobeltzine l'avait déjà quitté et Gentner venait d'y entrer. Il y avait :

Des Anglais, comme Marcus Francis; des Belges, comme Winant; des Italiens, comme de Benedetti; des Suisses, comme Preiswerk.

La Pologne était représentée par Pawlowski, Starkievitch, Zlotowski.

Le Portugal avait comme représentants M<sup>me</sup> Marquès et A. da Silva qui remplacèrent Valadarès, lequel venait de regagner son pays.

Je me souviens également d'Alice Prebil qui venait de Yougoslavie, Graf, de Hongrie, et Jakimach de Tchécoslovaquie.

Revenons maintenant aux expériences d'Irène et Frédéric Joliot. Peu de temps après les expériences sur le bore, l'aluminium et le magnésium, Frisch poursuit les expériences avec le sodium et le phosphore. D'autres physiciens utilisant les protons et les deutérons dans le même but.

Une étape importante a été inaugurée comme vous savez par Fermi, qui utilisa des neutrons pour obtenir les réactions nécessaires à la production de la radioactivité artificielle. L'utilisation de ces projectiles neutres inaffectés par la barrière de potentiel électrique des noyaux permet d'atteindre les noyaux des éléments moyens et lourds et de créer des radioéléments  $\beta$  émetteurs de négatrons, comme le sont les éléments des séries radioactives naturelles. La capture des neutrons diminue en effet la charge positive spécifique du noyau. Au bout d'un temps plus ou moins long le noyau se stabilise en émettant une charge négative.

Si avant la découverte de la radioactivité artificielle les radioéléments naturels formaient une faible minorité par rapport aux isotopes stables, les rôles sont maintenant inversés : le nombre des radioéléments connus dépasse de loin le nombre des isotopes stables et l'on peut donc placer la découverte des radioéléments artificiels sur le même plan que l'œuvre d'Aston et Soddy.

Les deux séries de travaux ont contribué à déplacer les limites entre Chimie et Physique. Ces deux sciences tendent d'ailleurs à se fondre de plus en plus en une seule discipline par les méthodes de travail et les raisonnements de base. Je pense que le rôle de radioéléments dans l'enseignement de la Physique et surtout celui de la Chimie se fera progressivement sentir dans les années à venir, la nature des radiations émises et les périodes de décroissance servant de plus en plus à identifier une espèce chimique et ceci même dans un but d'enseignement.

Au début de ma conférence j'ai mentionné les vaines tentatives faites en vue de former les radioéléments lourds à l'aide de particules  $\alpha$ . Cet échec s'explique par l'insuffisance de l'énergie des particules chargées utilisées dans les expériences. Le développement des cyclotrons, comme vous le savez, a, en effet, permis de dépasser le seuil de la barrière de potentiel des éléments moyens et lourds et nous connaissons aujourd'hui un bon nombre de radioéléments artificiels lourds.

Pour mesurer le chemin parcouru depuis les premières expériences de radioactivité artificielle

sur les éléments légers, je me permets de vous dire quelques mots des expériences sur les isotopes du polonium.

Je pense que j'aurais été étonné si en 1934 on m'avait dit qu'un jour nous serions capables de produire artificiellement ceux-là même des émetteurs  $\alpha$  qui, comme le polonium, étaient la source indirecte de la radioactivité artificielle. A cette époque, on connaissait, en plus du  $^{210}\text{Po}$  de période 140 jours, six émetteurs  $\alpha$  de période plus courte. Ce nombre a triplé aujourd'hui. Nous pouvons voir sur la figure trois groupes récemment trouvés en collaboration avec M. Tyrén à Uppsala et que nous attribuons provisoirement à  $^{199}\text{Po}$ ,  $^{198}\text{Po}$  et  $^{197}\text{Po}$  (fig. 2). Nous avons utilisé le grand

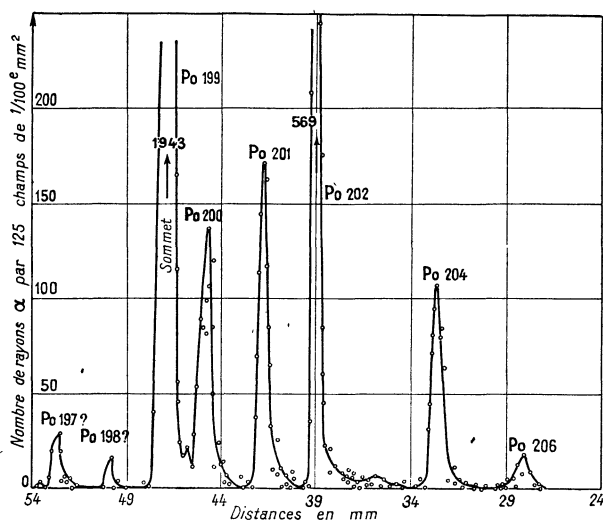


Fig. 2.

synchrocyclotron pour irradier du bismuth avec des protons de 170 MeV, puis nous avons employé une section du cyclotron pour analyser le rayonnement  $\alpha$  des poloniums séparés auparavant du bismuth irradié.

Il n'est pas douteux qu'un bon nombre de radioéléments à vie très courte sera découvert dans un proche avenir, enrichissant le patrimoine scientifique, pour ne pas dire économique, de l'humanité. Si l'on pense que certains isotopes peuvent exister encore dans différents états isomériques, on conçoit toute la complexité qui peut en découler pour la Chimie et surtout pour la Spectroscopie nucléaire qui vient de franchir récemment une étape si importante avec les beaux travaux de Bohr-Mottelson.

Sur le premier tableau chronologique projeté sur l'écran (voir p. 744) j'ai également fait figurer l'incendie du Reichstag qui se place dans le temps entre la découverte du neutron et celle de la radioactivité artificielle. Jusqu'à cette date on pouvait en effet

considérer le développement de la Physique, tout au moins dans notre siècle, comme peu influencé par l'histoire politique. C'est alors que commence l'exode de plusieurs physiciens, entre autres Einstein, suivi de Fermi, vers les pays anglo-saxons. La pile atomique, à la fois basée sur le potentiel industriel des États-Unis et l'apport intellectuel européen, verra le jour à Chicago.

La radioactivité deviendra une affaire d'État, ce qui n'est pas sans conséquences regrettables pour ceux-là même qui étaient les pionniers de cette branche de la Science.

Je voudrais pour finir résumer en quelques mots l'essentiel de mon exposé. La radioactivité artificielle quoique imprévue et quelque peu en dehors du développement de la recherche au moment même de sa découverte fut néanmoins déterminée par l'ensemble de nos connaissances antérieures et tributaires des techniques existantes au moment de sa découverte.

Elle s'encadre ainsi harmonieusement dans l'ensemble de nos connaissances sur la matière, puisqu'elle a permis de montrer que le phénomène que nous appelons radioactivité n'était pas une exception mais une propriété générale de la matière. Tous les éléments du tableau de Mendeleeff, sans exception, possèdent en effet au moins un isotope radioactif, mais par contre nous connaissons plusieurs éléments qui ne possèdent aucun isotope stable, comme par exemple le polonium. On pourrait à juste titre appeler la radioactivité provoquée ou artificielle : la radioactivité généralisée. En effet, la nouvelle radioactivité englobe et couronne l'œuvre de Becquerel, de Pierre et de Marie Curie.

Si l'on pense que beaucoup d'isotopes dits stables ont une probabilité d'évoluer, fût-elle infiniment faible, on conçoit toute la révolution qui s'est opérée dans notre conception de la matière. C'est l'instabilité et non la stabilité qui est la règle dans le monde des noyaux considérés jadis à l'abri de toute atteinte.

Le fait qu'un phénomène aussi général et répandu que la radioactivité artificielle ait pu échapper si longtemps à notre savoir nous enseigne d'être très vigilants dans l'observation des phénomènes naturels. A toute époque nous avons tendance à vouloir ériger une barrière aux confins de nos connaissances dans le désir peut-être de mieux approfondir et harmoniser notre savoir au-dedans de cette limitation.

Constatons qu'il suffit d'une seule déchirure subite dans les voiles qui entourent l'inconnu pour découvrir des horizons nouveaux et insoupçonnés.

C'est peut-être dans le souvenir de ces moments rares et courts que nous trouvons la récompense la plus belle et la plus pure de notre existence.