

MINEURE SANTÉ
PASSERELLE VERS LES ÉTUDES **MMOPK**

L.AS

2^e
Édition

Licence

Accès Santé

TOME 1

**Les fondamentaux
en synthèses illustrées :**

- Biochimie
- Génétique
- Biologie cellulaire
et moléculaire
- Physiologie

*Patrice Bourgeois
Giovanni Fumelli
Richard Planells*

***Tout pour réussir
ma mineure santé !***

SUP



FOUCHER



Licence accès santé

Tome 1

Patrice Bourgeois (*coordinateur*)

Docteur en Biologie moléculaire et cellulaire
Enseignant IFSI et en ostéopathie
Académie d'Aix-Marseille

Richard Planells

Docteur en Médecine, HDR
Ancien maître de Conférences - Praticien Hospitalier
CHU de Marseille

Avec la collaboration de Giovanni Fumelli

Titulaire d'un DEA de Neurosciences
Enseignant de physiologie humaine
Conférencier dans plusieurs instituts de l'enseignement supérieur

Avertissement :

Du fait, notamment, de l'avancement rapide des sciences médicales, l'éditeur et les auteurs déclinent toute responsabilité du mauvais usage qui pourrait être fait du contenu de cet ouvrage.

Malgré toute l'attention portée à sa rédaction, la survenue d'une erreur reste possible. L'éditeur et les auteurs ne sauraient être tenus pour responsables des éventuelles conséquences qui pourraient en résulter.

L'éditeur et les auteurs remercient par avance le lecteur de bien vouloir leur signaler toute erreur qu'il pourrait rencontrer à la lecture de cet ouvrage.

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français du Droit de copie (20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (loi du 1^{er} juillet 1992 - art. 40 et 41 et Code pénal - art. 425).

© Foucher, une marque des Éditions Hatier - Paris 2022

Sommaire

Préface

07

1 Biochimie

09

1. Introduction à la biochimie et à la biologie 09
2. Les atomes et les molécules 12
3. Les liaisons chimiques 16
4. Les molécules organiques 20
5. L'eau et le pH 24
6. Les solutions 29
7. Les molécules du vivant 33
8. Glucides 34
9. Lipides et stérols 39
10. Les protéines 46
11. Les acides nucléiques 51
12. Potentiel et réaction chimique 56
13. Les enzymes 63
14. Les métabolisme 65
15. La gestion de l'énergie cellulaire 70

2 Biologie moléculaire

73

16. L'ADN et sa réplication 73
17. Expression des gènes 77
18. Le code génétique et la traduction 82

3 Génétique

89

19. Gènes et chromosomes 89
20. Organisation du génome humain 92
21. Le brassage de l'information génétique 94
22. Maladies héréditaires 97

4 Biologie cellulaire	103
23. Notion de cellule	103
24. Organites de la cellule eucaryote	105
25. La membrane plasmique et le potentiel de repos	111
26. Transport membranaire	114
27. Communication intercellulaire, récepteurs et médiateurs	117
28. La division cellulaire	121
29. Notion de différenciation cellulaire	125
30. Mort et sénescence cellulaires	127
5 Histologie	129
31. Notion de tissus	129
32. La cellule épithéliale : exemple de l'entérocyte	131
33. Classification des épithéliums	135
34. Les tissus conjonctifs	139
35. Les tissus musculaires	142
36. Le tissu nerveux	145
6 Reproduction et biologie du développement	147
37. Reproduction et détermination du sexe	147
38. Spermatogenèse	150
39. Ovogenèse	154
40. La méiose	158
41. Procréation et contraception	164
42. La fécondation	167
43. Généralités sur le développement embryonnaire	170
44. La première semaine de développement	173
45. La deuxième semaine de développement	176
46. La troisième semaine et la gastrulation	179
47. Fermeture du corps de l'embryon	182
48. Devenir des différents feuillets	184
49. Transition embryo-fœtale	190
50. Le placenta et les annexes embryonnaires	193
7 Physiologie	197
51. Introduction à la physiologie	197
52. Systèmes de communication	200
53. Le milieu intérieur	204
54. Le sang	207
55. Le plasma	208
56. Les éléments figurés	210

57. Vaisseaux sanguins	213
58. Hémostase	217
59. Appareil circulatoire	221
60. Cycle cardiaque	225
61. Appareil respiratoire	229
62. Les échanges gazeux et transport des gaz	234
63. Anatomie fonctionnelle du rein	238
64. Contrôle de la formation de l'urine définitive	242
65. Régulation du pH sanguin	245
66. Système endocrinien	249
67. Quelques glandes endocrines	253
68. Équilibre phosphocalcique	258
69. Régulation des substrats énergétiques	261
70. Transport des lipides	266
71. Appareil digestif	268
72. Digestion et absorption	272
73. Régulation de la digestion	274
74. Rôles du foie et du pancréas	277
75. Neurone et potentiel d'action	281
76. Neurotransmetteurs	284
77. Organisation générale du système nerveux	287
78. Système nerveux central	288
79. Système nerveux périphérique	292
80. Système nerveux autonome	295
81. Grandes fonctions corticales	297
82. Tissu osseux	302
83. Les muscles	305
84. Physiologie du muscle strié	307
85. Contrôle du mouvement et de la posture	310
86. Aspects généraux de la réponse immunitaire	316
87. La réponse immunitaire non spécifique innée	319
88. Organes lymphoïdes	324
89. La réponse immunitaire spécifique adaptative	327
90. Altérations de la réponse immunitaire	334

Préface

Chers étudiants,

Le texte de 2019 qui a réformé l'enseignement des filières universitaires Santé introduit une nouvelle façon de penser son parcours d'études.

En effet, au lieu d'être « enfermés » dans une filière et de devoir accepter une rupture de parcours pour en changer, cette réforme introduit une passerelle avec les études de santé (cf. schéma ci-après). En vous inscrivant dans la licence de votre choix, vous avez à présent l'opportunité d'y ajouter un module de santé qui vous permettra de postuler en 2^e année de Santé (filière MMOPK).

Pour vous accompagner dans votre parcours, nous avons conçu deux ouvrages couvrant la quasi-totalité du programme de Santé. Rédigés dans un style pédagogique, clair et allégé, nous avons donné la priorité aux illustrations.

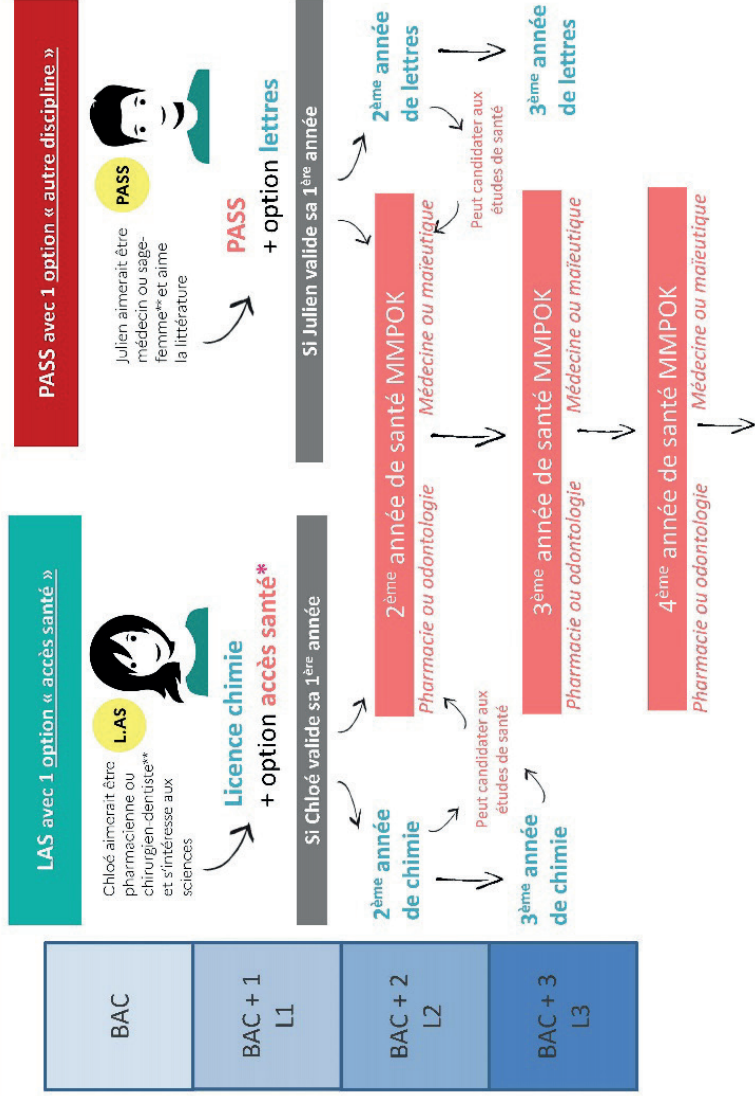
L'ouvrage que vous avez entre les mains réunit des pédagogues professionnels des métiers de la santé passionnés qui ont œuvré ensemble pour vous offrir la synthèse de leurs savoirs, créant ainsi des outils essentiels à votre réussite universitaire.

Ouvrages entièrement conçus pour être assimilés sous forme de petits chapitres précis et indépendants, ils vous permettent de travailler à votre rythme, en restant au plus près du programme L.AS de votre université. À côté des fondamentaux indispensables, vous y trouverez des notions plus pointues qui vous prépareront au mieux pour garantir votre passage en filière Santé.

Nous vous souhaitons, sincèrement et chaleureusement, de belles réussites !

Patrice Bourgeois et Richard Planells

PARCOURS POUR ENTRER EN FILIERE MMPOK



* L'étudiant qui va en LAS doit choisir dès son inscription en Licence un option « Accès Santé » qui lui permettra d'entrer en filière santé dans la spécialisation MMPOK voulue

Biochimie

Introduction à la biochimie et à la biologie

1 Peut-on caractériser la vie ?

Définir la vie, objet d'étude de la biologie, n'est pas chose aisée : il n'y a pas de définition conceptuelle de la vie. Tout au plus peut-on rechercher ce qui caractérise l'ensemble des êtres vivants.

D'un point de vue très général, ce qui caractérise tous les êtres vivants c'est leur capacité à s'auto-organiser dans un système fermé dont l'**entropie** diminue. Cela n'est possible que parce que les êtres vivants peuvent convertir une énergie prise au milieu extérieur. Cette capacité est liée à une **information** interne que tout être vivant hérite de ses ancêtres, une information qui lui permet de reconstituer ses molécules propres et de convertir l'énergie captée.

Définir la vie, objet d'étude de la biologie, n'est pas chose aisée : il n'y a pas de définition conceptuelle de la vie. Tout au plus peut-on rechercher ce qui caractérise l'ensemble des êtres vivants.

Chez un être vivant, les molécules qui portent l'information et la possibilité d'utiliser l'énergie extérieure sont des édifices moléculaires plus ou moins complexes basés sur la chimie du carbone : les **molécules organiques**. En effet, l'**atome de carbone** présente cette caractéristique de pouvoir contracter facilement des liaisons chimiques avec des atomes d'hydrogène, d'oxygène, d'azote et surtout d'autres atomes de carbone. Les édifices moléculaires organiques résultant de ces liaisons sont particulièrement stables dans un registre de température compris entre 0 et 100 °C, coïncidant avec celui de l'**eau à l'état liquide** qui permet aux molécules organiques de se rencontrer, d'interagir et de s'organiser.

On peut donc repérer, chez tous les êtres vivants, et ce malgré leur immense diversité, des **macromolécules** structurellement et fonctionnellement semblables. Ainsi, quel que soit l'être vivant, le support et la transmis-

sion de l'information seront assurés par des macromolécules spécifiques: les acides nucléiques. La capture de l'énergie sera réalisée par des pigments couplés à des protéines, le stockage et la transmission de l'énergie seront le fait de nucléotides particuliers porteurs de liaisons à haut potentiel chimique. L'organisation spatiale des cellules sera rendue possible par la structure des protéines et/ou des glucides, les réactions de catalyse par les protéines, enfin les lipides délimiteront les compartiments intracellulaires et la membrane externe des cellules.

2 Les grandes avancées de la biologie

La biologie s'est bâtie, depuis trois siècles environ, sur l'observation des êtres vivants et un ensemble de théories qui ont permis de structurer les observations, d'appréhender la complexité du vivant et aujourd'hui d'avancer vers des interventions de plus en plus efficaces. Trois théories, qui ont peiné à s'imposer parce qu'elles contredisaient des certitudes religieuses, ont été particulièrement fécondes.

La **théorie cellulaire** formulée, dès 1839 par Mathias Schleiden et Theodor Schwann: depuis plus de trois milliards d'années, la **cellule** est la base structurante et fonctionnelle des êtres vivants qui sont tous formés d'une ou plusieurs cellules. Toute cellule ne peut dériver que d'une autre cellule: il n'y a donc pas de génération spontanée d'une cellule vivante. Ce sont les cellules qui renferment l'information nécessaire à leur survie et à leur reproduction. Une cellule est entourée d'une membrane formée de lipides et de protéines, qui la délimitent parfaitement dans l'espace. Cette membrane contrôle les échanges entre l'intérieur de la cellule et le milieu environnant. Les cellules peuvent s'organiser en tissus ou se grouper en syncytium.

La **théorie synthétique de l'évolution**, initiée par les travaux a priori éloignés de Charles Darwin et Gregor Mendel, a été poursuivie par de nombreux biologistes comme Theodosius Dobzhansky ou Ernst Mayr. Les êtres vivants présentent une grande diversité: on peut distinguer parmi eux des caractères particuliers qui ont permis aux scientifiques de les classer en espèces. Néanmoins à l'intérieur d'une espèce donnée, chaque individu peut présenter des variations de son information génétique qui, sans modifier son appartenance à l'espèce, lui confèrent une certaine originalité. De plus, le développement embryonnaire d'un individu se fait selon un modèle commun à de nombreuses espèces (loi de von Baer) et est contrôlé par quelques dizaines de gènes. Ces gènes dirigent l'expression des milliers d'autres gènes. De petites variations de fonction de ces gènes peuvent entraîner des variations dans le développement des individus. Finalement, aucun individu n'est exactement semblable à un autre. Si les conditions extérieures changent, certains individus peuvent être avantagés, se reproduire plus rapidement et à terme remplacer les individus moins adaptés.

Ainsi, toutes les espèces actuellement sur terre dérivent d'espèces antérieures dont elles sont les descendants

La **théorie fondamentale de la biologie moléculaire** initiée dès la découverte de la structure en hélice de la molécule d'acide désoxyribonucléique (**ADN**) par Francis Crick et James Watson, systématise la conservation et l'utilisation de l'information génétique: la molécule d'ADN est le support stable et transmissible de toute l'information nécessaire au développement, à la perpétuation et à la reproduction de l'être vivant. La molécule d'ADN se transmet d'une cellule mère aux cellules filles par une réplication à l'identique, la plus fidèle possible. Dans chaque cellule, l'information génétique est traduite en **protéines** qui sont les molécules aptes à modeler les cellules et à interagir avec l'extérieur. Pour réaliser cette synthèse des protéines, une portion de la molécule d'ADN est **transcrite** en une molécule d'acide ribonucléique messenger (**ARNm**) qui dirige la **traduction** du message des acides nucléiques en une séquence ordonnée d'acides aminés. Sauf chez certains virus (mais on est à la limite du vivant) un ARNm ne peut pas induire la synthèse d'une molécule d'ADN. La théorie fondamentale intègre aussi des recherches récentes qui montrent que, chez les êtres vivants supérieurs, les mécanismes de la transcription, voire de la traduction, sont complexes, intriqués, font intervenir des collaborations de gènes et peuvent être sensibles à des influences de l'extérieur (on parle d'**épigénétique**).

Aujourd'hui, les grands programmes de séquençage ont permis de connaître le génome de centaines d'espèces et pour chacune d'elles, celui de milliers d'individus. Il faut maintenant comprendre comment l'information portée par les acides nucléiques est modulée pour que les constituants qui composent chaque cellule s'entre-régulent sachant que les stimulus extérieurs participent de cette régulation pour réaliser les fonctions d'un être vivant en pleine adaptation avec son milieu.

Les atomes et les molécules

La biochimie est la partie de la biologie qui traite des espèces chimiques présentes chez les êtres vivants, de leurs interactions et des transferts d'énergie entre ces composés. Donc elle traite des molécules, des ions et, plus rarement des radicaux qui sont des entités chimiques formées d'atomes.

1 La formation des atomes

Dans l'univers primordial, dont la température était de l'ordre de millions de Kelvins, neutrons, protons, électrons et photons étaient indépendants. Mais très vite, la fusion de 2 protons et de 2 neutrons créa le **noyau** d'hélium, une réaction qui libéra une grande quantité de photons. Ces photons primordiaux, qui contenaient une immense quantité d'énergie, interagissaient avec les électrons et interdisaient toute réaction entre eux et les noyaux. Quand l'univers s'étendit et se refroidit, l'énergie des photons diminua fortement. Une recombinaison entre noyaux et électrons se produisit : les atomes d'hydrogène (un électron et un proton) et d'hélium (2 protons, 2 neutrons et 2 électrons) étaient nés.

D'autres possibilités de fusion apparurent : 3 noyaux d'hélium s'associèrent pour former des noyaux de carbone qui, avec des électrons, formèrent les premiers atomes de carbone. Apparurent ainsi, par fusions successives, les **atomes** d'oxygène, de silicium, de magnésium, de nickel et de fer. De petits fragments d'étoile se détachèrent, leur température chuta et à leur surface les atomes primordiaux s'organisèrent en roches.

2 Composition des atomes

Un atome est constitué d'un noyau contenant des particules pesantes, appelées **nucléons**. Chaque nucléon est lui-même formé de particules élémentaires qui en assurent la cohésion comme elles maintiennent aussi celle du noyau. Un nucléon présente une masse égale à une unité de masse atomique, très proche de la masse d'un atome d'hydrogène. Il existe 2 types de nucléons :

- Les **protons**, porteurs d'une charge électrique élémentaire positive. On appelle « **élément chimique** », l'ensemble des atomes dont le noyau compte un nombre donné de protons. Ce nombre, noté Z , est le « **numéro atomique** » de l'élément considéré. Par exemple, tous les atomes de l'élément oxygène comportent 8 protons. Aucun autre élément ne possède 8 protons dans son noyau, le numéro atomique $Z = 8$ caractérise donc l'élément oxygène. De même $Z = 6$ est le numéro atomique de l'élément carbone, $Z = 7$ celui de l'élément azote.

- Les **neutrons**, qui ne possèdent aucune charge électrique mais leur nombre peut varier dans une certaine mesure.
- On appelle « **masse atomique** » d'un atome, notée A , la somme des particules pesantes (protons et neutrons) du noyau. Pour reprendre l'exemple de l'élément carbone qui par définition, comprend 6 protons, le nombre de neutrons peut varier de 6 à 8. Donc, dans la nature, les atomes de carbone peuvent présenter des masses atomiques de 12, 13 ou 14. Tous ces atomes sont des **isotopes** de l'élément carbone. Tous les éléments possèdent des isotopes, mais le plus souvent pour un élément donné, un des isotopes est beaucoup plus fortement représenté que les autres. Ainsi, seul un atome de carbone sur 1000 milliards est un atome de carbone 14.

Les isotopes des éléments hydrogène et carbone

Isotopes de l'élément hydrogène			
Z = nombre de protons	1	1	1
Nombre de neutrons	0	1	2
A = masse atomique (protons + neutrons)	1	2	3
Nombre d'électrons	1	1	1
Nom de l'atome		Deutérium	Tritium
Isotopes de l'élément carbone			
Z = nombre de protons	6	6	6
Nombre de neutrons	6	7	8
A = masse atomique (protons + neutrons)	12	13	14
Nombre d'électrons	6	6	6
Nom de l'atome	Carbone-12	Carbone-13	Carbone-14

Dans les deux exemples présentés, chaque élément présente le même nombre de protons, mais le nombre de neutrons est différent. Le nombre d'électrons reste le même, toujours égal au nombre de protons, donc 1 pour l'hydrogène et 6 pour le carbone.

3 La notion d'orbitale atomique

La mécanique quantique relativiste a révolutionné notre conception de la structure de l'atome. Tout d'abord en établissant l'équivalence de la masse et de l'énergie et en démontrant la double nature à la fois corpusculaire et ondulatoire des particules élémentaires. Conséquences :

- Les électrons sont considérés comme des ondes/particules qui possèdent chacune une énergie, un moment cinétique et un moment magnétique propres : c'est ce qui va déterminer leur place autour du noyau.
- Il est impossible d'assigner des trajectoires aux électrons gravitant autour du noyau. Tout au plus peut-on considérer le nuage électronique qui entoure le noyau comme un agencement d'« espaces probables » héber-

geant des électrons d'énergie et de moments cinétiques différents, que l'on appelle « orbitales atomiques ».

- Pour un atome à l'état fondamental (c'est-à-dire non soumis à une source d'énergie extérieure), les électrons occupent systématiquement les orbitales dont l'énergie est la plus faible.
- Une orbitale ne peut être occupée que par 1 ou 2 électrons. Quand 2 électrons cohabitent sur la même orbitale, ils doivent différer par leur moment magnétique.

4 L'organisation du nuage électronique autour du noyau

Ainsi, quand un noyau possède n protons, les n électrons qui forment le nuage électronique s'organisent en couches successives en fonction de leur énergie. Une première couche d'énergie basse (nommée 1) comportant 1 orbitale est occupée par 2 électrons. Les autres électrons, d'énergie plus élevée, occupent une seconde couche (nommée 2) apte à accueillir 8 électrons. Cette sous-couche se divise en 4 orbitales potentielles (la sous-couche 2s et les sous-couches 2p) que les électrons occupent en fonction de leurs moments cinétiques. Si le nombre d'électrons est plus grand que 10, une troisième couche (nommée 3) peut abriter jusqu'à 18 électrons. Cette troisième couche s'organise en 3 sous-couches (3s, 3p et 3d).

5 La couche périphérique

Les propriétés chimiques d'un atome (en particulier la capacité de réagir avec d'autres pour former des molécules) dépendent principalement des électrons présents sur la **couche périphérique** (la plus éloignée du noyau). Ce sont les électrons qui occupent les sous-couches s et p : donc 2s et 2p pour les éléments de numéros atomiques de 3 à 10, 3s et 3p pour les éléments dont le numéro atomique va de 11 à 19, 4s et 4p pour les suivants). Les orbitales s et les 3 orbitales p peuvent accueillir au total 8 électrons.

6 La formation des molécules

Une molécule est représentée par l'assemblage d'atomes, différents ou non, et forme la plus petite quantité de matière stable d'un composant chimique donné. La nature et le nombre des atomes qui la composent permettent de décrire une molécule (ex.: H_3PO_4 signifie que l'acide phosphorique est formé par l'assemblage de 3 atomes d'hydrogène, 4 atomes d'oxygène et 1 atome de phosphore).

Les atomes qui participent à la formation des molécules le font en suivant des règles strictes : certains atomes ne participent jamais à la formation de molécules, d'autres peuvent former des molécules, mais toujours avec certains atomes et jamais avec d'autres et ceci dans des proportions précises.

Les orbitales atomiques

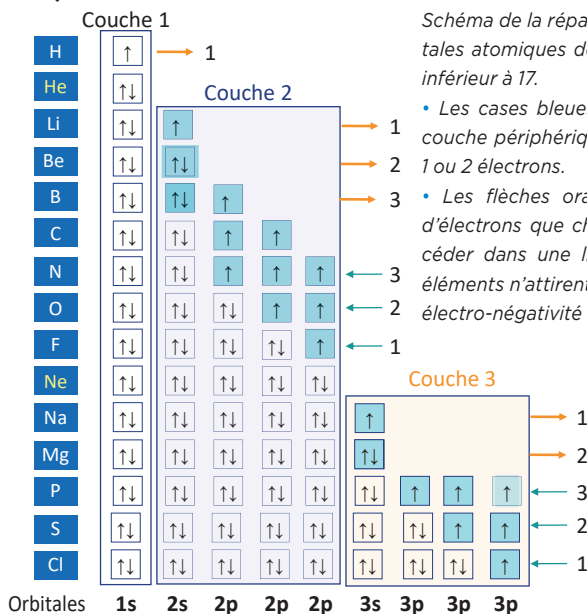


Schéma de la répartition des électrons dans les orbitales atomiques des éléments de numéro atomique inférieur à 17.

- Les cases bleues représentent les orbitales de la couche périphérique lorsqu'elles sont occupées par 1 ou 2 électrons.

- Les flèches oranges pointent vers le nombre d'électrons que chaque élément est susceptible de céder dans une liaison covalente ou ionique. Ces éléments n'attirent pas les électrons : on dit que leur électro-négativité est faible.

- Les flèches vertes indiquent le nombre d'électrons que chaque élément est susceptible d'attirer dans une liaison covalente ou ionique. Ces éléments sont dits fortement électro-négatifs.

- Le carbone est un élément intermédiaire : il peut partager 4 liaisons avec d'autres atomes.

7 La valence

Il s'agit du nombre d'électrons qu'un atome engage dans une liaison ionique ou covalente, et qui correspond au nombre d'électrons situés sur la couche périphérique. Les atomes dont la couche périphérique possède 8 électrons ne contractent pas de liaisons avec d'autres atomes et restent donc à l'état monoatomique : ce sont les gaz nobles comme le néon ou le fréon. Les autres atomes réagissent souvent pour acquérir, perdre (liaison ionique) ou mettre en commun des électrons (liaison covalente) de façon que leur couche périphérique atteigne 8 électrons, propres ou partagés. C'est la **règle de l'octet** qui admet quelques exceptions.

8 Les radicaux

Ces composés chimiques ne suivent pas la règle de l'octet. Un radical (souvent appelé radical libre) est une espèce chimique possédant un ou plusieurs électrons non appariés sur sa couche externe. La présence d'un électron célibataire confère le plus souvent à ces molécules une grande instabilité : elles réagissent avec de nombreux composés et leur durée de vie est très courte. En biologie, les **dérivés réactifs de l'oxygène** (DRO), qui sont produits par le processus même de la respiration ou le **monoxyde d'azote** (NO) jouent un rôle important pour la modulation de certaines activités cellulaires (prolifération, survie, apoptose, etc.).