

Les motifs des fleurs dans l'ultraviolet

ou

la vision chez les insectes pollinisateurs

1/3. La lumière et ses propriétés

Vous avez sans doute déjà entendu que lors de la floraison, il faudrait tondre l'herbe de son verger car la floraison des adventices est beaucoup plus attractive pour les abeilles que celle des arbres fruitiers. Cette affirmation est-elle fondée? Voici une série de trois articles sur cette question. Le premier sera consacré à la lumière et à ses propriétés, le deuxième à la différence entre la vision chez l'être humain et la vision chez les insectes et le troisième aux motifs des fleurs dans l'ultraviolet, précisément destinés à attirer sur elles les insectes pollinisateurs.

L'intérêt des insectes, et en particulier des abeilles, pour la pollinisation du verger n'est plus à démontrer. La pollinisation anémophile (assurée par le vent), si utile pour les plantes au pollen petit et pulvérulent comme le maïs, a une importance insignifiante pour les arbres fruitiers au pollen plus gros, plus lourd et qui emporté par le vent ne parcourt pas plus de quelques dizaines de mètres en l'air (<http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/00-012.htm>). La pollinisation des arbres fruitiers est principalement entomophile et nécessite donc la présence d'une population d'insectes suffisante au verger pendant la floraison. Même sur les variétés autofertiles, il a été démontré qu'une fécondation croisée, c'est à dire avec un pollen qui vient d'une fleur d'une autre variété, conduit à des fruits plus grands et de meilleure qualité que les fruits qui proviennent d'une autofécondation. Une mauvaise fécondation conduit souvent à des fruits malformés, rabougris, en particulier chez les poires.

Des études sur les cerises douces (qui sont généralement autostériles) ont montré que la présence d'une population satisfaisante d'insectes pollinisateurs augmente la récolte d'un facteur 20 à 50 et que d'une manière générale, pour la plupart des espèces fruitières, une même fleur doit être visitée plusieurs fois pour obtenir un fruit de qualité satisfaisante. A titre d'exemple, une colonie d'abeilles peut visiter à elle toute seule plusieurs dizaines de millions de fleurs par jour. C'est dire le travail fourni par les abeilles... D'autres insectes comme les bourdons ou les abeilles solitaires fournissent également un travail non négligeable.

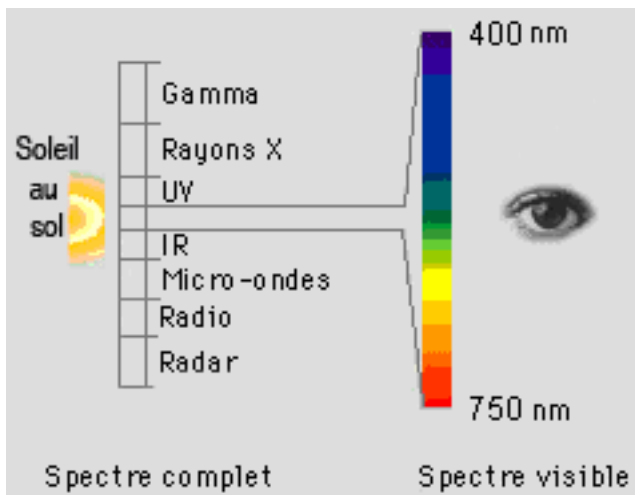
Mais quel stratagème une plante à fleurs emploie-t-elle pour attirer les insectes pollinisateurs? En fait, les plantes à fleurs ou "angiospermes" et les ancêtres des abeilles sont apparus à peu près simultanément il y a environ 140 à 110 millions d'années au crétacé inférieur peu avant l'époque des derniers dinosaures. Les fleurs, dont la survie dépendait de la pollinisation entomophile, ont alors au cours de l'évolution développé des stratégies de séduction destinées à attirer l'attention des insectes. Parmi les insectes, les individus qui n'étaient pas attirés par ces fleurs perdaient une source importante de nourriture. On voit ici que les insectes et les fleurs ont évolué ensemble, chacun sélectionnant dans l'autre espèce les individus adaptés à cette symbiose. C'est ce qu'on appelle un phénomène de co-évolution. Sur le site de l'Université de Tous Les Savoirs, <http://www.tous-les-savoirs.com/index.php>, vous pouvez passer une magnifique soirée en écoutant une conférence du prof. Claude Combes sur ce thème de "La co-évolution".

Trois stratégies peuvent être développées par les fleurs pour attirer les insectes. Leur **nectar** peut être abondant, parfumé et riche en sucres : le robinier faux-acacia ou le tilleul font partie de ces arbres dont les fleurs très mellifères sécrètent un nectar abondant et riche en sucre. L'**odeur** d'une fleur, aussi, peut permettre une identification forte, par exemple en imitant les phéromones de certaines espèces d'insectes. Enfin, les fleurs peuvent aussi se parer de **couleurs** remarquables. Outre le choix du bleu ou du jaune, couleurs bien perçues par les abeilles, certaines fleurs n'hésitent pas à développer une signalétique au centre de la corolle, formée de traits ou de tâches sombres, nommée "piège à nectar", qui a la particularité de n'être visible que dans l'ultraviolet parfaitement perceptible par les abeilles, mais invisible pour nous, pauvres humains... C'est précisément ce dernier point de la couleur et de sa perception qui sera développé dans les prochains articles...

Pourquoi voit-on un objet ? Même si les anciens Grecs pensaient que c'est notre œil qui envoie des rayons de lumière en direction des objets que l'on regarde, ce sont bien les objets qui réfléchissent en direction de notre œil une fraction de la lumière qui les éclaire et généralement, c'est la lumière du soleil qui éclaire les objets qui nous entourent. Même si cette lumière paraît "blanche", on sait qu'elle n'est pas composée d'une seule couleur. L'arc en ciel est un phénomène naturel bien connu qui décompose la lumière du soleil et met en évidence toutes les "couleurs" ou plus exactement toutes les "longueurs d'onde" qui la composent. On voit alors, grâce aux gouttes de pluie, que cette lumière est composée de violet, de bleu, de vert, de jaune et de rouge.

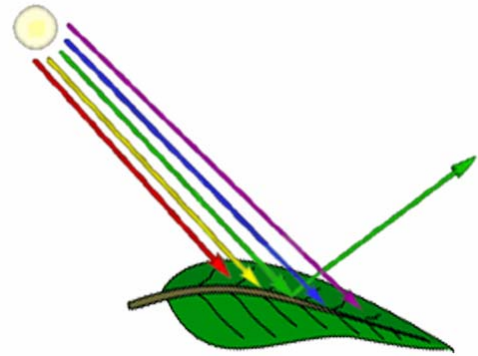


Mais ces couleurs ne sont que celles que notre œil est capable de percevoir : elle font partie du **spectre visible**. En fait, la lumière du soleil est composée d'autres couleurs que notre œil n'est pas capable de voir et le spectre visible est encadré vers les courtes longueurs d'onde par l'ultraviolet et vers les longues longueurs d'onde par l'infrarouge. La lumière est une onde électromagnétique, et le spectre des ondes électromagnétiques que l'on peut trouver à la surface de la terre est très étendu : il va des ondes radar aux rayons gamma (voir figure ci-dessous).



Notre œil ne voit donc qu'une infime partie des ondes électromagnétiques qui nous entourent. Parmi les ondes électromagnétiques émises par le soleil et qui arrivent au sol après avoir été filtrées par l'atmosphère, notre œil n'est pas capable de voir l'ultraviolet ou UV (qui, par contre, nous fait bronzer) et le proche infrarouge ou proche IR que certains animaux perçoivent. Tout objet éclairé par le soleil est donc éclairé par des couleurs visibles, mais aussi par des couleurs invisibles dans l'ultraviolet et le proche infrarouge. La couleur d'un objet sera donc déterminée par les "longueurs d'onde" ou "couleurs" que cet objet sera capable de réfléchir.

Prenons l'exemple d'une feuille.



Si une feuille ou la végétation nous apparaît verte, c'est que la longueur d'onde qui correspond à la couleur verte est la seule à être réfléchi par la chlorophylle (encore elle!) contenue dans la feuille. Les autres longueurs d'onde ou couleurs du spectre visible sont complètement absorbées pour procurer l'énergie nécessaire à la photosynthèse! Mais ce que nous ne voyons pas, c'est que la chlorophylle réfléchit beaucoup plus fortement les longueurs d'onde du proche infrarouge que la couleur verte. Certains photographes font d'ailleurs de magnifiques photos de paysage grâce à des caméras numériques ou à des pellicules sensibles au proche infrarouge. Vous avez peut-être déjà remarqué dans certains ouvrages d'arboriculture, des images d'arbres taillés qui apparaissent très nettement en blanc sur un fond de ciel très noir. Ces photos sont précisément prises dans cette bande de longueurs d'onde du proche infrarouge, plus exactement entre 800 et 1000 nanomètres (ou de 0,8 à 1 μm) de longueurs d'onde. Pour voir de très belles photos de paysages en proche infrarouge, voyez l'adresse

<http://home.twcny.rr.com/scho/newpics/landscapes.html> .

Pour les fleurs, c'est la même chose. La couleur d'une fleur dépend des longueurs d'onde qui sont réfléchies ou absorbées. Une fleur jaune nous apparaît jaune, car ses pigments absorbent toutes les couleurs sauf le jaune qu'ils réfléchissent. Ce que nous ne voyons pas, c'est qu'une fleur réfléchit beaucoup plus fortement l'ultraviolet à certains endroits très précis de la corolle... ..et çà les insectes pollinisateurs le voient. Le prochain article sera donc consacré à la vision chez les insectes pollinisateurs et le dernier aux motifs ultraviolets des fleurs que je photographie depuis plusieurs années et dont vous verrez quelques beaux clichés.

Pour en savoir plus sur la lumière et ses propriétés, voir à l'adresse

<http://tecfa.unige.ch/~lombardf/CPTIC/couleurs/couleurprogram.html> , l'excellent site de François Lombard de l'Université de Genève.

P.S. : Le proche infrarouge dont il est question dans cet article n'est pas à confondre avec l'infrarouge moyen ou lointain qui provient de la chaleur émise par un corps. Le proche infrarouge n'est que le prolongement du spectre visible du côté des longueurs d'onde rouges et que l'œil n'est plus capable de percevoir. Pour être complet, je rappelle ici les longueurs d'onde des différentes bandes spectrales. Au niveau du sol, l'ultraviolet s'étend de 180 nm à 380 nm, le spectre visible de 380 nm à 750 nm et le proche infrarouge de 750 nm à environ 2 μ m. L'infrarouge que voient les caméras thermiques se trouve dans des longueurs d'onde beaucoup plus grandes entre 3 μ m et 5 μ m et entre 8 μ m et 12 μ m.

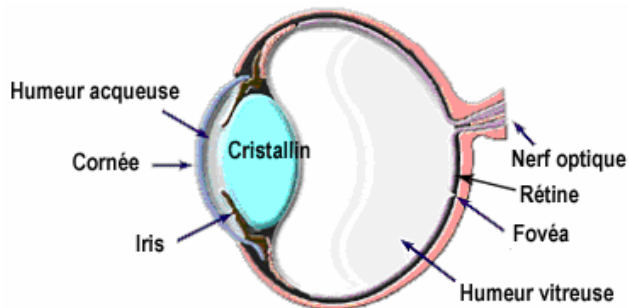
Les motifs des fleurs dans l'ultraviolet

ou

la vision chez les insectes pollinisateurs

2/3. La vision chez les insectes

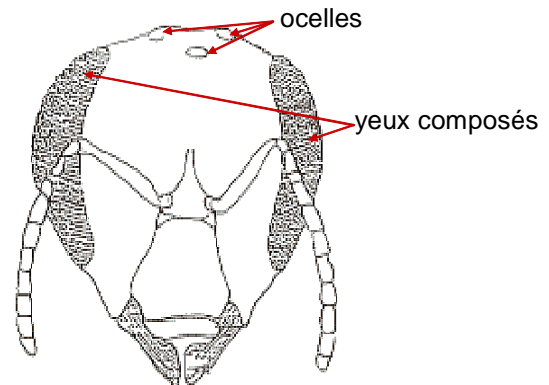
L'œil d'un insecte a une structure fondamentalement différente de celle de l'œil humain : nul doute alors que sa façon de percevoir le monde soit complètement différente de la nôtre. Chez l'être humain, l'œil est de forme approximativement sphérique et fonctionne comme un appareil photographique.



Très schématiquement, il est composé d'une lentille, le cristallin, qui forme une image sur une zone sensible, la rétine. Notre rétine est tapissée de cellules sensibles à la lumière : les cônes et les bâtonnets. Les cônes sont beaucoup plus nombreux au centre de la rétine, la fovéa, et adaptés à la vision de jour. Grâce à des pigments dont les maximums d'absorption se situent dans le bleu, le vert ou le rouge, ils permettent la vision des couleurs de façon trichromatique (voir les courbes de sensibilité à la fin de cet article). Les bâtonnets permettent la vision dans la semi obscurité et sont surtout nombreux au bord de la rétine. Ils ne fournissent qu'une réponse photométrique sans possibilité de distinguer les couleurs, d'où l'adage populaire : la nuit, tous les chats sont gris. La quantité de lumière entrant dans l'œil est régulée par l'iris qui fonctionne comme un diaphragme. Son ouverture centrale est la pupille. S'il y a beaucoup de lumière, la pupille sera petite alors que dans l'obscurité, elle s'ouvrira pour laisser passer un maximum de lumière. Nos yeux sont donc adaptés à une vision vers l'avant avec un champ de vue moyen, mais avec une bonne résolution, c'est-à-dire une bonne perception des détails.

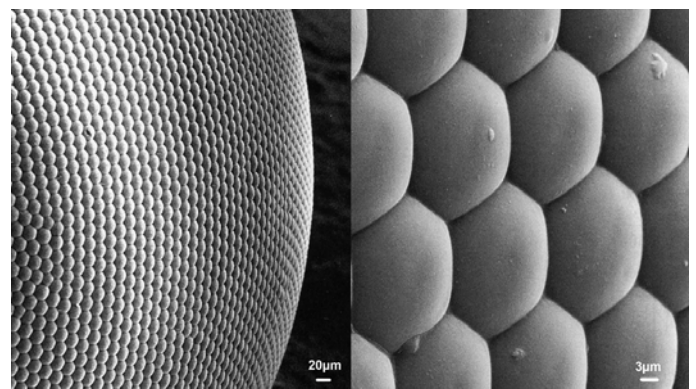
Pour les insectes, et plus particulièrement pour les abeilles, vous trouverez à l'adresse suivante http://www.beekeeping.com/abeille-de-france/articles/visions_abeilles.htm un article très

complet de notre collègue rédacteur apicole F. Anschling très justement intitulé " La vision chez l'abeille - un sens très complexe". Comme le montre un schéma de cet article (voir ci-dessous), les insectes pollinisateurs possèdent deux types de récepteurs photosensibles : les ocelles sur le dessus de la tête et les yeux composés sur le côté.



Les ocelles sont de simples capteurs de lumière. Ils ne forment pas d'image et permettent simplement à l'insecte de mesurer l'intensité de la lumière ambiante. On ne connaît pas leur fonction exacte, mais il semblerait qu'en mesurant la quantité de lumière ambiante, ils arrivent à régler la sensibilité des yeux composés, comme le ferait l'iris de l'œil humain ou la cellule photosensible d'un appareil photographique. Selon certains scientifiques, les ocelles serviraient également à stabiliser le vol des abeilles sur la ligne d'horizon, par utilisation de la différence de contraste entre le sombre du sol et le clair du ciel, ainsi que par la détection de la polarisation de la lumière du ciel. Au nombre de trois pour les abeilles, ils peuvent varier de 1 à 6 de chaque côté de la tête suivant l'espèce d'insecte.

C'est donc l'œil composé qui est le principal organe de la vision chez la plupart des insectes et, en particulier, chez les insectes pollinisateurs. Il est constitué d'ommatidies réparties selon un motif hexagonal (tiens, encore des points triples!., voir Arboweb "Arboriculture et Mathématique" d'octobre et de novembre 2005).



Impressionnants par leur taille chez les odonates, comme la demoiselle, ils sont, proportionnellement à la taille de la tête, un peu plus petits chez les hyménoptères, comme les abeilles.



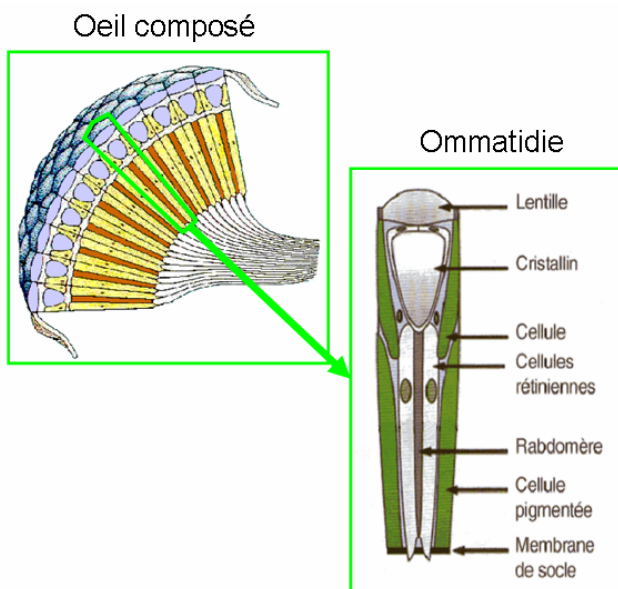
Photo J.-P. Runser

Chez le taon, ils sont superbes.



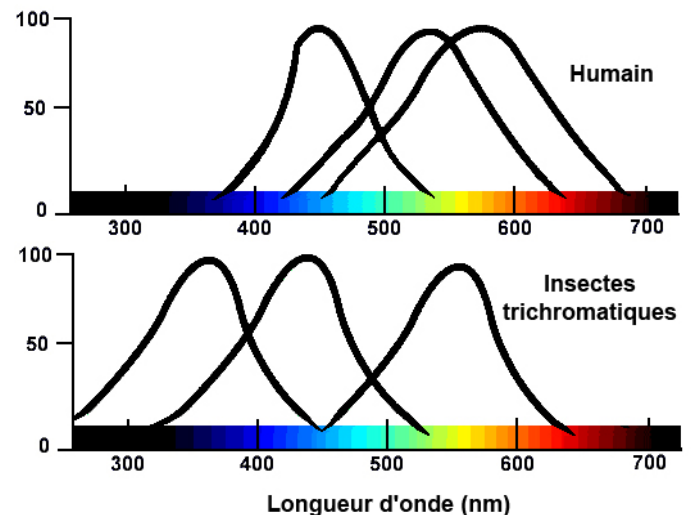
Photo J.-P. Runser

Dans tous les cas, ils sont constitués par l'assemblage de ces fameuses ommatidies. Leur nombre varie chez les abeilles selon l'utilité de la vision : 3500 par œil pour la reine qui n'a que peu d'utilité à bien y voir, 4500 pour les butineuses qui doivent repérer les fleurs et 7500 par œil pour les mâles qui, lors du vol nuptial, doivent pouvoir repérer la reine à une grande distance s'il veulent être les premiers à la féconder.



L'image fournie à l'insecte par ce type d'œil est d'une qualité très inférieure à la nôtre : sa résolution est beaucoup plus faible avec un champ de vue beaucoup plus grand que le nôtre! Toutefois, le champ de vue élémentaire d'une seule ommatidie est très faible. Et c'est bien là la force de ce type de capteur. Lorsqu'un objet possédant un fort contraste bouge devant l'œil composé d'un insecte, il "allume" ou "éteint" les ommatidies voisines et procure à l'insecte une très bonne perception du mouvement : une abeille aura plus tendance à butiner une fleur ballottée par le vent qu'une fleur immobile. De plus, la fréquence de rafraîchissement d'une ommatidie est d'environ 200 fois par seconde, presque dix fois plus que celle de notre rétine : si une abeille allait au cinéma, elle verrait une succession d'images immobiles! Même si l'abeille ne voit pas une image résolue, elle possède donc un formidable outil de détection des mouvements ou de détection des différences de contraste dans un objet. Ce point est une constante dans l'évolution : les animaux qui sont au sommet de la chaîne alimentaire ont une vision qui favorise l'acuité visuelle et la résolution des détails (mammifères, rapaces) alors que les animaux qui sont à la base de la chaîne alimentaire ont une vision souvent basée sur un œil complexe qui favorise le champ de vision et la détection du mouvement, de façon à pouvoir repérer les prédateurs rapidement, d'où qu'ils viennent.

Concernant les couleurs, il existe deux types de vision chez les insectes : la vision bichromatique et la vision trichromatique. Grâce aux pigments des différentes cellules formant l'ommatidie, les abeilles et la plupart des insectes diurnes sont dotés d'une vision trichromatique comme nous, mais avec un spectre de sensibilité décalé dans l'ultraviolet. Les insectes trichromatiques ne voient donc pas le rouge mais ils distinguent parfaitement l'ultraviolet : c'est là la grosse différence avec l'être humain.



© John R. Meyer, Department of Entomology, NC, State University

Pour les insectes trichromatiques (capables de discerner trois couleurs), les trois maximums d'absorption se situent dans l'ultraviolet, dans le bleu-violet et dans le jaune. Il semblerait que la combinaison de l'ultraviolet et du jaune soit vue par les abeilles comme une couleur unique différente des autres couleurs et nous verrons dans le prochain article que ce sont justement les fleurs de couleur jaune qui ont les plus fortes signatures ultraviolettes.

Pour finir cet article, observez l'image ci-dessous. Voici ce à quoi nous ressemblerions si, pour y voir avec la même acuité visuelle que celle que nous possédons, l'évolution nous avait doté d'yeux composés!



Ce dessin a été extrait d'un site internet (<http://www.eyedesignbook.com/index.html>) qui vaut vraiment le détour. Il est entièrement consacré à l'étude des différents types d'yeux dont l'évolution a doté les animaux, depuis les vers jusqu'aux animaux à l'acuité visuelle la plus parfaite comme l'aigle, en passant par les étoiles de mer, nautilus et autres salamandres.

F. Christnacher

Macrophotographies d'insectes :
Jean-Pierre Runser, Ranspach-le-Bas

ARBOWEB:

L'arboriculture sur le Net

Les motifs des fleurs dans l'ultraviolet

ou
la vision chez les insectes pollinisateurs

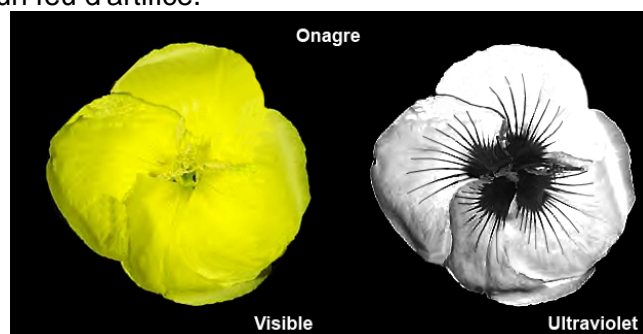
3/3. Les motifs des fleurs dans l'ultraviolet

Nous avons vu dans les précédents articles que les insectes pollinisateurs étaient capables de voir un rayonnement invisible pour nous : l'ultraviolet. Comme la plupart des plantes à fleurs ont besoin des insectes pour assurer leur pollinisation, celles-ci se sont adaptées et ont développé au cours de l'évolution des motifs invisibles pour l'œil humain, mais visibles par les insectes; précisément dans l'ultraviolet...

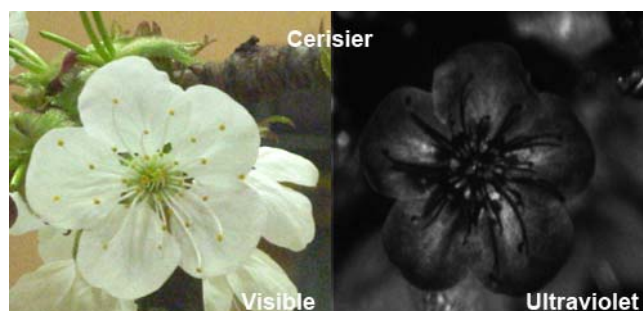
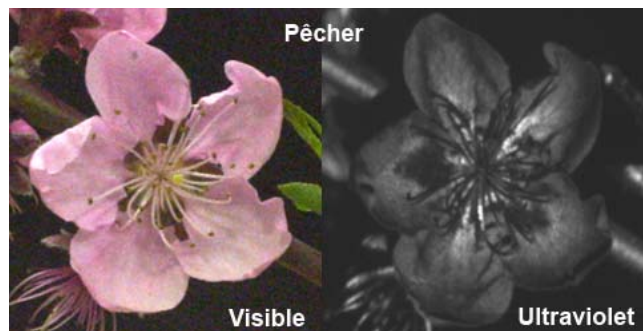
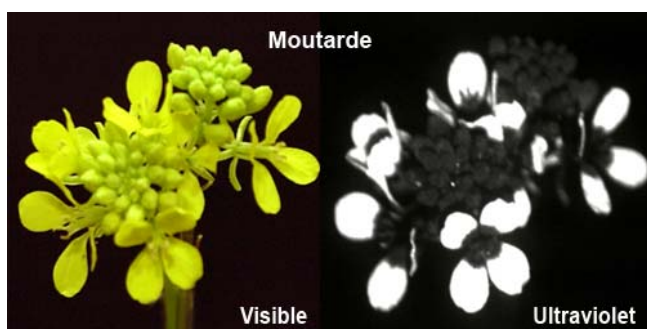
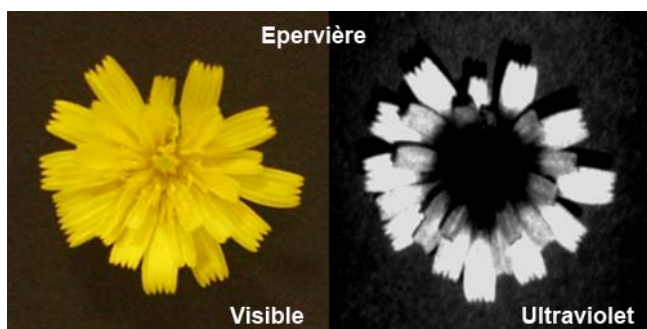
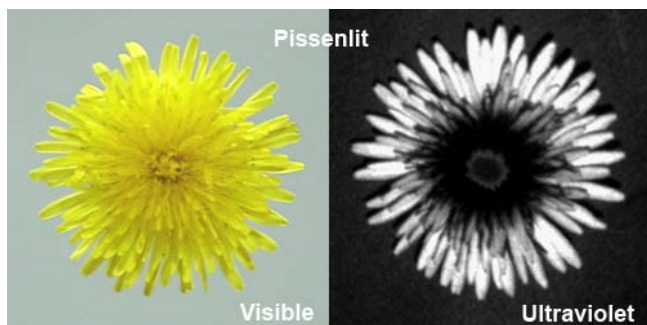
Les fleurs qui exhibent les motifs les plus contrastés sont souvent des fleurs qui nous apparaissent jaune dans le spectre visible. Les trois images suivantes montrent un pissenlit, une épervière et fleur de moutarde.

On constate ici que ces trois types de fleurs utilisent le principe de la cible pour attirer les insectes au centre de la corolle : elle apparaît comme un trou noir entouré d'un cercle très clair. Ce signe semble être pour les insectes le symbole de l'endroit où se trouve le pollen ou le nectar. Il est d'ailleurs très intéressant de regarder une abeille atterrir sur une fleur qui bouge : dans la dernière dizaine de centimètres, elle corrige continuellement sa trajectoire pour arriver au centre de la corolle. Les récolteurs de fleurs de bouillon-blanc sont particulièrement privilégiés pour faire cette observation : ces fleurs sont très attractives pour les abeilles qui ont tendance à les suivre jusque... dans le panier.

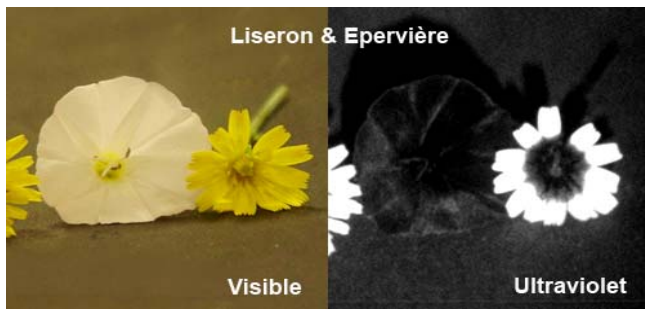
L'onagre bisannuelle est sans doute l'une des fleurs qui a la plus belle signature ultraviolette. Son cœur est noir bordé de lignes qui fuient le centre tel un feu d'artifice.



Pour les arbres fruitiers, ce n'est pas du tout la même chose. Les photographies suivantes de fleurs de pêcher ou de cerisier ne révèlent aucune signature particulière dans l'ultraviolet et je n'ai, pour l'instant, jamais trouvé d'arbre fruitier dont les fleurs présentaient une quelconque signature ultraviolette. On constate donc bien ici que la floraison de la plupart des adventices est beaucoup plus attractive pour les abeilles que la floraison de nos arbres fruitiers.



L'image suivante montre une fleur de liseron à côté d'une épervière, on devine sans difficulté quelle fleur l'abeille va choisir de butiner : la fleur du liseron n'est pas attractive pour un insecte.



Rappelons tout de même ici que la couleur n'est qu'un moyen parmi d'autres pour les fleurs d'attirer les abeilles sur elles; heureusement pour nos arbres fruitiers! L'odeur et la nourriture mise à la disposition des insectes sont d'autres moyens pour les fleurs de se faire remarquer.

On peut donc déduire de toutes ces constatations quelques conséquences pour la conduite de notre verger.

- Oui, il faudrait tondre son verger pendant la floraison pour éviter que les insectes ne délaissent les arbres fruitiers au profit des pissenlits, par exemple. Mais attention, n'allez pas non plus couper chaque fleur qui dépasse car si la floraison du verger n'est pas attractive pour les abeilles, il est néanmoins bon que quelques fleurs les attirent à cet endroit. Comme souvent dans la nature tout est une question d'équilibre et l'essentiel sera de ne pas laisser se développer une mer de pissenlit sous les arbres fruitiers.

- Le verger devrait également être tondu avant chaque traitement utilisant des produits phytosanitaires. Comme une quantité non négligeable de la bouillie pulvérisée retombe au sol, il ne faudrait pas que les fleurs des adventices attirent les abeilles au verger au moment où celui-ci est en train ou vient d'être traité.

Comment ne pas citer ici, une fois de plus, la célèbre phrase d'Einstein : "Si l'abeille venait à disparaître, l'espèce humaine n'aurait que quatre années à vivre" et en profiter pour remercier nos amis apiculteurs et leurs abeilles de l'immense travail réalisé en faveur de... l'arboriculture et de la nature en général.

Enfin, sachez qu'il n'y a pas que les fleurs qui utilisent des motifs dans l'ultraviolet pour être vues. Par exemple, certains papillons possèdent sur leurs ailes de tels motifs, particularismes invisibles aux yeux des prédateurs reptiles ou oiseaux, mais véritables signes de reconnaissance pour leurs partenaires sexuels.

Voyez cette photographie d'un *Colias Crocea* mâle dans le visible comme nous le voyons, et dans l'ultraviolet comme les femelles de l'espèce, dépourvues de motifs ultraviolets, les voient.



Photo : "Les couleurs des PAPILLONS ou l'impérative beauté", Serge Berthier, Springer, 2000

F. Christnacher

P.S. : Les photographies dans l'ultraviolet ont été prises avec une caméra CCD sensible dans l'UV. L'objectif a été choisi pour sa bonne transmission dans l'U.V. et deux filtres, un UG11 et un BG12 assurent le filtrage des longueurs d'onde pour ne laisser passer que la bande entre 300 et 400nm.