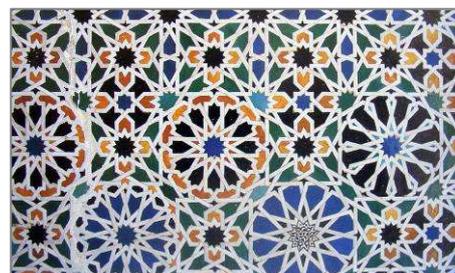


Arts et pavages

L'utilisation des pavages à des fins décoratives est une tradition très ancienne qu'on retrouve déjà dans l'Antiquité grecque. Cependant, ce style non figuratif a été développé par les artistes musulmans à qui la religion interdisait de représenter des êtres vivants. Cette recherche d'une grande variété de figures géométriques est particulièrement aboutie dans le palais de l'Alhambra de Grenade en Espagne où se trouvent de nombreuses mosaïques de faïence décorées, souvent à base de polygones étoilés. Construit pour l'essentiel au XIV^{ème} siècle, c'est-à-dire à la fin de la période musulmane de l'Andalousie, le palais de l'Alhambra est au croisement de plusieurs influences : espagnole, arabe mais aussi berbère. Il reste aujourd'hui un témoin des enjeux de l'esprit de tolérance entre les civilisations.



L'atelier de chimie a initié un travail d'élaboration de peintures à partir du matériau brut. Les élèves poursuivront la mise en œuvre de protocoles d'extractions et de synthèses de pigments. Ces derniers mélangés à un liant (acrylique ou gomme arabique) constitueront alors un mélange homogène utilisable pour recouvrir la surface d'une grande toile de coton et y représenter une partie inspirée du palais de l'Alhambra de Grenade.



En mathématique, les élèves devront déterminer parmi les 17 types de pavages connus, le motif utilisé dans la fresque de l'Alhambra. Ils le reproduiront ensuite sur une grande toile à l'aide du logiciel de géométrie dynamique GeoGebra.

En Chimie et en Sciences de la vie et de la Terre, leur travail consistera à mettre au point des protocoles d'extractions et de synthèses de pigments rouges, bleus, verts, jaunes et violets. Notons en particulier que plusieurs pigments naturels seront extraits de plantes mises en culture dans la serre du Lycée Galilée de Gennevilliers.

En Histoire, l'objectif sera pour les élèves de montrer les différentes influences qui sont à l'origine de cet art nasride. On comparera ainsi les décors des mosquées de Tlemcen et de Fès à ceux de l'Alhambra pour montrer que c'est bien le foisonnement culturel de l'époque médiévale qui a permis d'aboutir à ce chef d'œuvre qu'est l'Alhambra.

Une partie des documents rédigés sera traduite en anglais, en espagnol et en allemand.

Composition de l'équipe

Le projet « Art et pavages » est mené par 25 élèves, encadrés par 10 professeurs.

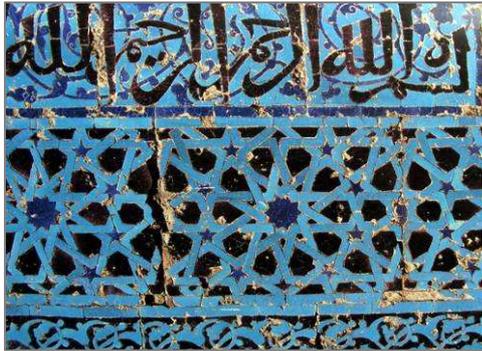
	Seconde	Première CLPI		Première S	Terminale S
Elèves	Akkoyunlu Nilay Lajmi Kmar	Brigui Leila Duplan Charlotte Drame Aissatou Eddaoudi Meriam Liron Charlotte Orlandini Vincent Rivon Clarisse Gwendoline	Alassen Yamna Bajolah Arvind Escoubet Théo Kanute Mariam Montaud Alison Mourier Pascal Ollier Christophe Satour Abdel	Kazandji Olivier Boukachab Leila Baydan Myriem De Ruyck Marvin	Charneau Solène Ouabou Jamila Tran Sophie

	Histoire des arts	Mathématiques	SVT	Chimie	Langues étrangères
Professeurs	Fleur Perrin Mostefa Lazouni	Michel Abadie Philippe Leroux	Pierre Baly	Freddy Minc Caroline Willay	Caroline Donjon Dominique Engel Antoine Ripaux

A. Histoire

1. Art arabo-andalou

La géométrie occupe dans l'art islamique en général et dans l'art arabo-andalou en particulier, une place majeure. Elle donne lieu, dans le contexte architectural à une exploitation ornementale qui ne trouve nulle part ailleurs son équivalent. L'ornementation géométrique touche tous les matériaux intervenant dans l'architecture, en particulier le revêtement avec des carreaux de céramique.



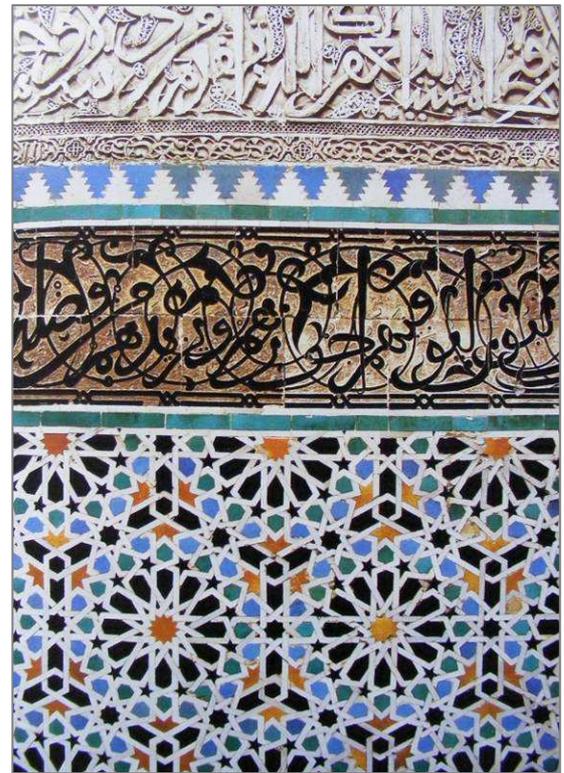
Le point de départ de cette technique est de répondre à une question simple : comment recouvrir une surface plane en utilisant des éléments géométriques standard ?

Au lieu d'adopter la réponse la plus simple, les céramistes de l'époque s'évertuèrent à se faire mathématiciens en adoptant volontairement des solutions plus complexes mais esthétiquement ô combien plus intéressantes. C'est ainsi que va naître sous le nom de Zellige au Maghreb et en Andalousie, la forme la plus aboutie de cet art. Le résultat de cette démarche atteindra son apogée à l'époque des Nasrides et des Mérinides.

2. Nasrides et Mérinides

▫ Les Nasrides constituent une dynastie arabe au XII^{ème} siècle. Ils ont succédé aux Almohades. Ils ont régné sur la partie sud de l'Andalousie. Ils avaient choisi pour capitale la ville de Grenade et ont érigé la cité palatine de l'Alhambra. Leur époque est connue pour son faste qui contraste avec l'austérité dont ont fait preuve les Almohades, faste qui se retrouve sous tous ses aspects dans la construction de l'Alhambra. On y trouve différentes formes de l'art du zellige comme dans toutes les parties du palais de Comarés (cour des Myrtes, les bains, la salle du trône...)

▫ Les Mérinides forment une dynastie qui a succédé aux Almohades au Maghreb et qui y régna jusqu'au XIV^{ème} siècle. Ils établirent leur capitale à Fès afin de se démarquer de la dynastie des Almohades. Cette dynastie est surtout connue par la construction de madrasas (édifices servant à loger les étudiants). L'exemple le plus intéressant est la madrasa des attarin construite dans le quartier des parfumeurs (attarin en arabe). Ce monument fût construit entre 1320 et 1326 dans une période difficile (sécheresse et famine en 1323, incendie du souk en 1324 et inondation en 1325). On y rencontre une des formes les plus complexes et les plus belles de l'art du zellige, les « chams » (soleil en arabe) qui sont composées de polygones étoilés à 8, 10 ou 12 branches.



Décor de la mosquée de Fès

B. Mathématiques

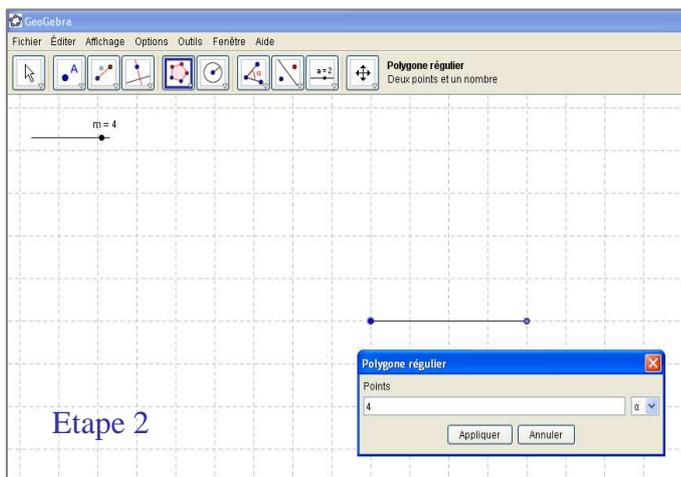
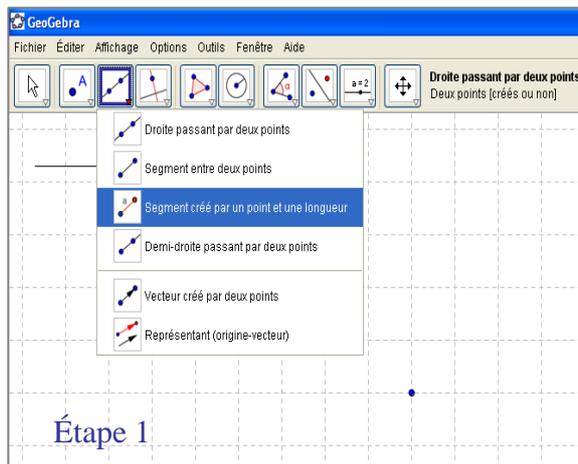
Les élèves de l'Atelier ont tout d'abord appris à utiliser le logiciel de géométrie dynamique GeoGebra. Ce travail leur a permis d'aboutir au tracé d'un motif inspiré de la mosquée de Fès ainsi qu'à un motif plus complexe de l'Alhambra de Grenade. Nous ne décrivons ici que le travail relatif au pavage de Fès.

1. Utilisation du logiciel GéoGebra

Les pavages observés dans les différentes créations architecturales contiennent des polygones réguliers.

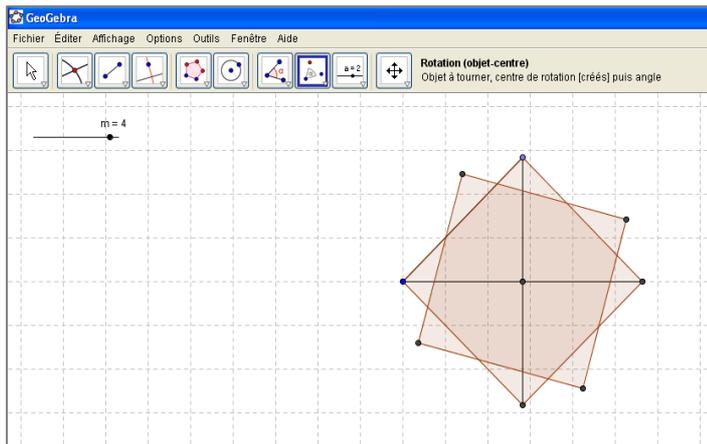
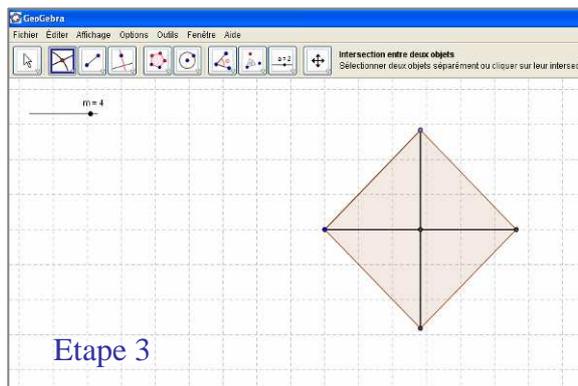
Pour créer un premier polygone régulier, il nous faut un point et une longueur.

On commence par créer un point n'importe où sur la page (étape 1). Il est à noter que ce point n'est pas figé ; il pourra être déplacé ensuite où bon nous semble, à l'aide d'une commande fournie par la barre d'outils, en fonction du développement des figures géométriques élaborées à partir de ce point. En revanche, toutes les constructions liées à ce point le suivront dans ses déplacements, c'est-à-dire qu'elles s'adapteront aux mouvements subis par ce point, tout en gardant leurs caractéristiques originelles.



Pour obtenir une longueur que l'on puisse changer à notre guise, le logiciel permet de créer un curseur : c'est une des commandes de la barre de saisie ; grâce à elle, on peut faire varier une longueur de référence entre deux bornes choisies au départ, par simple déplacement d'un point le long d'un segment qui matérialise l'ensemble des valeurs possibles pour cette longueur. On donne un nom à la longueur variable (par exemple m), puis on crée, à partir du point d'origine, un segment de longueur m (étape 2).

Ensuite, on fait apparaître un carré dont l'un des côtés sera ce segment. On clique pour cela sur le bouton *polygone régulier* et on demande quatre cotés (étape 3). On peut alors faire apparaître les diagonales de ce carré, qui entreront dans la composition décorative.

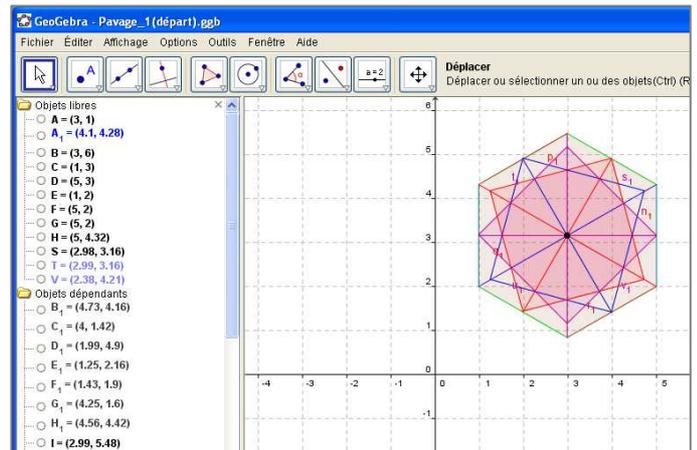
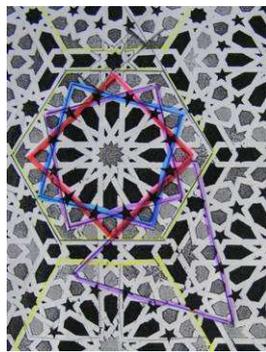
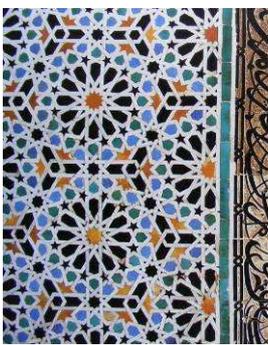


La première figure étant créée, on la « déplace » grâce à des transformations (étape 4). Ici, une rotation de 30° autour du centre du carré d'origine a permis d'aboutir au tracé du second carré.

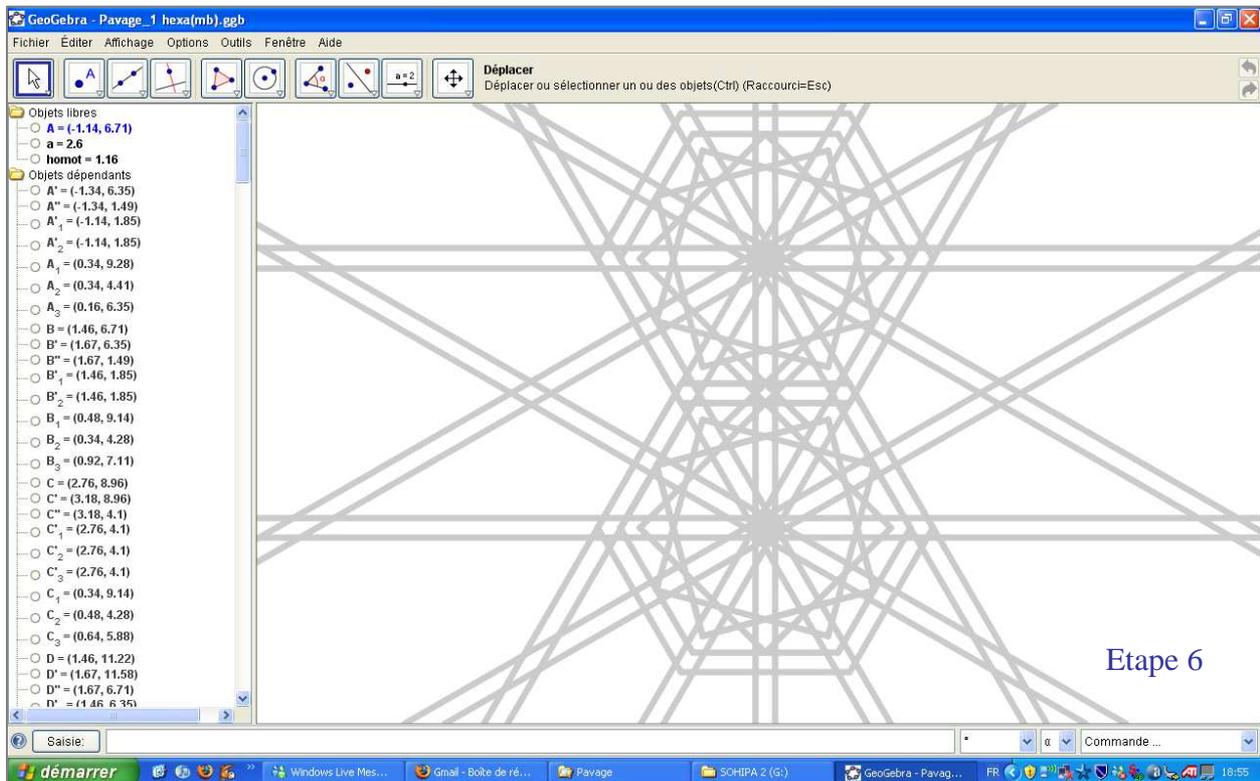
Remarque : si on veut que le pavage soit réussi et cohérent dans son évolution, il faut essayer au maximum de créer de nouveaux objets *à partir d'anciens*, c'est-à-dire faire en sorte que toute nouvelle construction soit liée aux précédentes (et non pas réalisée indépendamment de ce qui a été élaboré auparavant), de façon que les modifications apportées aux éléments originels – ici, un point et une longueur – affectent l'ensemble des constructions géométriques ultérieures et pas seulement une partie d'entre elles. L'idéal serait ainsi que le pavage ne dépende que d'un point et d'une longueur, ce qui n'est malheureusement pas toujours possible. Mais la nécessité de devoir au maximum lier entre elles les différentes composantes géométriques du motif ornemental progressivement élaboré oblige à une démarche d'analyse dynamique et à des raisonnements intéressants, notamment sur les transformations élémentaires et sur leurs composées.

2. Pavage inspiré de la mosquée de Fès

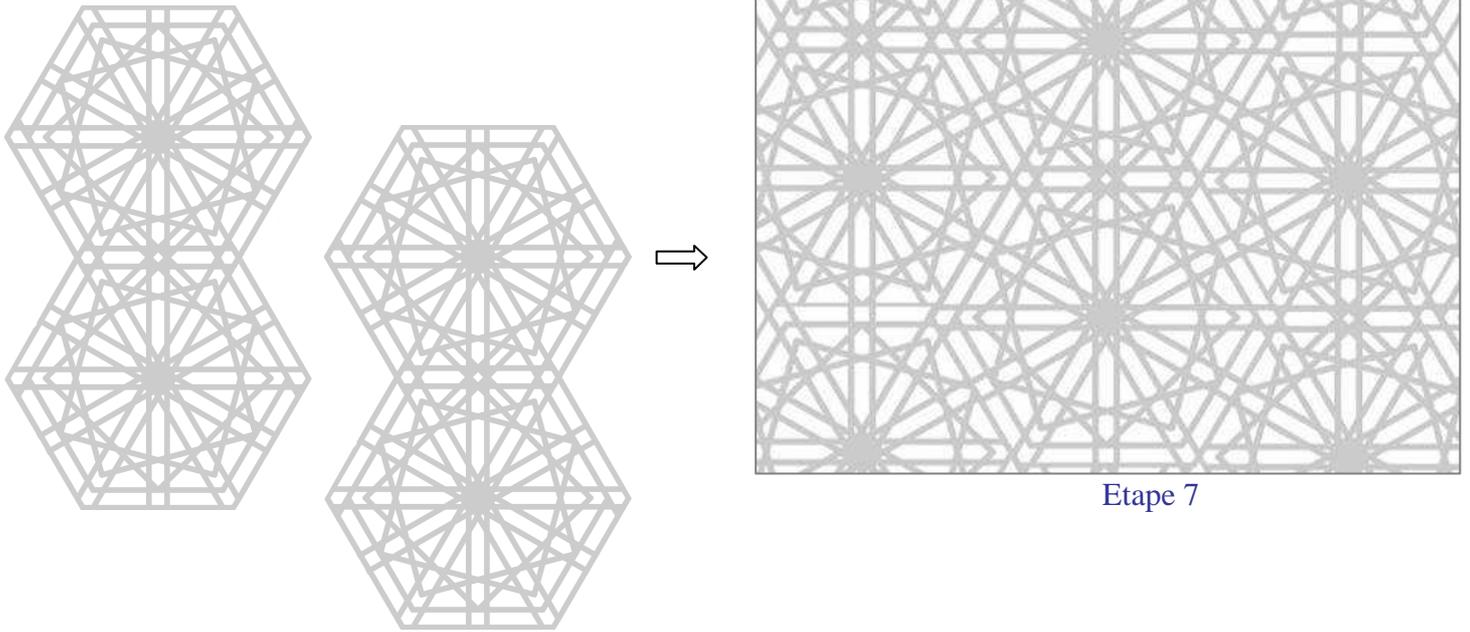
Pour reproduire le pavage de la mosquée de Fès, nous avons repéré son motif et mis en évidence la répétition de 3 carrés réguliers, décalés de 30° (étape 5).



Après plusieurs séances travail, nous avons enfin réalisé le motif de ce pavage. Les traits ont été élargis afin de reproduire au mieux la photographie (étape 6).



Ce motif a été extrait sur le logiciel Photoshop puis dupliqué afin de recouvrir une surface plus importante. Nous avons ensuite arbitrairement sélectionné une partie de ce pavage (étape 7).



Etape 7

C. Sciences de la Vie et de la Terre

1. Construction de la Serre

Le projet « Art et pavage » a démarré en septembre 2008 par la construction d'une serre permettant la mise en culture de plantes tinctoriales, afin d'obtenir une plus grande quantité de pigments.

Dans un premier temps, les élèves ont préparé le terrain en déblayant la terre, afin d'assurer l'horizontalité.



Ensuite, ils ont construit la serre sur le toit du bâtiment d'enseignement général (qui était resté depuis la construction du bâtiment sous forme d'une friche végétale) ; nous avons réfléchi au préalable à son orientation pour faire face aux vents dominants, et aussi pour que son accessibilité soit optimale.



Parallèlement à sa construction, nous avons mis à germer des graines de pastel (*Isatis tinctoria*), de gaude (*Reseda luteola*) au laboratoire de SVT.

Fin septembre, la serre était installée, et les premières germinations y étaient installées et régulièrement arrosées lors du passage des élèves. En novembre, des plants de garance voyageuse (*Rubia peregrina*) rejoignaient aussi la serre.



La construction de cette serre a permis de faire démarrer des germinations avant l'hiver, et devrait aussi permettre de faire repartir les végétaux avant la saison ; ainsi, nous pourrions récolter nos plantes suffisamment tôt pour produire nos pigments (bleu indigo avec le pastel, jaune avec la gaude, orange avec les étamines de crocus et rouge avec la garance), et mener à bien notre projet. En effet, si nous avions laissé ces plantes en extérieur, la production n'aurait pu être faite avant juin ou juillet.



Crocus (en floraison)



Pastel (jeunes germinations)



Pastel (3 mois)



Pastel (3 mois)

2. Extractions

Nous avons développé l'an dernier huit protocoles d'extractions de pigments naturels d'origine minérale, végétale ou animale. Certains d'entre eux ont été améliorés ou modifiés. La rédaction de fiches a commencé. Nous avons choisi deux d'entre elles : l'extraction du bleu indigo des feuilles de pastel et l'extraction de l'acide carminique à partir de cochenilles.

a. Pigment d'origine végétale : obtention du bleu indigo à partir du pastel

I. Présentation

1. Le pastel

Le pastel des teinturiers, *Isatis tinctoria* L., est une plante bisannuelle, très commune dans le sud-est de la France.

Elle se plaît sur les versants calcaires ensoleillés.

La première année, la plante se présente sous forme d'une rosette de feuilles ; la seconde année, elle émet des tiges portant des fleurs et donnant des fruits secs. Ce sont les feuilles qui contiennent l'indican, molécule précurseur du bleu indigo.



2. Historique

La couleur bleue était méprisée sous l'empire romain. Il a fallu attendre la fin du Moyen-âge pour qu'elle attire de nouveau l'attention ; de ce fait, le pastel n'a été cultivé qu'à partir du XI^{ème} siècle en France. Elle a ensuite été sélectionnée par Colbert comme l'une des plantes de « grand teint ». Son succès a perduré jusqu'à la fin du XVI^{ème} siècle où le bleu indigo extrait de l'indigotier en Asie avec un meilleur rendement a fini par concurrencer le pastel européen. A la fin du XIX^{ème} siècle, la découverte de la synthèse chimique de l'indigo a supplanté ces deux procédés d'extraction.

III. Procédé d'extraction du pigment

Nous avons récolté les feuilles de pastel en les séparant des tiges ; puis, nous les avons jeté dans de l'eau chaude (80°C), afin qu'elles infusent 15 à 20 minutes maximum.



Nous avons alors filtré le jus, puis nous l'avons bien oxygéné, avec une pompe d'aquarium : il s'est formé une mousse. Nous avons ajouté 5 mL d'ammoniac. Nous avons encore agité quelques minutes, puis avons laissé décanter la solution pendant une nuit. Le lendemain, nous avons filtré sur Büchner et récupéré le pigment bleu indigo.

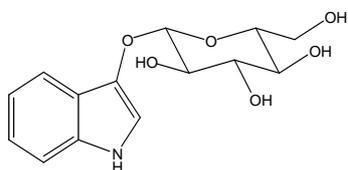


IV. Rendement

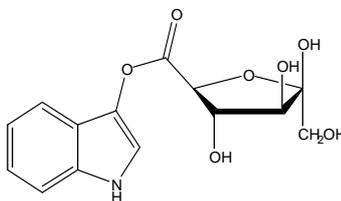
Le rendement a été défini ici comme le rapport de la masse de pigment brut obtenu sur la masse de feuilles séchées de pastel introduites. $R = 0,72 / 5,0 = 14 \%$

V. Espèces chimiques présentes dans le pastel

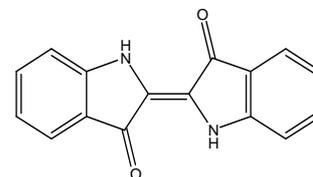
Le pastel contient deux précurseurs du bleu indigo : l'indican et l'isatan



L'indican (indoxyle- β -D-glucoside)



L'isatan B (indoxyle-5-cétoglucuronate)



Bleu indigo

b. Pigment d'origine animale : extraction de l'acide carminique à partir de cochenilles

I. Présentation

1. Les cochenilles

a. Insecte utilisé

Les cochenilles sont des insectes Homoptères ; l'espèce utilisée est *Dactylopius coccus* (Costa 1835), qui vit sur les figuiers de Barbarie, c'est-à-dire les cactus *Opuntia ficus-indica* (Linné). Ce parasite fixe son rostre dans les parties les plus tendres du cactus et se nourrit de sa sève, ce qui épuise le cactus après plusieurs années de culture.



Cochenilles sur *Opuntia*



Larve de *Dactylopius coccus*

b. Partie tinctoriale

Ce sont les femelles adultes, pleines d'oeufs, dont la taille atteint 6 mm, qui sont récoltées juste avant la ponte. Chaque cochenille peut peser jusqu'à 4 à 5 g et contient, après séchage où elle perd 70 % de son poids, jusqu'à 20 % d'acide carminique.

c. Historique

L'extraction du rouge cochenille à partir de *Dactylopius coccus* était réalisée avant l'arrivée des Espagnols de façon indépendante au Pérou et au Mexique dans les Empires Inca et Aztèque. Les conquistadors, d'abord émerveillés et séduits par la beauté des couleurs et du textile en vente sur les marchés américains, ont ensuite importé la culture des *Opuntia* et de leurs parasites aux Iles Canaries (où la culture existe encore sur Lanzarote), et dans le sud de l'Espagne.

III. Procédé d'extraction

Dans un premier temps nous avons écrasé environ 10 g des cochenilles à l'aide d'un pilon et d'un mortier. Une couleur rouge apparaît instantanément. On a alors ajouté 10 mL d'eau puis filtré le jus rouge sur entonnoir afin de ne récupérer qu'un filtrat limpide.



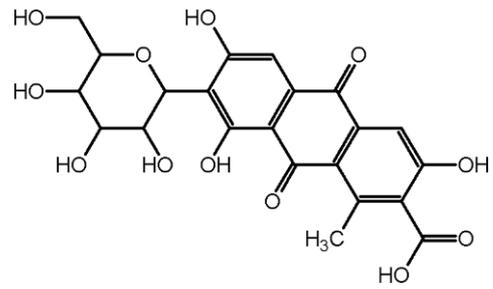
Dans un deuxième temps, nous avons ajouté 50 mL d'éthanol afin d'extraire dans une ampoule à décanter le rouge carmin contenu dans ce jus rouge. On a transvasé la phase organique obtenue dans un Erlenmeyer puis elle a été séchée sur sulfate de magnésium anhydre.

Après filtration, l'éthanol a été éliminé par distillation sous pression réduite (à l'évaporateur rotatif). Nous avons récupéré au fond du ballon un liquide visqueux de couleur rouge sang.



IV. Espèces chimiques présentes dans le rouge cochenille

La molécule responsable de la couleur rouge des cochenilles écrasées est l'acide carminique également appelé rouge carmin. La couleur dépend du pH du milieu dans lequel elle se trouve : c'est un indicateur coloré acido-basique.



D'après le diagramme de prédominance ci-dessous, on peut noter que le rouge carmin est orange à un pH inférieur à 5, il est rouge à un pH compris entre 5 et 8 et violet à un pH supérieur à 8.



Lorsque le rouge cochenille est mélangé à une dispersion acrylique, la couleur devient violette car le pH du milieu est supérieur à 8.

Le dégradé de teinte du mauve au violet foncé a été obtenu en dispersant dans plusieurs mortiers la même quantité de pigments avec plus ou moins de liant acrylique.



D. Chimie

Nous avons développé depuis deux ans sept protocoles de synthèses de pigments organiques, inorganiques et organométalliques. Certains d'entre eux ont été optimisés, en collaboration avec le Palais de la découverte. Nous avons choisi de rédiger dans ce bilan deux d'entre elles : la synthèse du noir de galle de chêne et la synthèse du phosphate de cobalt.

D.1. Synthèse du noir à partir des galles de Chêne

I. Présentation

1. Galles de chênes

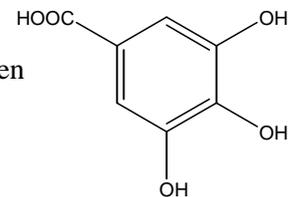
a. Plante utilisée

Les galles du Chêne blanc *Quercus pubescens*, (Linné) résultent d'une réaction de l'arbre en réponse à la ponte d'un œuf par un insecte hyménoptère dans ses bourgeons. L'arbre réagit donc en formant une excroissance de bois, entourant la larve.



b. Partie tinctoriale

Ces galles contiennent jusqu'à 70 % de tanins (polyphénols) et sont donc utilisées pour en extraire une substance tinctoriale sombre, l'acide gallique :



c. Historique

La réalisation d'encre noire avec les galles est pratiquée depuis l'Antiquité autour de la Méditerranée, et déjà mentionnée par les Egyptiens. La teinture avec ce noir permet le développement des tenues vestimentaires noires dès le XV^{ème} siècle en Europe.

III. Procédé de synthèse

Nous avons d'abord écrasé à l'aide d'un marteau environ une vingtaine de galles ; puis nous les avons broyées dans un mortier.



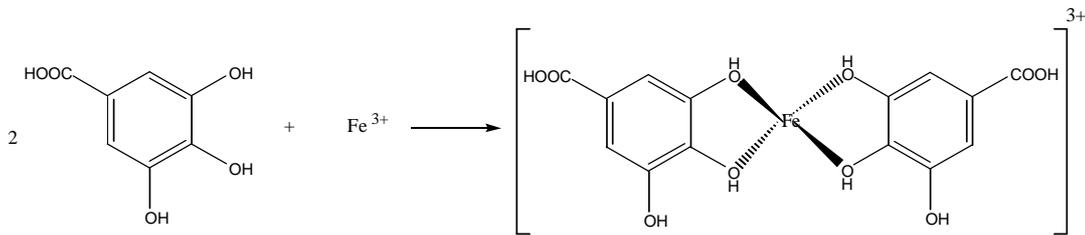
Nous avons ajouté une cuillère à soupe de sulfate de fer (III) hydraté. Enfin, nous avons ajouté une perle de gomme arabique pulvérisée, puis hydraté l'ensemble.

La réaction chimique est instantanée, on obtient une encre noire.



IV. Espèces chimiques présentes dans le pigment noir

Une réaction de complexation se produit en présence d'eau : on forme une encre dite au « gallo-tannate de fer ».



D.2. Synthèse du phosphate de cobalt (II)

I. Présentation

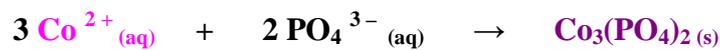
1. Le phosphate de cobalt

Nous avons choisi de synthétiser le pigment que les peintres considèrent « indestructible » et « très coûteux » : le phosphate de cobalt (II). (ou violet de cobalt).

Nous l'avons découvert dans un catalogue de peinture mais nous n'avons pas trouvé le protocole de synthèse : ceci nous a conduit à imaginer une voie de synthèse : associer des ions phosphate PO_4^{3-} et des ions Co^{2+} en espérant qu'un solide précipite en phase aqueuse.

La toxicité des ions cobalt (II) nous a conduit à travailler avec beaucoup de précaution (gants lunettes) pour la synthèse de ce pigment.

L'équation bilan de la réaction mise en jeu est :

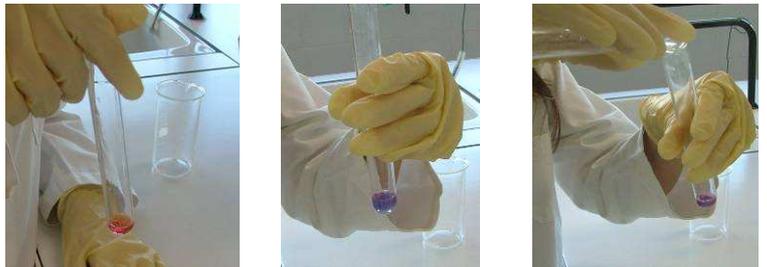


III. Protocole opératoire

1. Essai

Nous avons versé dans un tube à essai environ 1 mL de la solution aqueuse de chlorure de cobalt (rose) puis ajouté quelques gouttes de la solution de phosphate de potassium (incolore).

Un précipité violet s'est formé instantanément.



2. Optimisation

Nous avons cherché à optimiser le protocole en réalisant un mélange stoechiométrique des ions cobalt (II) et des ions phosphate.

L'objectif est d'obtenir une masse théorique de phosphate de cobalt (II) égale à 5,0 g.

Nombre de mol théorique de phosphate de cobalt (II) : $n \text{ Co}_3(\text{PO}_4)_2(\text{s}) = m \text{ Co}_3(\text{PO}_4)_2(\text{s}) / M \text{ Co}_3(\text{PO}_4)_2(\text{s})$
 $= 5,0 / 382,9 = 0,013 \text{ mol}$
(2 chiffres significatifs).

	$3 \text{Co}^{2+}_{(aq)}$	+	$2 \text{PO}_4^{3-}_{(aq)}$	\rightarrow	$\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2_{(s)}$
t_i	0,039 mol		0,026 mol		0
t	$0,039 - 3x$		$0,026 - 2x$		
t_{\max}	0		0		0,013 mol

a. Solution aqueuse de chlorure de cobalt (II)



La masse de chlorure de cobalt (II) susceptible de produire 0,039 mol d'ions Co^{2+} est :
 $m \text{CoCl}_2_{(s)} = n \text{CoCl}_2_{(s)} \times M \text{CoCl}_2_{(s)} = 0,039 \times 129,9 = 5,1 \text{ g}$

On pèse cette masse puis on dissout le solide dans environ 50 mL d'eau à l'aide d'un agitateur en verre.

b. Solution aqueuse de phosphate de potassium



La masse de phosphate de potassium susceptible de produire 0,026 mol d'ions PO_4^{3-} est :
 $m \text{K}_3\text{PO}_4_{(s)} = n \text{K}_3\text{PO}_4_{(s)} \times M \text{K}_3\text{PO}_4_{(s)} = 0,026 \times 212,3 = 5,5 \text{ g}$

On pèse cette masse puis on dissout le solide dans environ 50 mL d'eau à l'aide d'un agitateur en verre.

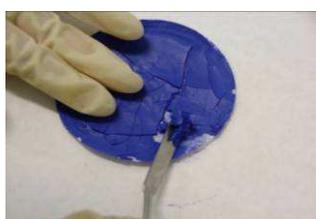
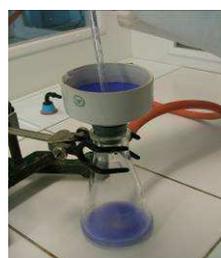
c. Synthèse du phosphate de cobalt

On verse les 50 mL de la solution aqueuse de phosphate de potassium dans la solution aqueuse rose de chlorure de cobalt : il se forme instantanément un précipité violet.



On réalise alors une filtration sur Büchner et plusieurs lavages à l'eau afin d'éliminer les ions Co^{2+} qui n'auraient pas précipité.

On essore le solide à l'aide d'un tapon, puis on le sèche sur papier filtre et à l'étuve à 100 °C pendant 2 heures :
 $m \text{Co}_3(\text{PO}_4)_2_{(s) \text{ brut sec}} = 3,1 \text{ g}$



d. Rendement

Le rendement en phosphate de cobalt brut est :

$$R = m_{\text{brut sec}} / m_{\text{théorique}} = 3,1 / 5,0 = 62 \%$$



Remarque : la purification de ce solide n'a pas été envisagée compte tenu de l'utilisation que nous voulions en faire.

E. Arts plastiques

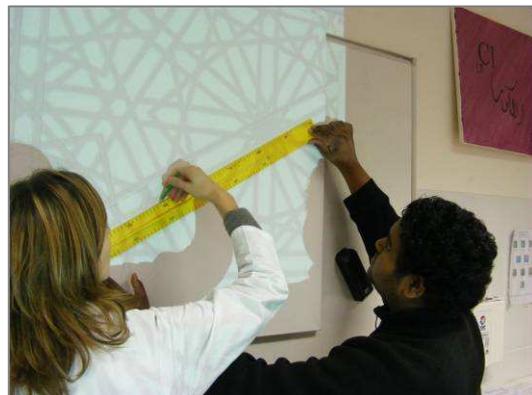
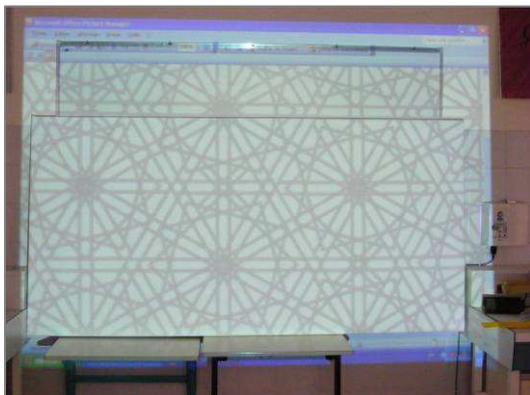
1. Préparation du châssis

La préparation des grandes toiles de peinture a nécessité l'utilisation d'un rouleau de toile en coton, préparé par un enduit acrylique blanc afin d'éviter que le coton n'absorbe une trop grande quantité de peinture. Ce rouleau a été agrafé sur des châssis de 250 cm de long sur 110 cm de long.



2. Tracé du pavage

Le tracé des pavages se fait à l'aide d'un vidéo projecteur dans la salle de chimie assombrie afin de conserver le contraste : la toile est posée sur une table, inclinée contre le tableau puis le motif est reproduit à l'aide d'une grande règle et d'un crayon sec (6H). Cinq heures ont été nécessaires pour réaliser le tracé d'une toile de 250 cm x 110 cm, et ce travail ne peut être interrompu.



Les élèves ont développé cette technique sur trois toiles 80 cm x 60 cm avant de commencer les plus grandes. Le motif de la mosquée de Fès a été décliné de trois manières différentes.



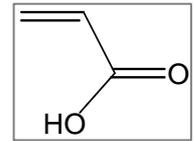
3. Fabrication des peintures

Une peinture est fabriquée par dispersion d'un pigment dans un liant. Le liant est un corps gras permettant de fixer le pigment sur le support. Il « mouille » le pigment et donne ainsi à la couleur une viscosité qu'elle ne possède pas à l'état de poudre. Il permet d'obtenir une matière malléable, plastique, pouvant être déposée sur une surface.

Trois liants correspondant à trois techniques de peinture ont été mis en œuvre :

a. Acrylique

Les liants acryliques sont obtenus par polymérisation de l'acide acrylique (ou acide gras éthylénique).



Ce sont des émulsions : ils contiennent des chaînes de polymères en solution dans l'eau. Dans un premier temps, le pigment est broyé au mortier puis nous réalisons une « échelle de teinte » avec le liant acrylique.



b. Gomme arabique

La gomme arabique ou gomme Sénégal est produite par l'exudation des tiges d'acacias. Comme toutes les gommes, il s'agit d'une macromolécule polysaccharidique fortement ramifiée.

La gomme arabique est certainement la plus ancienne et la plus connue de toutes les gommes. Les Egyptiens la connaissaient sous le nom de kami et l'auraient utilisée dès la troisième dynastie (2650 av J.C) pour assurer la cohésion des bandages de momies.



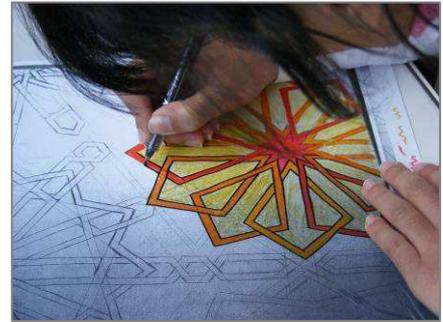
Le solvant de cette gomme est l'eau, employée massivement, d'où les termes anglais et français "watercolor" et "aquarelle". Ce qui caractérise ce liant, c'est effectivement son aptitude à remplir son rôle même lorsqu'il est fortement dilué.

4. Peinture sur toiles

En décembre, après avoir maîtrisé les techniques de tracé d'un pavage sur GéoGébra, préparé le pavage de la mosquée de Fès au crayon sur les trois de toiles de coton et fabriqué ou extraits des pigments, nous avons commencé à peindre les motifs du pavage.

Les élèves ont proposé une progression de la couleur sur les trois toiles, en accord avec le spectre de la lumière blanche. Les motifs ont été mis en valeur avec des feutres colorés, sur des feuilles de papier.

Chaque peinture a été préparée au dernier moment. Les pigments colorés ont été dispersés dans l'acrylique. Les contours des pavages ont été peints avec un pinceau fin en mélangeant les galls de chênes, le sulfate de fer III et la gomme arabique. Cette réalisation utilise donc la technique mixte « acrylique-aquarelle ».



Les trois toiles sont peintes avec le souci d'une transition de couleurs : la toile de gauche est dans les tons violet-bleu et introduit la toile suivante avec un vert clair. La toile centrale poursuit le spectre de la lumière blanche dans les tons verts jaunes, avec des touches de bleu clair afin de communiquer avec la précédente. Pour terminer, la toile de droite est peinte dans les jaunes, orange et rouges.

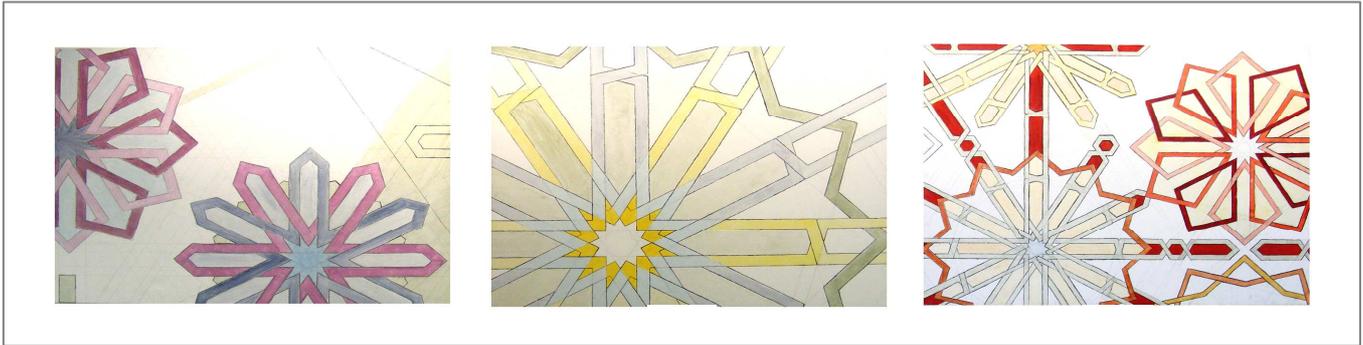
Chacune d'entre elle utilise des pigments naturels et synthétiques :

Toile 1 : violet de cochenilles – bleu indigo – complexe de cuivre (II) - vert de nice – noir de galles de chênes

Toile 2 : hélianthine – vert de nice – bleu indigo – complexe de cuivre (II) – noir de galles de chênes

Toile 3 : ocre jaune – ocre rouge – hélianthine – vert de nice – ferroïne – noir de galles de chênes

De gauche à droite, la technique du pavage devient plus complexe, avec davantage de détails. Le motif est inspiré de la mosquée de Fès mais vous constaterez que l'interprétation est restée très libre.



F. Langues étrangères

Les professeurs d'anglais, d'espagnol et d'allemand ont entrepris avec une partie des élèves de l'atelier la traduction de deux documents : la synthèse du noir de Galles de Chênes et l'extraction de l'acide carminique des cochenilles. Voici le début d'une des deux fiches :

1. Version originale

Extraction de l'acide carminique à partir de cochenilles

I. Présentation

1. Les cochenilles

a. Insecte utilisé

Les cochenilles sont des insectes Homoptères ; l'espèce utilisée est *Dactylopius coccus* (Costa 1835), qui vit sur les figuiers de Barbarie, c'est-à-dire les cactus *Opuntia ficus-indica* (Linné). Ce parasite fixe son rostre dans les parties les plus tendres du cactus et se nourrit de sa sève, ce qui épuise le cactus après plusieurs années de culture.



Cochenilles sur *Opuntia*



Larve de *Dactylopius coccus*

b. Partie tinctoriale

Ce sont les femelles adultes, pleines d'oeufs, dont la taille atteint 6 mm, qui sont récoltées juste avant la ponte. Chaque cochenille peut peser jusqu'à 4 à 5 g et contient, après séchage où elle perd 70 % de son poids, jusqu'à 20 % d'acide carminique.

2. Version anglaise

The extraction of carminic acid from cochineal insects

I. Presentation

1. Cochineal insects

a. The insect used

Cochineals are homopterous insects. The species used is *Dactylopius coccus* (Costa 1835). This insect lives on prickly pear trees, also called cactuses *Opuntia ficus-indica* (Linné). The parasite puts its rostrum in the softest parts of a cactus and feeds itself on the sap, which exhaust the cactus when this phenomenon lasts several years.



Cochineal insects on an Opuntia



A larva of Dactylopius coccus

b. Dyeing with cochineal.

The adult female cochineals are harvested just before they lay their eggs. They are full of eggs and their size can reach 6 mm. Each cochineal can weigh up to 4 or 5 grams; it is dried up and loses 70% of its weight and it contains, after that, up to 20% of carminic acid.

3. Version espagnole

Extracción del ácido carmínico a partir de cochinillas

I. Presentación

1. Las cochinillas

a. Insecto utilizado

Las cochinillas son insectos Homópteros ; la especie utilizada es *Dactylopius coccus* (Costa 1835), que vive en las chumberas, es decir los cactus *Opuntia ficus-indica* (Linné). Este parásito fija su rostro en las partes más tiernas del cacto y se nutre de su savia, lo que acaba agotando al cacto tras varios años de cultivo.



Cochinillas en Opuntia



Larva de Dactylopius coccus

b. Parte tintórea

Son las hembras adultas, llenas de huevos, y cuyo tamaño alcanza unos 6 mm, las que se cosechan justo antes de la puesta. Cada cochinilla puede pesar hasta 4 o 5 g y contiene, tras el secado en que pierde el 70% de su peso, hasta un 20% de ácido carmínico.

4. Version allemande

Extraktion der Karminsäure aus Schildläusen

I. Die Schilderung

1. Die Schildlaus

a. Das Insekt

Die Schildlaus, auch als Pflanzenlaus bezeichnet, gehört zu den Gleichflüglern „Homoptera“. Die gebrauchte Koschenille-Schildläusenart „*Dactylopius coccus*“ (nach Costa 1835) lebt auf Feigenkakteen „*Opuntia ficus-indica*“ (nach Linné). Mit seinem Stechrüssel in den weichsten Mantelteilen des Kaktus saugt dieser Parasit den Saft ab und laugt somit nach vielen Jahren Zucht den Kaktus ab.



Koschenille-Schildläuse auf Opuntia



Dactylopius coccus-Larve

b. Der Farbstoff

Kurz vor dem Eierlegen werden die mit einem ab 6 mm körperlangen Weibchen vom Kaktus abgekratzt. Jede Schildlaus kann bis 4 oder 5 Gramm wiegen und nach der Abtrocknung, wo sie 70% an Körpergewicht verliert, enthält sie bis 20% Karminsäure.

III. Finalisation du projet

Après avoir mis au point une technique de représentations de pavages sur les trois toiles de coton 80 cm x 60 cm, nous entamons la peinture de la grande toile 250 cm x 110 cm. Le tracé au crayon a déjà été réalisé.

Il nous reste à extraire le rouge garance, le jaune de la gaude et le bleu indigo du pastel mis en culture dans la serre. Les élèves devront également optimiser les protocoles de synthèse de la ferroïne, d'un complexe de manganèse et du rouge para. Enfin, les traductions des deux fiches sont en cours de finalisation.

L'ensemble de ce travail sera valorisé par la préparation de panneaux explicatifs, rédigés par nos 25 élèves.

