

# Arbres et cultures, une association bénéfique

**En mêlant écosystèmes forestier et cultivé, l'agroforesterie permet de cumuler leurs atouts. La production de biomasse s'en trouve intensifiée, sans pour autant porter préjudice à l'environnement ni au revenu de l'agriculteur. Mais cette technique exige de raisonner à long terme : les investissements qu'elle nécessite ne seront récoltés que par la génération suivante - sauf si la filière biomasse change la donne - et chaque projet doit être mûrement réfléchi.**



L'agroforesterie associe des plantations d'arbres dans des cultures ou des pâturages (@agrooof).



La parcelle agroforestière de Roland Wendling associe des noyers, des corniers... à des céréales (Photos Germain Schmitt)

Si elle fait parler d'elle actuellement, l'agroforesterie n'est pas une nouvelle mode. Autrefois, la fonction essentielle des arbres des champs était de drainer les parcelles. Une fois qu'elles ont été drainées artificiellement, les arbres ont perdu leur raison d'être dans les champs. Pourtant, la présence d'arbres dans les parcelles agricoles continue à se justifier et c'est pourquoi l'agroforesterie connaît un regain d'intérêt. Il y a en effet quatre façons de dégager du revenu avec l'agroforesterie : en augmentant la marge brute par hectare, en économisant sur les charges de production (engrais, produits phytosanitaires), en valorisant les externalités et en constituant un capital. C'est ce qu'a démontré Fabien Liagre, ingénieur agro-économiste au bureau d'études Agrooof lors d'une réunion d'information coorganisée par la Chambre d'agriculture du Bas-Rhin et Bois et Forêts 67.

## Biomasse et marge brute en hausse

Certes le rendement des cultures est inférieur en système agroforestier par rapport à une culture agricole pure. Mais si l'on considère la biomasse totale produite par la parcelle, en incluant la récolte des arbres, le système agroforestier sort en tête. "La cohabitation permet

de produire 30 à 60 % de biomasse en plus."

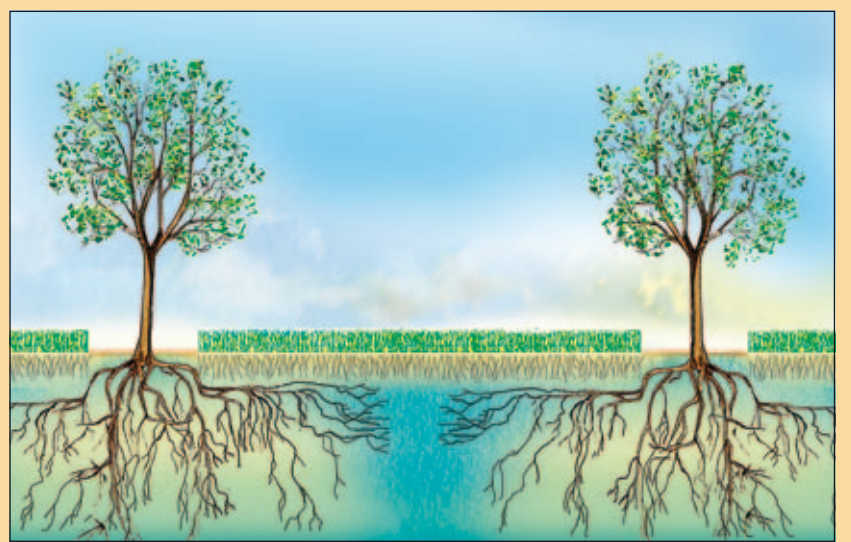
L'agroforesterie peut permettre d'augmenter la marge brute dégagée par hectare. La manière la plus évidente consiste à vendre le bois d'œuvre obtenu. "Le système agroforestier produit autant de bois que le système forestier avec trois fois moins d'arbres. Et dans le Dauphiné par exemple le noyer se négocie à 800 €/m<sup>3</sup>." L'agroforesterie permet aussi de dégager des revenus intermédiaires : produits de paillage, bois énergie... "En coupant chaque année quelques branches à des arbres destinés à la production de bois d'œuvre, on forme les arbres et on produit du bois énergie sous forme de plaquettes, ou du bois raméal fragmenté. Il est aussi possible d'intercaler des arbustes entre des arbres de valeur." En outre, indique Fabien Liagre, "la demande pour les produits à base de lignocellulose en pleine expansion". Ceux-ci sont en effet de plus en plus amenés à remplacer les produits à base de plastique et à entrer dans la composition des produits ménagers, cosmétiques ou encore thérapeutiques. "Le gramme de bourgeons peut se négocier à 1 000 € pour de telles applications."

La présence d'arbres peut prémunir les cultures des chutes de rendements liées à des accidents climatiques. En effet, leur pouvoir tampon face aux tempéra-

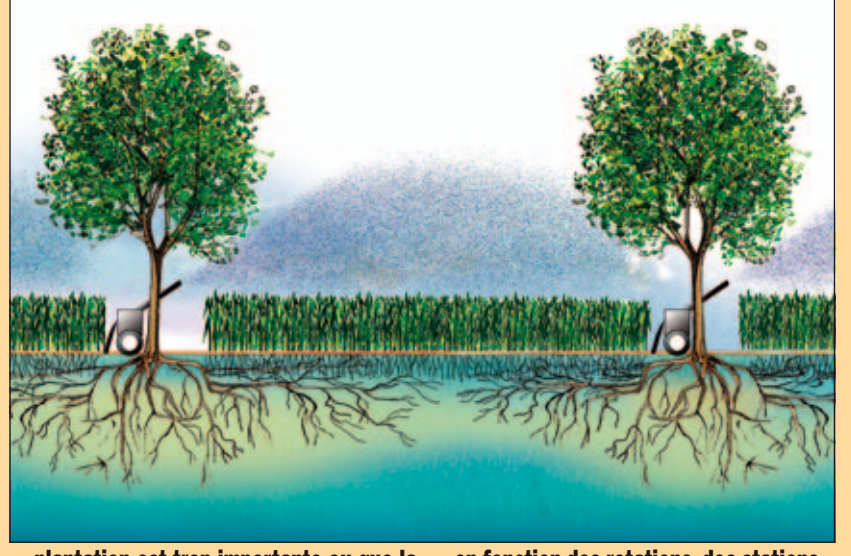
## Un savant dosage

Techniquement l'agroforesterie relève d'un savant jeu d'ombre et de lumière entre cultures pérennes et annuelles, les premières ne devant pas pénaliser les secondes. En agroforesterie, le facteur limitant le rendement de la culture est la lumière. Il faut donc bien calculer l'ombrage et la quantité de lumière reçue par la culture en choisissant une densité de plantation (la distance entre les arbres doit être au moins égale à deux fois la hauteur des arbres à leur récolte) et une orientation des lignes d'arbres adaptées. Mais il faut aussi garder à l'esprit que "dans un système cultivé 80 %, de la lumière reçue par la culture n'est pas utilisée pour sa croissance. Par contre, elle peut contribuer à celle des adventices... En agroforesterie, 40 % de la lumière est utilisée à des fins de production de biomasse utile", souligne Fabien Liagre. En outre, il est possible de choisir des arbres adaptés au cycle des cultures pour éviter leur compétition, comme des noyers plus tardifs, qui font leurs feuilles en juin. Les sélectionneurs travaillent d'ores et déjà à la sélection de variétés d'ombre et d'arbres plus adaptés à l'agroforesterie. Les arbres ont un impact sur le rendement de la culture intercalaire surtout lorsqu'ils ont atteint leur taille adulte et que leur houppier est développé. Sur les dernières années, la baisse de rendement de la culture peut atteindre 15 à 20 %. "Lorsqu'elle devient trop importante, il faut envisager une autre rotation, par exemple avec du fourrage..."

La compétition racinaire entre les arbres et les cultures existe, mais est à relativiser : "Seules les racines fines des arbres peuvent entrer en compétition avec celles de la culture. Or leur durée de vie ne dépasse pas quelques mois car les arbres font quatre cycles de production de racines par an." En outre, l'arbre agroforestier n'a pas du tout le même profil d'enracinement que le forestier. Les racines apparaissent à 1 m de profondeur et vont jusqu'à 3 m. Il y a donc peu de racines d'arbres là où s'enracine la culture. Ce résultat a été retrouvé dans différents systèmes avec différentes essences. "La compétition avec la culture, qui est déjà bien en place lorsque l'arbre commence à faire ses bourgeons, favorise l'enracinement profond et explique ce décrochage des racines des arbres. Le semis sous couvert et les intercultures sont donc des techniques adaptées à l'agroforesterie car la couverture permanente des sols force les arbres à s'enraciner en profondeur", constate Fabien Liagre. Avec une densité de peuplement faible, il est possible de maintenir cet état jusqu'à la récolte des arbres. Mais si la densité de



Coupes d'un système agroforestier avec cultures d'hiver (en-haut) ou de printemps (en-bas).



plantation est trop importante ou que la rotation laisse le sol nu, il peut y avoir des remontées racinaires. L'irrigation, qui a tendance à favoriser l'enracinement superficiel, doit donc être utilisée avec une extrême parcimonie : "Il ne faut irriguer les arbres qu'à la plantation, au printemps, pas plus de deux ans et seulement si cela se justifie."

En une dizaine d'années, un filet racinaire se crée sous la culture, avec divers impacts : les racines des arbres sont capables d'attaquer la roche-mère et donc de mettre à disposition des cultures les minéraux qu'elle contient. Et, grâce aux arbres, les oligoéléments sont recyclés dans le système agroforestier. Enfin, les racines profondes des arbres ont un pouvoir décompactant sur les horizons profonds.

Les arbres pouvant entrer en compétition avec les cultures pour la lumière et les ressources nutritives, il s'agit d'adapter les itinéraires techniques afin de ne pas laisser la concurrence s'installer mais au contraire d'exprimer la complémentarité entre arbres et cultures. Les projets et leur rentabilité seront donc différents

en fonction des rotations, des stations... "En fonction des objectifs de l'agriculteur, on ne mettra pas forcément le maximum d'arbres. Par contre, on adaptera les essences aux itinéraires techniques", explique Fabien Liagre.

Par exemple, dans le Gard, une parcelle agroforestière suivie par l'Inra comporte un peuplement de peupliers plantés à 16 m de distance entre les lignes et de 4 m entre les arbres. "En élaguant de 4 m de plus certains peupliers, le rendement en céréales a augmenté de 15 %, car plus le houppier est bas, plus il crée d'ombre", indique Fabien Liagre. Cette technique est adaptable à la plupart des systèmes agroforestiers : afin de maintenir le rendement de la culture intercalaire, les houppiers peuvent être contenus par un passage de lamier tous les 3-5 ans.

Du fait des temps de travaux et des charges de mécanisation plus importants qu'engendrent la présence d'arbres, "implanter un système agroforestier sur une surface de moins de 4 ha risque d'être plus coûteux en temps de mécanisation", estime Fabien Liagre.

tures et aux précipitations extrêmes est de plus en plus reconnu par l'Inra.

Dans une perspective de changement climatique, l'adoption d'un système agroforestier peut davantage se justifier. En effet, un tel système favorise une phase de remplissage des grains longue et sans stress thermique. Or ce sont précisément les deux facteurs d'élaboration

du rendement qui risquent d'être le plus impactés par le changement climatique. Et en réduisant les stress hydriques, l'agroforesterie tend à retarder la sénescence des feuilles. C'est sur le nombre de grains formés que l'agroforesterie peut négativement impacter le rendement des cultures. "C'est donc ce point qu'il faut gérer, notamment avec des ombrages plus

légers, ou des densités d'arbres faibles et des arbres bien élagués", note Fabien Liagre.

## Un havre de biodiversité

Les arbres constituent une source et un support de biodiversité. "Un suivi

Lire la suite en page 22...

## Des aides à l'agroforesterie

Le statut réglementaire de l'arbre en zone agricole est acté depuis 2006 en ouvrant droit à des aides et au droit à paiement unique (DPU). La mesure européenne 222 de soutien à l'installation de systèmes agroforestiers a été validée en janvier 2012 pour la région Alsace. Elle donne droit à des aides au titre de la première installation de systèmes agroforestiers sur des terres agricoles, et non sur des terres boisées. Pour y avoir droit, il faut planter entre 30 et 200 arbres/ha. Les sapins de Noël ainsi que les taillis courts (et très courts) rotation (TCR et TTCR) sont exclus du dispositif. Les surfaces converties à l'agroforesterie peuvent être intégrées dans le calcul des surfaces équivalentes topographiques (SET) et restent éligibles aux DPU. Certaines opérations peuvent être aidées : les travaux (préparation du sol, piquetage, plantation...), l'achat des fournitures, le conseil et la conception du projet. La mesure 222 est liée au programme du Feader, calé à la Pac actuelle. La fenêtre de tir est donc étroite avant la réforme de cette dernière puisque les dossiers de demande de subvention doivent être montés au plus tard en septembre 2013. Mais la nouvelle Pac pourrait encore mieux intégrer l'agroforesterie puisque ses partisans ont demandé l'éligibilité totale des systèmes agricoles boisés (y compris les bosquets...) aux mesures de soutien à l'agroforesterie. L'agroforesterie bénéficie aussi du soutien de la Région Alsace. Une nouvelle



Claude Hoh a invité les personnes intéressées par le montage d'un dossier de demande d'aides à le contacter et à consulter la rubrique Agroforesterie du site de Bois et Forêts 67 pour plus de renseignements.

action a été inscrite dans la convention régionale d'objectifs, stipulant le soutien de la Région aux projets d'agroforesterie contribuant au maintien et au développement de la trame verte. La Région a prévu un budget de 110 000 € pour cette action. Le montant de l'aide régionale sera modulé en fonction de la contribution du projet à l'amélioration de la trame verte.

... suite de la page 21

d'insectes a montré que dans une parcelle agricole, deux-tiers à trois-quarts des individus sont représentés par une espèce qui s'est particulièrement adaptée aux conditions de milieu. Dans une parcelle forestière, deux à trois espèces représentent les trois-quarts des individus. En agroforesterie, il n'y a pas forcément plus d'individus, mais ils sont plus diversifiés car on trouve aussi bien des espèces de milieux ouverts et de lisières que de forêts. Ainsi 50 % des individus y sont représentés par cinq espèces. Il a aussi été démontré que les alignements d'arbres dans les parcelles agroforestières servent

de guide aux chauves-souris qui font des aller-retour pour s'y nourrir. Dans une étude sur les vergers, des analyses de fèces ont révélé qu'elles se nourrissent à 80 % de ravageurs, au bénéfice des auxiliaires. Deux types d'arbres sont favorables à l'installation d'une abondante biodiversité : ceux dont les feuilles velues accrochent les auxiliaires et ceux dont les feuilles se recourbent et abritent les insectes. C'est la cas du cormier, qui a en plus une floraison très attractive et qui fournit un bois d'œuvre exceptionnel. "Pour attirer les insectes, il est possible de semer des fleurs sur la ligne d'arbres, ce qui a aussi pour effet de limiter

## Une parcelle à Knoersheim

Roland Wendling est éleveur de lapins à Knoersheim. Avec une SAU de 11 ha, il a intérêt à en tirer le meilleur parti possible. Et puis il tient à ce que ses enfants héritent de ses terres et les gardent. "L'un de mes fils a fait des études dans le bois. Alors l'idée de produire du bois d'œuvre sur nos parcelles pour les valoriser davantage nous a séduits." Mais, au départ, différents éléments ont dissuadé l'éleveur de mener à bien son projet, à commencer par un contrôle Pac où "on m'a demandé si j'avais déduit deux noyers et un cerisier, soit trois ares, d'une de mes parcelles dans ma déclaration Pac". Et puis la perspective d'un nouveau remembrement ne l'incitait pas non plus à concrétiser son projet. En 2010, il a néanmoins contacté Claude Hoh avec qui ils ont envisagé de mettre en place un système agroforestier. "Ici, le rendement en maïs atteint réguliè-

En choisissant l'agroforesterie, Roland Wendling a voulu optimiser la production de sa parcelle.

ment 100 q/ha, je trouve que c'est plutôt faible... Alors j'ai eu envie de faire deux cultures l'une sur l'autre. J'ai donc décidé de planter des arbres et de continuer à cultiver de l'orge et du blé pour mes lapins en parallèle, explique Roland Wendling. Lorsque les arbres seront plus grands, je cultiverai du fourrage ou des prairies. Deux de mes fils se sont mis à l'apiculture, donc l'aspect mellifère du projet est aussi très important." 105 cormiers et autres noyers ont été plantés au début de l'année 2012, suite à un passage de dent Becker sur la ligne qui a permis de décompacter le sol en profondeur. Aujourd'hui, 102 sont encore en vie. Et Roland Wendling envisage désor-



mais de planter de la luzerne ou du sainfoin sur les lignes, entre les arbres, pour ne pas laisser le sol nu.



"L'association des arbres et des cultures permet de produire plus de biomasse par hectare. En couplant semis sous couvert et agroforesterie, on peut aller jusqu'à doubler la production de biomasse", estime Fabien Liagre.

le développement des adventices et le travail du sol", souligne Fabien Liagre. En tout état de cause, de plus en plus d'études

montrent que plus un milieu est diversifié, plus le risque de voir pulluler un ravageur est réduit. Les systèmes agroforestiers peuvent donc permettre d'éviter d'avoir recours à des produits phytosanitaires coûteux.

### Des cultures mieux alimentées

Un suivi de l'azote organique des sols révèle des sols agroforestiers plus riches que des sols agricoles mais moins que des sols forestiers. "L'agroforesterie peut donc permettre d'enrayer la perte de matière organique des sols agricoles", estime Fabien Liagre. La décomposition des feuilles d'arbres apporte en moyenne 25 unités d'azote par hectare et par an (davantage lorsque les arbres sont âgés qu'au début de leur vie), et la décomposition des racines fines environ 5 unités. La fertilisation azotée minérale des cultures peut donc être réajustée.

En moyenne, il y a deux fois plus d'endomycorhizes dans les sols agroforestiers que dans les sols cultivés. Les cultures y sont donc mieux alimentées et plus résistantes aux stress. Fabien Liagre rapporte l'expérience d'un agriculteur qui traite et fertilise moins une parcelle agroforestière que ses parcelles menées

en conventionnel. "En année de sécheresse, les rendements baissent dans les deux systèmes, avec des arbres âgés de 35 ans, mais tendent à se rapprocher."

### Un capital non négligeable

Les externalités des systèmes agroforestiers - stockage de 1 à 4 t C/ha/an, protection de la ressource en eau - peuvent être valorisées, par exemple au sein d'une bourse carbone. Enfin, avec le temps, les arbres prennent de la valeur, donc les parcelles qui les portent aussi. "La constitution d'un tel capital permet de négocier des emprunts. Les arbres sont considérés comme une immobilisation, avec exonération de la plus-value. Les parcelles agroforestières traditionnelles du Dauphiné se transmettent de génération en génération. Chaque année, leurs propriétaires abattent et vendent quelques arbres qui sont aussitôt replantés", illustre Fabien Liagre. Il a aussi cité l'exemple d'un agriculteur de Charente-Maritime qui a converti 62 ha en agroforesterie il y a 35 ans. "Aujourd'hui, sa fille va bénéficier d'un capital estimé à 1,5 - 2 M€."

Béregère de Butler

Renseignements : [www.agrofor.net](http://www.agrofor.net).

## Physiologie végétale

# Les végétaux ont le sens de la rectitude

**A chaque instant, les plantes effectuent des mouvements imperceptibles qui leur permettent de se maintenir debout. Elles sont soumises en effet au double défi de la gravité et du vent, et elles ne peuvent rester droites que par un contrôle actif. Pour la première fois, des chercheurs de l'Inra et du CNRS ont montré que le port dressé ne résulte pas de la seule perception de la gravité : les plantes doivent aussi percevoir leur propre courbure, et la rectifier.**

Le travail des chercheurs permet de mieux comprendre comment les arbres forestiers peuvent rester droits au fil des ans. Le résultat de ces recherches, publié dans la revue des PNAS, fournit de nouvelles pistes pour l'amélioration génétique de la forme des troncs ou de la résilience à la verse des cultures.

### Pourquoi les arbres et les blés sont-ils droits ?

Pour conserver leur port érigé, les plantes terrestres doivent en permanence réagir activement aux perturbations liées à l'augmentation de leur masse ou à des variations d'inclinaison de leur ancrage (verse, terrains en pente). Ce contrôle postural est rendu possible par des mouvements actifs, sous l'effet moteur de la croissance différentielle ou de bois de réaction<sup>(1)</sup>. Sa réussite est très importante pour la plante, mais aussi pour ses usages agronomiques (récupération des versées des céréales) ou forestiers (défauts de forme des troncs et de qualité du bois). Étudiés depuis Darwin et connus sous le nom de gravitropisme, les mécanismes de contrôle de ce mouvement actif étaient encore mal connus.

Les chercheurs ont montré que les plantes ne peuvent pas maintenir leur port érigé à l'aide de la seule perception de leur inclinaison par rapport à la gravité. Il faut lui adjoindre une perception continue de la propre courbure de leurs tiges et une tendance à la rectification de celle-ci. Il s'agit ainsi d'un phénomène de proprioception, comparable à ce que l'on rencontre chez les animaux et les humains et qui permet aux organismes d'avoir le sens de leur forme et de leur mouvement. Grâce à cette découverte, les chercheurs ont proposé et validé un modèle mathématique universel reproduisant le contrôle complet des mouvements de redressement sur onze espèces de plantes à fleurs terrestres, et sur des organes allant de la minuscule germination du blé à des troncs de peupliers. Ce modèle montre que le caractère contrôlant la dynamique du mouvement et la forme finale de la plante est un ratio entre sa sensibilité à la gravité et sa sensibilité proprioceptive, et que ce ratio doit être ajusté à la taille de la plante. De plus, une méthode de caractérisation rapide et sans contact avec la plante (par analyse d'images) de ce ratio a été développée.

Ces résultats modifient l'image que nous avons de la sensibilité des végé-

taux, en montrant l'importance de la proprioception, à l'instar de ce qui a cours chez les animaux et les humains. Par ailleurs, ils fournissent de nouveaux concepts et outils pour l'amélioration génétique de la capacité des cultures à être plus résilientes à la verse, et des arbres à produire des fûts rectilignes et

des bois de bonne qualité. Ils aideront enfin les modélisateurs à mieux prédire les conséquences des changements climatiques, qui risquent de se traduire aussi par une modification du régime des vents.

(1) Le bois de réaction est un bois qui permet la

motricité des parties ligneuses des arbres. Il présente, chez les plantes à fleurs, une forte tendance au retrait au moment de sa maturation. Lorsqu'un secteur de bois de réaction se forme, il agit donc comme un hauban interne qui se met en tension et permet à l'arbre de se courber activement. Sa formation est régulée par la plante en fonction des perceptions qui sont étudiées dans le présent travail.

## Sensori-motricité des plantes

A chaque instant, les plantes effectuent des mouvements imperceptibles qui leur permettent de se maintenir debout. Nous ne sommes pas conscients de ces mouvements, car ils sont trop lents pour nous, même si une plante qu'on incline peut parfois se redresser en quelques heures. Mais si on perturbe ce système de contrôle, par exemple par des mutations ou des drogues, on s'aperçoit vite que les plantes titubent et finissent par tomber (à l'image de l'effet de l'alcool chez les humains). Or, beaucoup de gènes (et même des scientifiques) en sont restés aux conceptions qui ont eu cours d'Aristote jusqu'à Buffon et qui voulaient que la différence majeure entre animaux et végétaux tenait à l'absence de sensori-motricité de ces dernières. Cette

idée reçue a été mise à mal dès les travaux de Charles et Francis Darwin sur la puissance des mouvements de croissance des plantes. Ces mouvements orientés ont reçu le nom de tropisme (du grec Tropos, Trepain se tourner vers), et le mouvement de redressement et d'orientation selon la gravité a été nommé gravitropisme. C'est grâce au gravitropisme que les germinations sortent de terre, que les plantes poussent vers le haut, et que nos futaies sont belles. Mais l'attention sur les premières phases de la réponse a occulté le fait que la perception de la gravité ne permettait pas à une tige dont la base a été inclinée de se redresser. Il est désormais clair que les plantes ont le sens de leur forme et de leur mouvement, un sens

d'elle-même (appelé de ce fait proprioception). C'est la combinaison de la perception de la gravité et de la proprioception de leur courbure, contrôlant une motricité leur permettant de se courber activement, qui permet aux plantes de rester droites contre vents et gravité. Si nous pouvions voir les mouvements des plantes, nous les verrions en permanence maintenir leur équilibre et leur posture. Et c'est ce processus sensori-moteur qui permet aux agriculteurs d'avoir des champs de blés dressés, et aux forestiers de récolter des troncs droits. Mais les premières analyses ont montré une grande variabilité génétique entre espèces et au sein des espèces. On peut donc espérer améliorer encore ces performances et aider les plantes à se tenir encore plus droites.